



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 03.-

Equipos para el trabajo del suelo

Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.0.- ---

Principios agronómicos

Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

En esta 1ª Parte se pretende dar una visión global que justifique el laboreo del suelo para preparar el perfil "diferencial" que se necesita para la nascencia y desarrollo de los cultivos.

Asimismo se explica el comportamiento del suelo frente a los elementos labrantes, y la influencia que tiene el estado de humedad del suelo.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Labrar bien y sembrar a tiempo, ¿quién lo mejora?

El arado: ¿el bueno?... o ... ¿el malo?

- Base de la agricultura tradicional
- Culpable (¿presunto?) de la desertización

Algunas preguntas:

- ¿Es imprescindible para conseguir buenas cosechas?
- ¿Es la mejor solución en determinadas circunstancias?
- ¿Hay que prescindir totalmente del arado volteador?

Del “ara profundo y echa basura... y olvida los
libros de Agricultura”, a la “agricultura
sostenible” y el “laboreo de conservación”

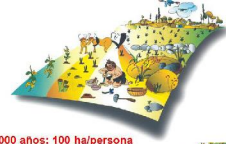
La labranza del suelo ha sido durante siglos la base de la agricultura. Los avances en el conocimiento tecnológico permiten modificar las formas de actuación para asegurar la producción manteniendo en buen estado el recurso productivo.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Evolución de la Agricultura

Agricultura de subsistencia



5000 años: 100 ha/persona

Agricultura productivista



50 años: 1 ha/persona

Agricultura de conservación

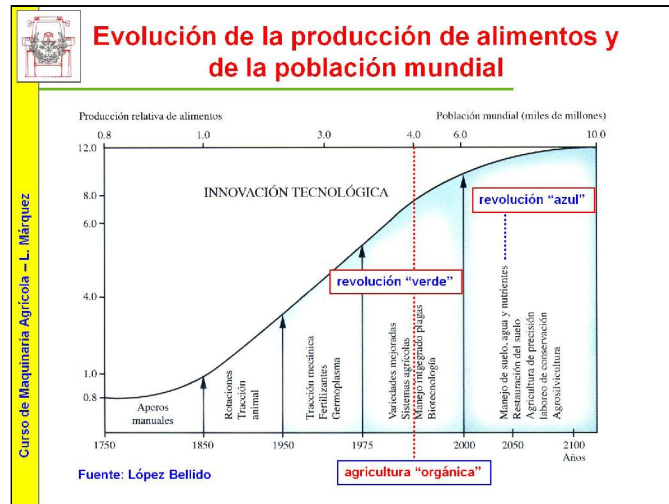


Actual: < 0.5 ha/persona

Fuente: Monsanto

El aumento de la población ha reducido la superficie que se puede dedicar a la producción de alimentos para cada habitante de la Tierra.

De la agricultura de subsistencia se pasó a la productivista. Para mantener el recurso productivo se necesita la agricultura de conservación que mantiene la productividad pero sin deterioro ambiental.



En los años '70 se produjo la "revolución verde" basada en la mejora de semillas mediante hibridación.

Con la agricultura "orgánica" solo se podrían atender las necesidades alimentarias de unos 4000 M de personas.

En el siglo XXI se necesita la revolución "azul" basada en el mejor aprovechamiento del agua y nuevas mejoras genéticas para los cultivos.

Objetivos de la agricultura productiva

- Mejorar la productividad del suelo
- Rentabilizar los insumos (fertilizantes y fitosanitarios)
- Mantener bajos costes de mecanización

En los países con alimentos suficientes:

- Hay limitaciones medioambientales
- Pagan por no producir, o por hacerlo mal

En consecuencia, hay que buscar alternativas que permitan compatibilizar la rentabilidad de la empresa agrícola con la protección medioambiental que exige la sociedad.

Bases de la agricultura "sostenible".



¿Por qué labrar?

- Así se ha hecho siempre y muchos agricultores se sienten ante todo labradores.
- El cultivo es “antinatural”: una sola especie sobre la parcela; defensa frente a las plantas competidoras (nutrientes y agua).
- El ambiente: evolución del medio natural hasta convertirse en un “agrosistema” de manera que los seres vivos, hasta las plagas, dependen de las modificaciones introducidas por el hombre.

¿Es imprescindible la labranza de los suelos?

¿Es compatible con los principios de la Agricultura sostenible?

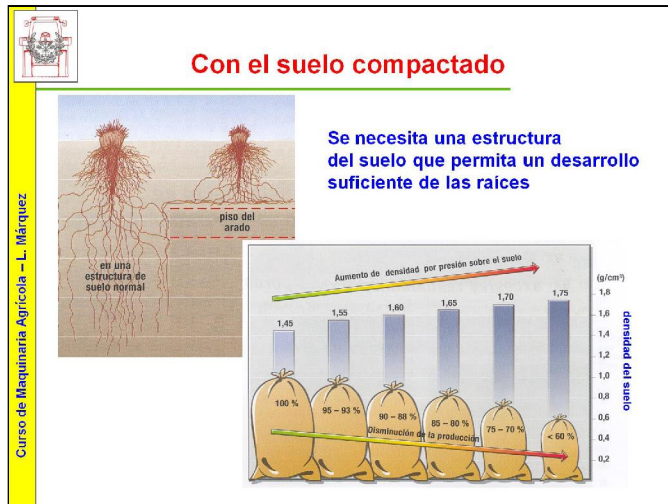
En la actualidad, hasta los animales salvajes dependen en gran medida de los cultivos implantados por el hombre.



Los herbicidas: una alternativa a la labranza

- Cambian el panorama en la lucha contra las malas hierbas.
- La importancia del equipo de aplicación: eficacia y costes (mínima cantidad de materia activa).
- El tránsito de los vehículos agrícolas ¿puede limitar el desarrollo radicular de las plantas?

La llegada de los herbicidas de síntesis permite controlar las malas hierbas sin tener que recurrir al trabajo del suelo, pero la compactación que se produce de forma natural o por el efecto de las máquinas agrícolas puede limitar el desarrollo radicular reduciendo la producción.



Evolución de la producción a medida que aumenta la densidad aparente del suelo (compactación).

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Particularidades de la Agricultura

- No existen normas fijas (¡depende!...)
- El laboreo y la siembra dependen:
 - De la climatología
 - De la naturaleza y el estado del suelo
 - Del cultivo precedente
 - De los equipos disponibles

Cada agricultor debe de elegir el mejor sistema para su caso particular, de manera que consiga el perfil del suelo mas apropiado para el cultivo.

Variabilidad de las condiciones agrícolas: suelos, climas, cultivos, situación socioeconómica...



La preparación de suelo

Labrar bien:

- Modificar la densidad aparente del suelo.
- Controlar la vegetación adventicia.
- Evitar las pérdidas de suelo por erosión.

Sembrar a tiempo:

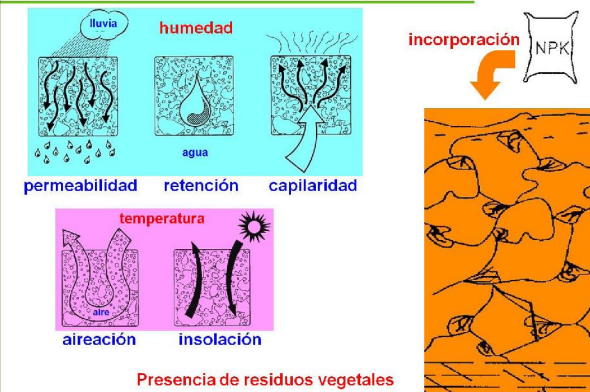
- Sucesión de labores que ayuden a preparar el lecho de siembra (granulometría y humedad) con oportunidad.

Es importante aprovechar los factores naturales (lluvia, heladas...) para conseguir efectos favorables en el suelo reduciendo las intervenciones.

Ejemplo: los terrones formados con la arada del suelo se rompen durante una estación lluviosa, o por efecto de las heladas.



Además...



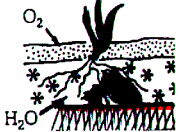
Además de modificar la densidad aparente del suelo para favorecer el desarrollo radicular de los cultivos, con el trabajo del suelo se controla su humedad y su temperatura, a la vez que se pueden incorporar los fertilizantes y los restos vegetales.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas

- **Objetivos del trabajo del suelo:**
 - Control de la maleza
 - Mantenimiento de la densidad aparente
- Pérdida de la estructura del suelo por un laboreo inapropiado
- Formación de costra superficial: “nace peor”
- **Para planificar el trabajo del suelo se deben de tener en cuenta:**
 - Los factores agroclimáticos
 - Los costes de producción
 - Las rotaciones de cultivos



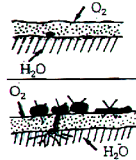
El trabajo del suelo en todas sus etapas debe hacerse sin perder de vista el objetivo final de producción y conservación del suelo.

En los suelos con mala estructura se producen costras superficiales que dificultan la nascencia.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Laboreo del suelo + siembra



Lecho de siembra

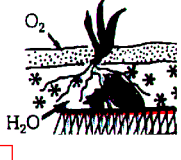
+ semilla
+ nascencia
+ ahijamiento

número de plantas

humedad y temperatura

Cosecha

x



Capa arable

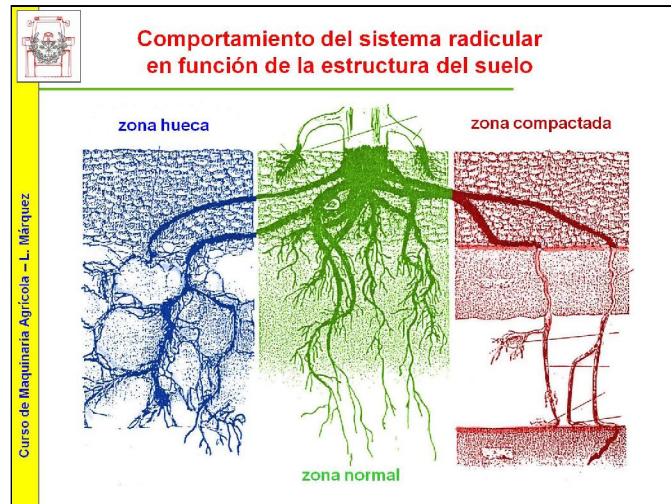
+ suelo y subsuelo
+ operaciones de cultivo
+ tratamientos

producción de una planta

Para obtener la mayor cosecha se necesita que el número de plantas por hectárea sea adecuado, a la vez que cada planta alcance el mayor potencial para las condiciones de clima y suelo.

Para conseguir suficiente cantidad de plantas se necesita semilla adecuada y preparar un lecho de siembra que favorezca su germinación y nascencia. El laboreo secundario se encarga de la preparación del lecho de siembra.

El desarrollo de las plantas está afectado por la capa arable del suelo donde se desarrollan sus raíces. El laboreo primario se encarga de preparar el perfil de suelo explorado por las raíces.



Para conseguir un buen desarrollo radicular se necesita que el suelo no se encuentre compactado. Conviene que la densidad aparente del suelo aumente ligeramente con la profundidad para que las plantas agarren mejor.

En suelos con huecos las raíces tienden a crecer por las zonas menos densas del suelo, y dejan sin explorar las compactadas, con lo que se reduce el volumen del suelo aprovechado por el cultivo.

Los suelos con capas compactadas impiden el normal desarrollo de las raíces del cultivo.



La profundidad de intervención debe estar relacionada con el desarrollo potencial de las raíces del cultivo considerado.

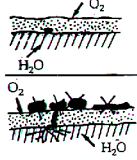
La profundidad del lecho de siembra está condicionada por el tamaño de las semillas.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Nascencia y germinación de la semilla

- **Formación del lecho de siembra:**
 - Laboreo secundario
 - Bota de siembra
- Dificultad para trabajar con residuo superficial
- Tránsito de las máquinas (suelo nivelado)
- **Siembra directa:**
 - superficie nivelada
 - con un suelo fisurado en profundidad



El laboreo secundario y las botas de las sembradoras se encargan de preparar el lecho de siembra. En el mismo se necesita una capa asentada donde se sitúa la semilla, tierra fina para favorecer el contacto semilla-suelo (la humedad del suelo pasa mejor a la semilla) y una superficie aterronada que facilite la nascencia sin que se llegue a producir una costra superficial.

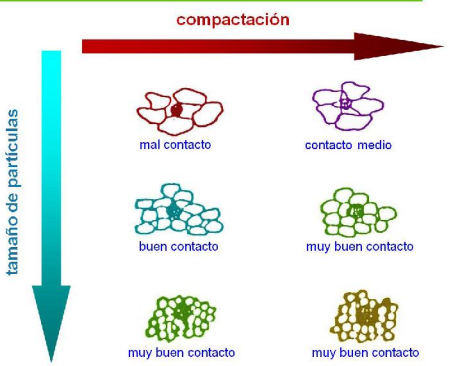
Si se realiza la siembra directa la superficie del suelo debe estar nivelada y el suelo fisurado en profundidad para que puedan desarrollarse las raíces.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

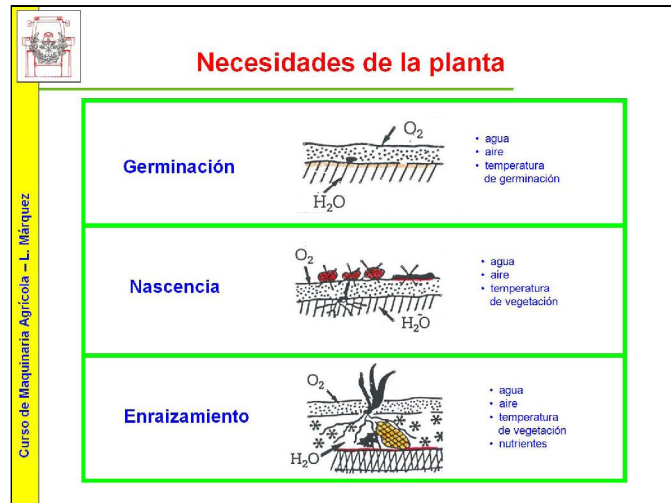


Calidad del lecho de siembra

tamaño de partículas



La llegada de la humedad del suelo a las semillas para que germinen se favorece rodeando la semilla de tierra fina y aumentando la presión del suelo sobre la semilla. La primera opción es preferible. En semillas muy pequeñas la preparación de un lecho de siembra apropiado es imprescindible para asegurar la germinación y nascencia.



Se necesita un perfil de suelo diferencial, ya que las necesidades de la planta no son homogéneas en las diferentes etapas de su desarrollo.

Nivel de intensidad en el trabajo del suelo

	Energía mecánica	Residuo superficial
Laboreo tradicional	***	*
Laboreo reducido	**	**
Siembra directa	*	***

Laboreo de conservación (con residuo): >30% al sembrar

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

La labranza tradicional exige mayor consumo de energía para el conjunto de las labores. Este consumo energético se minimiza con la siembra directa.

Por otra parte, el laboreo tradicional con volteo del suelo (arada) incorpora los residuos al suelo para conseguir su descomposición anaerobia, dejando el suelo desnudo, lo que favorece la erosión hídrica y eólica. Con la siembra directa casi todos los residuos quedan en la superficie.

Se considera que se realiza "laboreo de conservación" con residuo superficial cuando permanece el 30% del residuo en la superficie en el momento en que se implanta el cultivo que sigue en la rotación.



Tipo de labranza recomendada

Suelo compactado en profundidad	Suelo fisurado en profundidad	
	Superficie nivelada	Superficie irregular
Laboreo primario + laboreo secundario + sembradora	Siembra directa (tipo de sembradora)	Laboreo secundario + sembradora

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Para poder hacer siembra directa se necesita un suelo nivelado en la superficie y fisurado en profundidad. La sembradora se encarga de preparar el lecho de siembra, pero nunca modifica el perfil del suelo en el que se desarrolla el cultivo.

Si el suelo está compactado en profundidad es imprescindible el laboreo primario del suelo.

En un suelo con superficie irregular se necesita un laboreo secundario complementario de la acción de la bota de la sembradora.



Curso de Maquinaria Agrícola

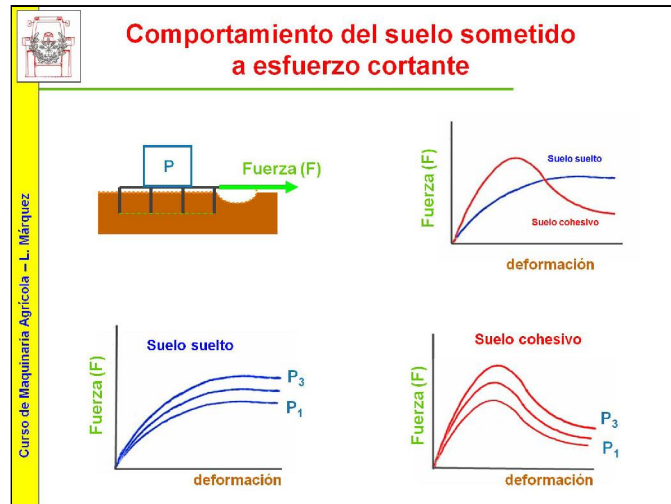
Equipos para el trabajo del suelo

Propiedades mecánicas del suelo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Tanto para el laboreo primario como para el secundario se necesitan aperos diseñados utilizando elementos que actúan sobre el suelo. Su comportamiento depende de la resistencia que opone el suelo a diferentes acciones mecánicas.

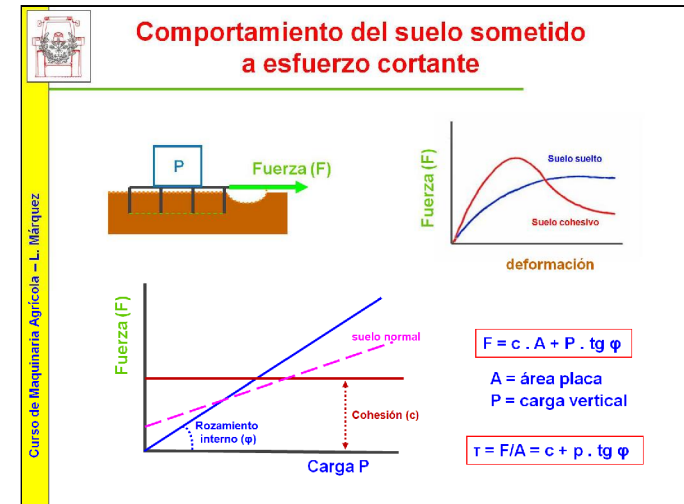
Por ello, antes de analizar las características de los aperos para el trabajo del suelo, conviene estudiar el comportamiento del suelo frente a las acciones mecánicas.



Colocando una placa con garras en el suelo y una carga sobre ella la rotura del suelo se produce cuando la fuerza de tracción supera un determinado nivel, que depende del tipo de suelo y de la carga sobre la placa.

En el caso de los suelos sueltos la fuerza necesaria para desplazar la placa alcanza un nivel máximo y se mantiene estable con el desplazamiento del suelo.

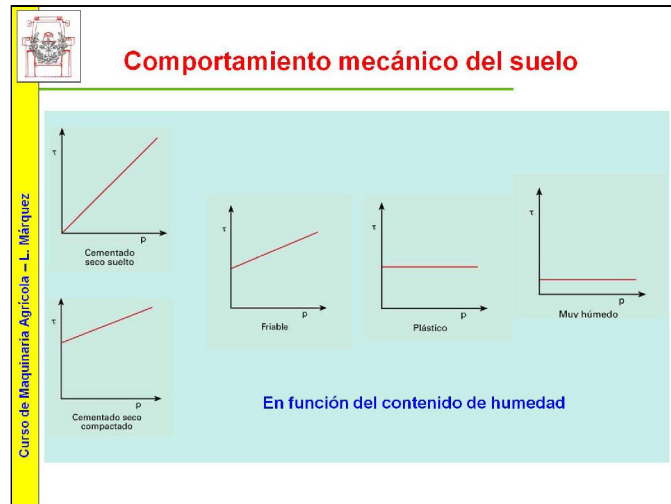
En suelos cohesivos la rotura del suelo se produce cuando se aplica una fuerza máxima, y puede mantener el desplazamiento con una fuerza menor.



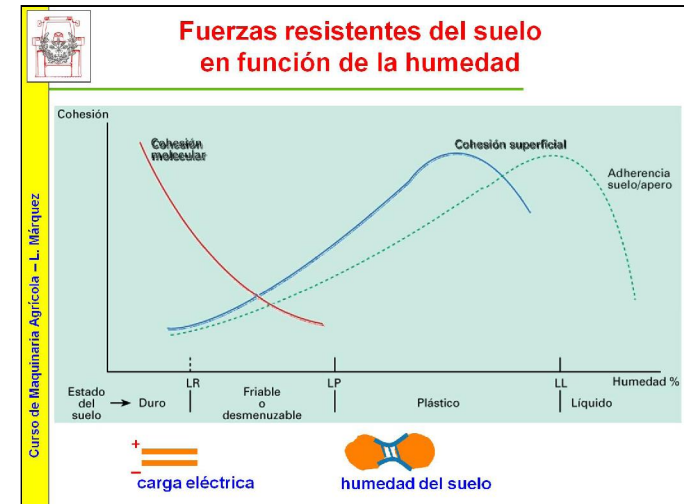
Representando gráficamente las relaciones entre la carga sobre la placa y la fuerza necesaria para provocar la rotura entre las garras de la placa y el suelo se obtiene una recta con diferente inclinación en función del tipo de suelo (recta de Coulomb).

Así, la fuerza necesaria para producir la rotura del suelo depende de la que se define como "cohesión" del suelo (c) y del rozamiento interno de las partículas del suelo ($\tan \phi$), factores que afectan a la superficie de la placa y a la carga vertical.

Esta fuerza dividida por la superficie de apoyo de la placa indica la rotura del suelo por el esfuerzo cortante aplicado sobre él.



La recta de Coulomb toma diferentes posiciones en función del tipo de suelo y su contenido de humedad.

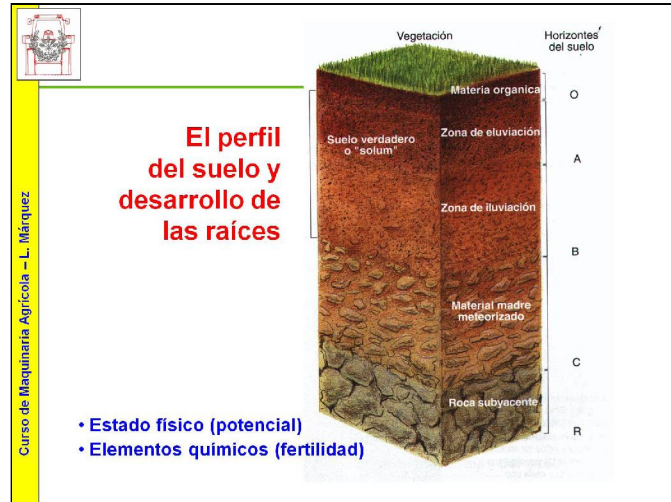


Las fuerzas de unión entre las partículas del suelo están condicionadas por las características de los materiales que forman el suelo (arena, limo y arcilla) y su contenido de humedad.

En suelo muy seco se produce una unión entre partículas (cargas eléctricas en las partículas de arcilla) dando lugar a lo que se conoce como cohesión molecular (cohesión), que se reduce a medida que aumenta la humedad del suelo.

Cuando aumenta la humedad se produce entre los elementos del suelo una unión como consecuencia de la entrada del agua en los poros de los terrones (cohesión superficial o adherencia). También un aumento de la humedad del suelo hace que este se pegue a los aperos que lo trabajan. Aumentando más el contenido de agua en el suelo este alcanza una consistencia de un líquido denso.

En el gráfico se representa las fuerzas resistentes del suelo en función de la humedad marcando los límites de Retracción (LR), Plástico (LP) y Líquido (LL)



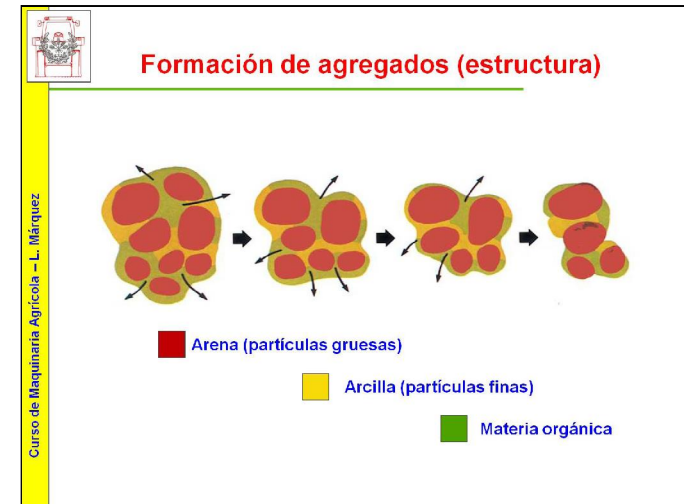
El suelo no es homogéneo y varían sus características físicas y químicas con la profundidad.



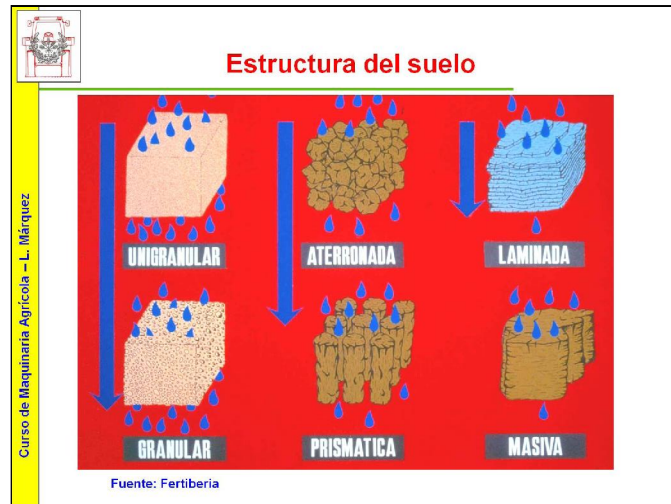
Métodos rápidos para la caracterización de los suelos.



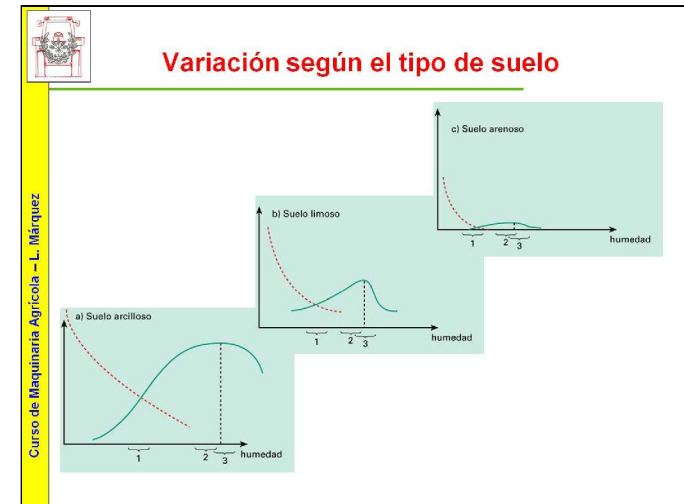
El contenido de arcilla del suelo influye notablemente en su comportamiento mecánico.



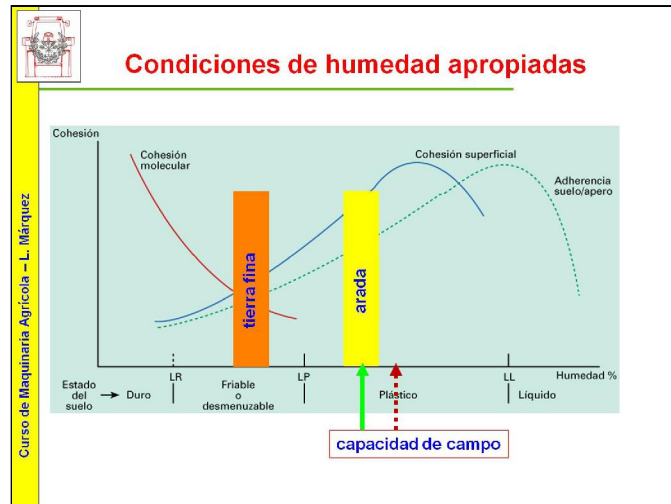
Las partículas de arcilla y la materia orgánica actúan como aglomerantes en el suelo, dando lugar a una estructura más o menos compacta.



En función de la estructura cambia el comportamiento del suelo en relación con su capacidad para dejar circular el aire y el agua



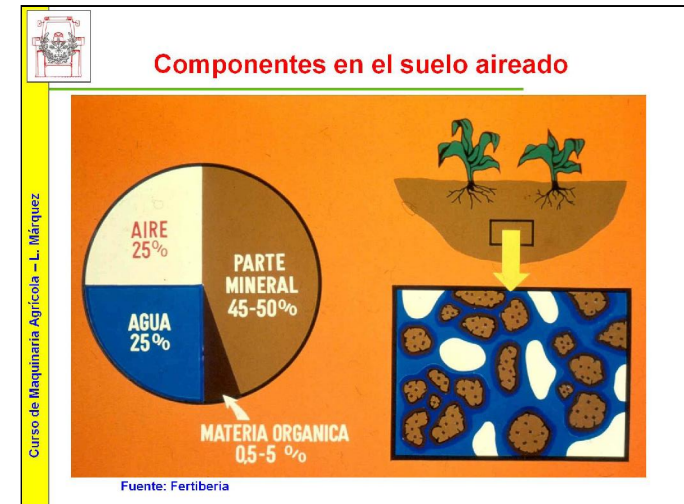
En función de los contenidos de arcilla, limo y arena cambia el comportamiento mecánico del suelo.



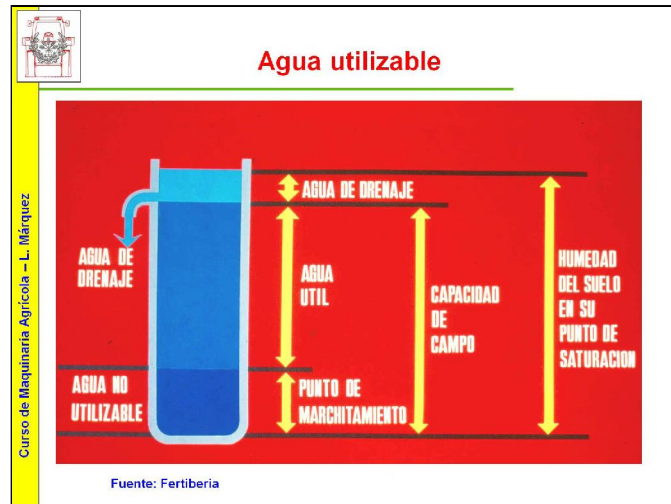
El trabajo del suelo debe realizarse, dentro de lo posible, con unas condiciones de humedad adecuadas.

Para crear tierra fina (laboreo secundario) conviene trabajar con el suelo en estado friable.

Para una labor de arada interesa el suelo en estado plástico (tempero). En los suelos con alta capacidad de retención de agua puede ser difícil el laboreo, ya que la humedad en el suelo drenado (capacidad de campo) está por encima de lo que se considera adecuado para la arada.



En un suelo adecuado para que las raíces de las plantas se desarrollen es necesaria la presencia de aire (respiración) y agua aprovechable.



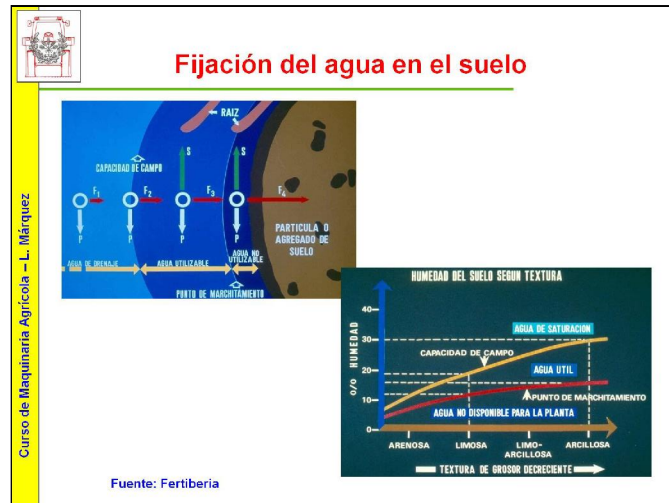
Cuando llega una lluvia intensa el suelo se satura de humedad y progresivamente pierde parte de esta agua, alcanzando el nivel denominado de "capacidad de campo".

En el intervalo de agua útil las plantas encuentran agua suficiente para su desarrollo.

Al perder humedad se llega al punto de marchitamiento, nivel de humedad por debajo del cual las plantas no pueden aprovechar el agua que se encuentra en el suelo.



Estados del suelo a medida que pierde humedad



La capacidad de retención de agua del suelo depende fundamentalmente de su contenido de arcilla.

Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Aperos y su acción sobre el perfil del suelo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Función principal

- Modificar el estado del suelo para favorecer la implantación de los cultivos y su desarrollo radicular.

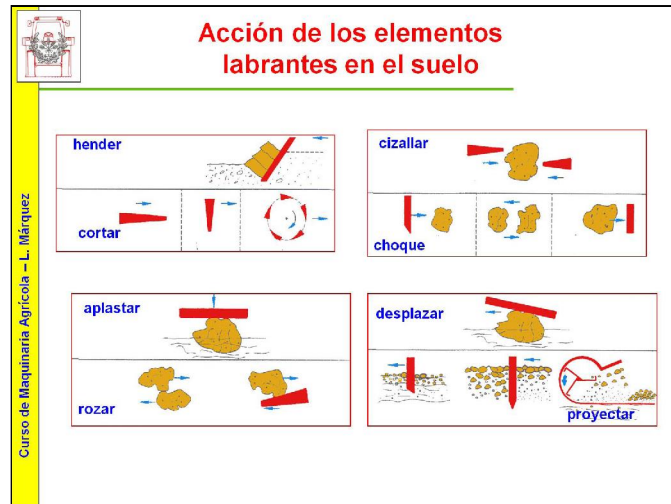
Producen:

- El **estallamiento** del suelo para reducir su densidad aparente.
- La **compactación y asentado** mediante la reordenación de los agregados.
- La **desintegración** del suelo rompiendo los terrones gruesos.
- La **inversión** del suelo con incorporación de restos de cosecha y enmiendas.
- La **creación de galerías** para favorecer el drenaje.

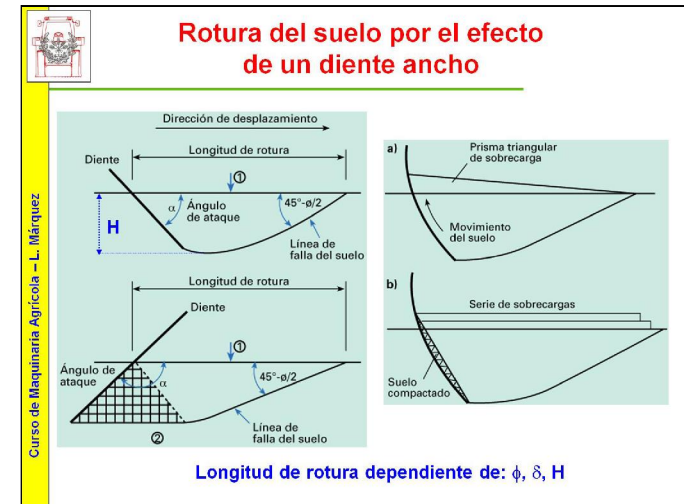


Se incluyen en este Grupo

- Equipos para labores profundas, que son la base del laboreo "**primario**" del suelo.
- Equipos para preparación de lecho de siembra, que hacen posible el laboreo "**secundario**".
- Equipos para **labores entre líneas**, que permiten realizar las labores una vez que el cultivo ha sido implantado.
- Equipos para **preparación de substrato** para cultivo forzado, maquinaria especializada de la agricultura intensiva.
- Otros equipos para trabajo del suelo que no encajen en los subgrupos anteriores pero que sean una alternativa para cualquier equipo de trabajo del suelo.
- *Los elementos labrantes toman formas diversas, predominando las denominadas púas, dientes o rejas, los discos y las azadas.*



La rotura del perfil del suelo y de los terrones se realiza de forma diferente según la incidencia en el suelo de los elementos labrantes.

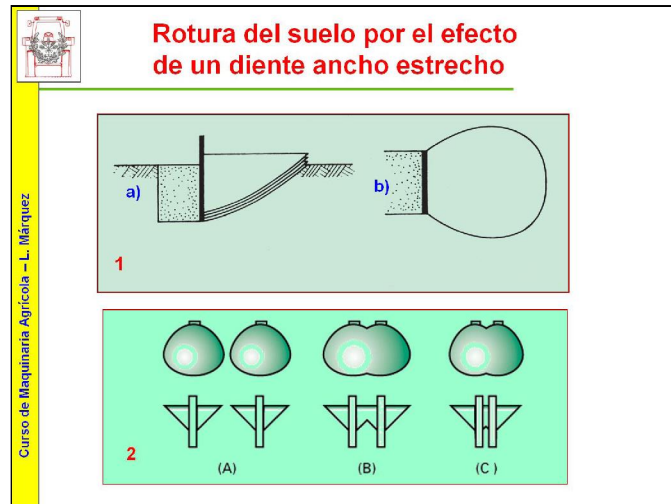


Movimiento en el suelo de un diente recto ancho:

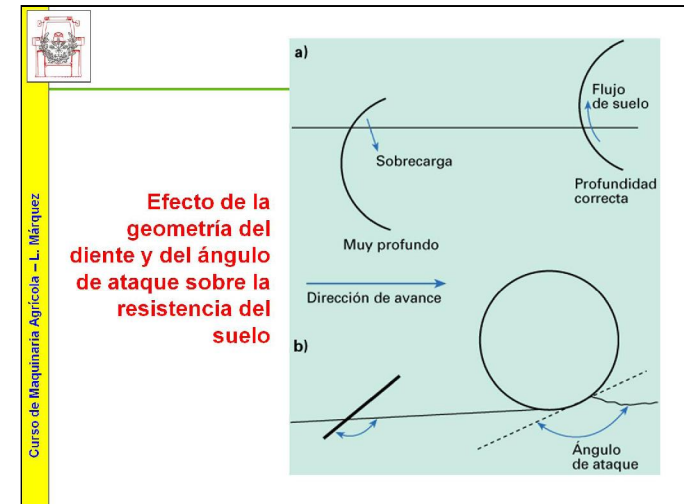
- La longitud de rotura depende de la longitud y del ángulo de ataque del diente y del rozamiento interno del suelo.
- Cualquier sobrecarga (1) sobre la zona de rotura (ruedas, bastidor, etc.) hace aumentar la resistencia que opone al suelo al avance del diente.
- Cuando el ángulo de ataque (α) supera los 90° una parte del suelo se mueve integrada con el diente.

Movimiento en el suelo con dientes anchos curvados;

- Con deslizamiento suelo-diente la zona de rotura toma forma de prisma triangular.
- Si no se produce deslizamiento, una parte del suelo permanece unida al diente, que se comporta como un diente recto, aunque se necesita mayor esfuerzo para hacerlo avanzar.



- 1.-Falla del suelo producida por el avance de un diente estrecho (anchura inferior a 2 veces la profundidad de trabajo) en posición vertical: a) vista lateral; b) vista superior.
- El movimiento del diente en el plano vertical crea un bloque de suelo en forma de cuña limitada por dos planos verticales y de una superficie curvada. La inclinación de la superficie de deslizamiento depende del frotamiento suelo metal y del ángulo de rozamiento interno del suelo. La cuña se desplaza por delante del diente y desliza al mismo tiempo hacia arriba.
- La cuña se comporta como un cuchillo que separa el suelo en dos partes, empujándolo hacia arriba y hacia los lados. Los bloques se aíslan del resto del suelo siguiendo las trayectorias que imponen las líneas de desplazamiento, de manera que, en movimiento continuo, se producen compresiones y fisuras en el interior del suelo.
- 2.- Interacción de la zona de rotura para dientes rectos en función de su separación: a) actuación independiente; b) interacción; c) acción similar a la de un diente de mayor anchura.



- Efecto de la geometría del diente y del ángulo de ataque sobre la resistencia del suelo.
- a) En un diente curvo trabajando a demasiada profundidad se interrumpe el flujo del suelo provocando una sobrecarga.
- b) Un diente inclinado hacia atrás se comporta como un rodillo (igual ángulo de ataque).

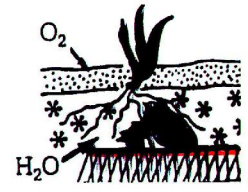
Acción de los aperos en el suelo (operaciones básicas)		
ACCIONES	TIPO DE APEROS QUE LAS REALIZAN	
Hendir	Todos los aperos en suelo masificado	Rozamiento Cultivadores Gradas de discos y de azadas Vibrocultivadores
Cortar	Aperos de discos Arados Cavadoras Cultivadores rotativos	Aplastamiento Rodillos Ruedas
Cizallar	Gradas alternativas Gradas rotativas	Desplazamiento lateral Aperos de dientes Gradas de discos
Golpear	Aperos con pantallas Aperos de dientes	Desplazamiento vertical Cultivadores Gradas Vibrocultivadores
		Proyección Cultivadores rotativos
		Volteo Arados

Los diferentes aperos actúan sobre el suelo con acciones de hendir, cortar, cizallar, golpear...

Laboreo primario (afecta al perfil explorado por las raíces)

Profundidad de actuación:
Consumo de energía – costes

Efecto sobre el residuo superficial




Capítulo 03.1.-

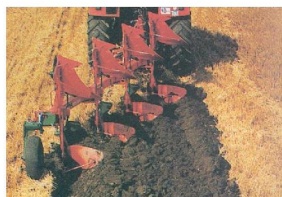
Cuando la profundidad de acción de un apero se adapta al perfil del suelo en el que se desarrollan las raíces, este apero se considera adecuado para el laboreo primario.



Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.1.-

Laboreo Primario



Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo



Equipos para el laboreo primario del suelo

Función:

- Realizar un **trabajo profundo del suelo**, entendiéndose como tal el que alcanza la profundidad a la que se pueden desarrollar las raíces del tipo de cultivo que se desea implantar.
- En cultivos arbustivos y arbóreos se realiza antes de la plantación.

Características básicas:

- Se caracterizan por su **robustez**, ya que para el trabajo profundo del suelo se necesita aplicar un alto nivel de energía.
- La **potencia que demandan** depende de las características del suelo, de la profundidad de intervención y del grado de pulverización provocado.



Tipos característicos

Por la forma en que se accionan:

- Los que la potencia de accionamiento deriva del **esfuerzo de tracción** que le suministra un tractor agrícola.
- Los que son accionados mediante el movimiento de la **toma de fuerza**, por lo que reciben la denominación de arados rotativos o rotocultivadores.

Para los que se accionan por tracción:

- Los que producen el **volteo del suelo**: los arados de vertedera y de disco.
- Los que **no producen el volteo del suelo**: subsoladores, descompactadores y arados chisel, también conocidos como cultivadores pesados.



Laboreo primario del suelo



Accionamiento por tracción:
arado chisel



Accionamiento por TDF:
rotocultor

Ejemplo de equipos para laboreo primario



Arados de vertedera



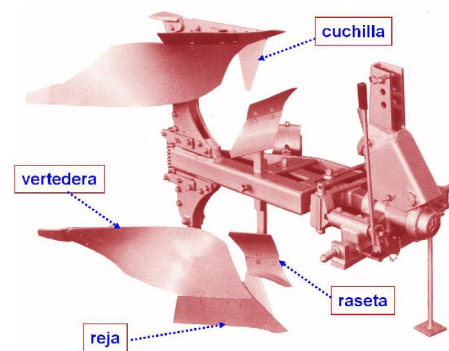
Función principal:

- Laboreo primario con volteo del suelo formando un canal que permite la aireación y la circulación del agua de lluvia hasta las capas profundas.
- Incorporación de los restos de cosecha para su descomposición en condiciones anaerobias.

Laboreo del suelo con inversión del perfil



Arado monosurco reversible





Elementos del arado de vertedera

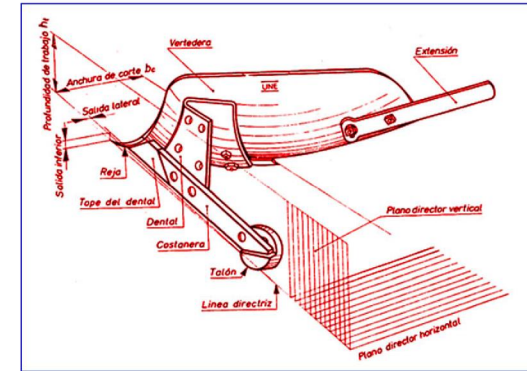
- Formado por uno o más cuerpos, cada uno de los cuales realiza el **corte** y el **volteo** de una banda de suelo cuya sección es rectangular, con anchura igual a la de corte y altura a la profundidad de intervención.
- Cada cuerpo dispone de:
 - Reja**, que se encarga de realizar el **corte horizontal**
 - Vertedera** que realiza el **volteo** de la banda de suelo cortado.
 - Cuchilla**, que puede faltar, ayuda al corte vertical de la banda de suelo.



Componentes del cuerpo en el arado de vertedera.



Terminología (según UNE)

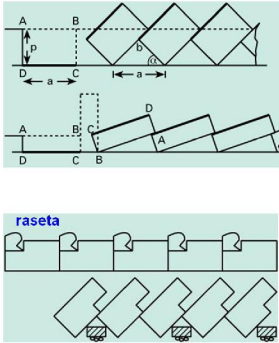


La presión del talón en el surco compensan las fuerzas que produce el volteo de la tierra.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Profundidad de trabajo



- La profundidad de intervención del arado debe de estar comprendida entre el 60 y el 80% de la anchura de corte de la reja. Esta anchura se mide perpendicularmente a la dirección de avance.
- Se puede utilizar la raedera, o raseta, que corta una banda superficial de suelo que queda depositada en el fondo del surco.

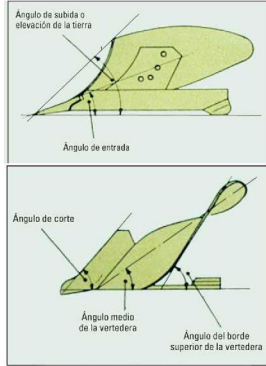
Se recomienda utilizar arados de vertedera con raseta cuando el residuo superficial es muy abundante y se quiere incorporar al suelo, como puede ser un rastrojo de maíz.

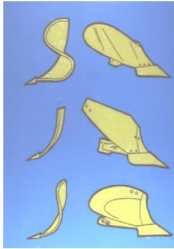
Si no se respeta la relación entre la profundidad de trabajo y la anchura de la reja el volteo no se produce correctamente a la vez que aumenta la demanda de tracción del apero.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Ángulos característicos vertedera





Tipos:

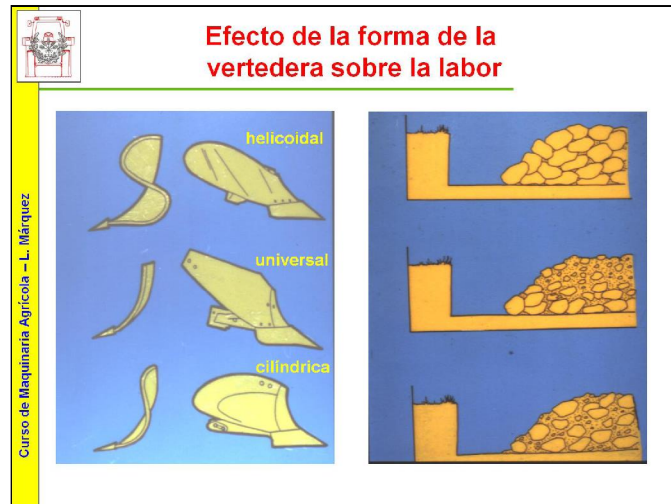
helicoidal

universal

cilíndrica

El ángulo medio de la vertedera, junto con la velocidad de avance, indica el grado de pulverización del suelo.

A medida que se aumenta el ángulo medio de la vertedera el suelo queda más pulverizado



Las vertederas de tipo helicoidal se aconsejan cuando se necesita dejar la banda de suelo volteada y sin romper (grandes terrones) lo que permite que circule el agua durante el invierno.

Las vertederas de tipo cilíndrico producen la pulverización del suelo y se aconsejan cuando la siembra posterior se hará pronto.

Las vertederas de tipo universal o americano producen un efecto en el suelo intermedio entre el de las vertederas cilíndricas y helicoidales.



Las rejas con formón o con punta permiten que el arado penetre mejor en suelos endurecidos, mientras que las rectas son más adecuadas para suelos con obstáculos que pueden producir roturas (grandes piedras)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Tipología de los arados de vertedera



arado fijo



arado reversible

- De 1 a 12 cuerpos (normalmente 2 a 5);
- Cuerpos fijos o reversibles.
- Masa: arados reversibles 250 a 350 kg/cuerpo; arados fijos 100 a 250 kg/cuerpo.
- Distancia entre cuerpos: 90-105 cm (pesados); 85-100 cm (ligeros).
- Despeje del bastidor: 60 a 75 cm.
- Reversibilidad: mecánica o hidráulica.

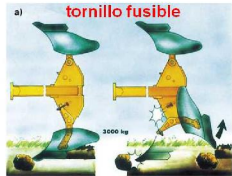
El arado reversible permite aumentar la eficiencia en parcela, ya que se reducen los recorridos para las vueltas en los cabeceros.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



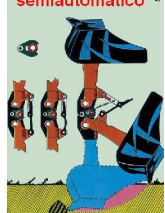
Dispositivos de seguridad

a) tornillo fusible



3000 kg

semiautomático

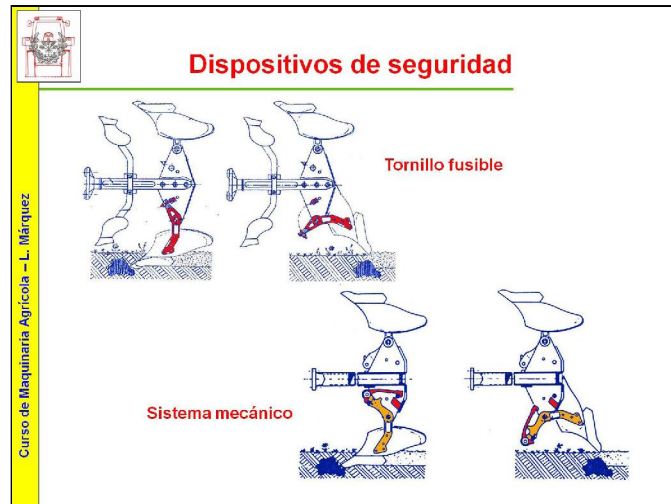


"non stop" (sin detenerse)

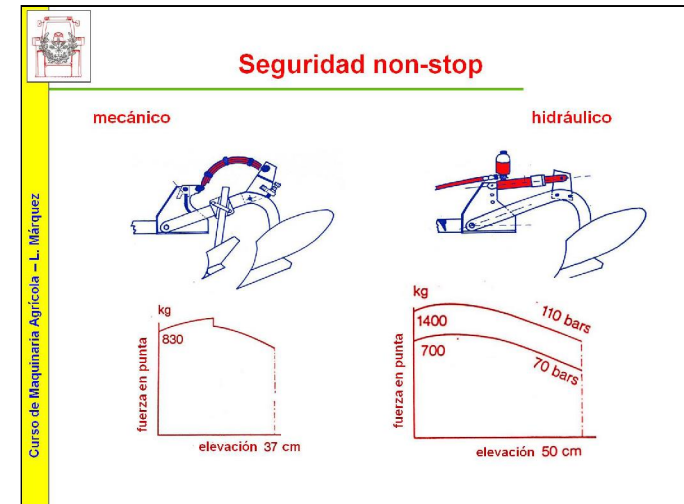


Se recomienda la seguridad mediante tornillo fusible cuando los obstáculos son escasos. Cuando aumenta la pedregosidad del suelo los sistemas de seguridad semi-automáticos son los aconsejables. Al producirse la acción de seguridad, hay que detener el trabajo y dar marcha atrás para que el mecanismo se rearme de nuevo.

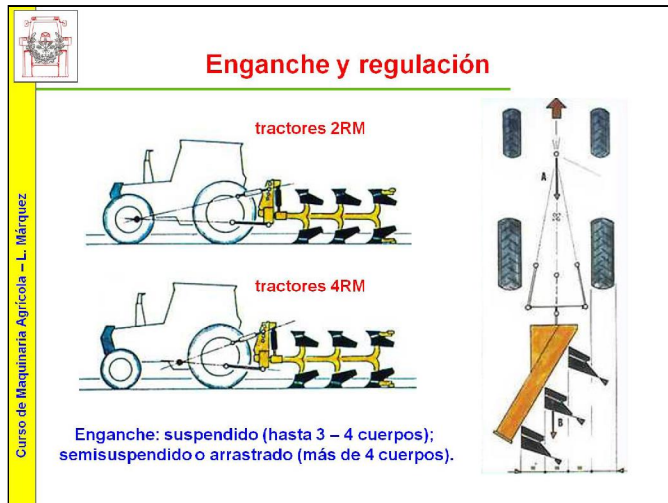
Los sistemas "non stop" el cuerpo de arado se recupera por si solo cada vez que se produce su choque con un obstáculo (piedra o tronco), y sin intervención del conductor.



Cuando se rompe el tornillo fusible hay que parar para sustituirlo.
Con el sistema mecánico de seguridad basta dar marcha atrás para que el dispositivo de seguridad se rearme.



El sistema de seguridad responde de diferente manera según el elemento activo sea un resorte o un conjunto oleo-neumático.



La línea de tracción conviene que coincida con el plano medio del tractor. Para ello se debe ajustar la anchura de vía para que entre las ruedas del tractor exista una distancia igual a la correspondiente al número de cuerpos del arado más medio cuerpo. En arados de muchos cuerpos esto no es posible y se recomienda trabajar con la mayor separación posible entre las ruedas.

El enganche tripuntal debe ajustarse para que la prolongación de la línea del brazo superior corte al plano que forman los brazos inferiores a la mitad del tractor (tractores de simple tracción) o cerca de las ruedas delanteras (tractores de doble tracción)



Modificando la anchura de trabajo se adapta el apero a la capacidad de tiro del tractor. En algunas de las soluciones mecánicas que permiten modificar la anchura de trabajo se realiza simultáneamente el posicionamiento del primer surco. En otros casos hay que ajustarlo independientemente.



La posición del arado respecto al enganche se realiza mediante un giro y un desplazamiento respecto al surco guía. En algunos modelos el ajuste de la posición y del ángulo de giro para conseguir el solapamiento de los cuerpos reduciendo la anchura de corte se realiza simultáneamente utilizando dos cilindros hidráulicos.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Condiciones de utilización y prestaciones

- Se recomienda utilizarlo con el suelo en estado deformable (humedad de **tempero**) a velocidades entre 3.5 y 7.5 km/h.
- El **esfuerzo de tracción** por sección de área trabajada varía entre 40 y 80 kg_r/dm². La eficiencia en parcela se mantiene entre 0.65 y 0.85.
- El **consumo de combustible** en el tractor se debe mantener por debajo de 0.8 a 1.0 L/ha por cada centímetro de profundidad de trabajo.



Arados de disco



Función principal:

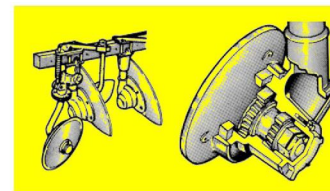
- Laboreo primario con volteo del suelo para producir esponjamiento y aireación.
- Incorporación de los restos de cosecha en menor grado que con el arado de vertedera. El suelo queda pulverizado en condiciones similares a lo que lo hace una vertedera cilíndrica.

Laboreo del suelo con inversión del perfil



Descripción del arado de disco

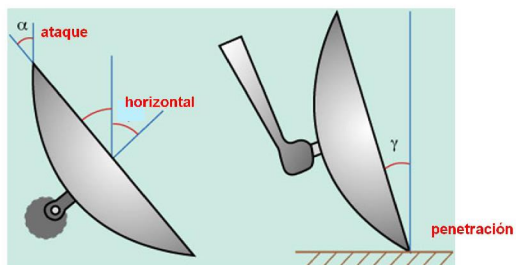
- Dos o más cuerpos, cada uno con un soporte unido al bastidor al que se fija el disco sobre rodamientos que le permiten girar.
- El disco va unido mediante cuatro o cinco tornillos, lo que permite la sustitución por rotura o desgaste.
- Sobre cada disco se sitúa un limpiador, o rascador, que se encarga de desprender la banda de tierra que sube por el disco.





Ángulos en un arado de disco

- Se puede ajustar el ángulo de inclinación del disco respecto al suelo (penetración) y el que forma con la dirección de avance (ataque).



Dimensiones y marcado de los discos

- El marcado del disco incluye diámetro y espesor [ej.: 26 x 3/16", equivalentes a 26 pulgadas de diámetro (660 mm) y 3/16 de pulgada de espesor (4.8 mm)].
- También se utiliza la designación métrica. La concavidad para este disco puede estar entre 73 y 136 mm.
- Los discos van afilados en el borde para facilitar la penetración. Se utilizan escotaduras a lo largo de todo el borde para picar mejor el rastrojo.

Diámetro		Espesor	Concavidad
pulgadas	mm	mm	mm
24	610	5-6	73-86
26	660	6	87-102
28	710	6-8	102-120
30	760	8	118-140
32	810	10	136



Tipologías de los arados de disco



- De 2 a 12 cuerpos (normalmente 3 a 5); diámetro del disco: 660 a 810 mm (26 a 32 pulgadas);
- Profundidad de trabajo recomendada: 35% diámetro disco.
- Ángulo de penetración: 20 a 25°; ángulo de ataque: 40 a 45°.
- Masa: arados reversibles 250 a 400 kg/cuerpo; arados fijos 150 a 300 kg/cuerpo.
- Distancia entre cuerpos: 70-115 cm; despeje del bastidor: 70-95 cm.

La rueda de cola del arado permite mantener constante el ángulo de ataque de los discos.



Elementos auxiliares

Arado tridisco suspendido con rueda de apoyo



- Reversibilidad:
 - mecánica,
 - hidráulica.
- Enganche: generalmente semisuspendido o arrastrado, aunque también suspendido en arados con pocos cuerpos.



Condiciones de utilización y prestaciones

- Se recomienda utilizarlo con el suelo en estado deformable (**tempero**) a velocidades entre 4 y 8 km/h.
- En suelo muy seco resulta difícil hacerlo penetrar. Con el **suelo muy húmedo** da lugar a una labor caótica con terrones muy difíciles de romper cuando se secan.
- El **esfuerzo de tracción** por área trabajada varía entre 35 y 75 kg/dm² de sección trabajada (ligeramente inferior al del arado de vertedera). La eficiencia en parcela se mantiene entre 0.65 y 0.85.
- El **consumo de combustible** en el tractor se debe mantener por debajo de 0.8 a 1.0 L/ha por cada centímetro de profundidad de trabajo.



Subsoladores - descompactadores

Función principal:

- **Fisuración del suelo** rompiendo capas compactadas sin que se produzca la inversión del perfil.
- Deben trabajar al menos **10 cm por debajo** de la capa compactada.
- El suelo se rompe según una V desde el fondo del surco hacia la superficie.
- **No puede utilizarse para controlar la flora adventicia.**

Dos categorías:

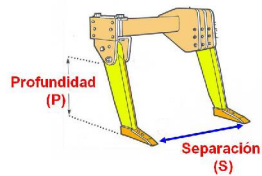
- **subsoladores** para trabajo muy profundo, y
- **descompactadores** para trabajo a menor profundidad.



Trabajo primario del suelo (descompactación) sin que se produzca la inversión del perfil.



Descripción de los descompactadores



- **Apero con un número impar de brazos o púas robustas y rígidas para trabajar en suelo endurecido, montados sobre un bastidor capaz de soportar estos esfuerzos.**
- **La separación entre los brazos condiciona la profundidad de trabajo, además de la longitud de las púas.**
- **Separación entre púas:**
 $1.0-1.5 P < S < 1.5-2.0 P$



Tipologías de los descompactadores

- **De 1 a 7 púas**, para trabajar hasta 50 cm de profundidad (descompactadores) o hasta 100 cm o más (subsoladores). La separación entre las púas varía entre 50 y 100 cm.
- **La púa puede ser recta o parabólica** (rompe el suelo hacia arriba y reduce el esfuerzo de tracción).
- **En el extremo dispone de una bota simple o con aletas.**
- **Masa:** pesados 200 a 300 kg/púa; ligeros 75 a 100 kg/púa.
- **Como elementos auxiliares** se utilizan ruedas de apoyo o un rodillo posterior que ayuda a dejar el suelo nivelado y sellado para reducir la pérdida de humedad.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Brazos y púas

púas

recta parabólica

botas

simple con aletas

- Las púas pueden ser:
 - Rectas casi verticales o inclinadas hacia delante y
 - Con perfil parabólico.
- En el extremo de cada púa se sitúa una **bota** de tipo simple o con aletas laterales.
- La situación de las púas en el bastidor suele realizarse en V, con la más cercana en el centro y en el exterior las más alejadas, para evitar que las ruedas del tractor incidan sobre la zona de rotura del suelo.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Perfil y profundidad de trabajo

mullido no trabajado fisurado tierra fina

reja simple reja con aletas profundidad

Acción de la púa sobre el perfil del suelo

Descompactador pesado:

- 1 a 2 púas/m de anchura
- Despeje bastidor: 75-100 mm

Descompactador ligero:

- 2 a 3 púas/m de anchura
- Despeje bastidor: 60-75 mm

La separación entre púas debe permitir un solapamiento entre las zonas del suelo trabajadas por cada púa.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Elementos auxiliares



descompactador brazos oblicuos

- **Dispositivo de seguridad** (tornillo fusible; automático non-stop)
- **Enganche:** ligeros y medios, suspendidos; pesados, semisuspendidos o arrastrados.
- En algunos casos disponen de **sistemas que producen vibración** para reducir el esfuerzo de tracción necesario para su arrastre.
- Los **“arados topo”** se utilizan para favorecer el drenaje de los suelos (disponen de brazos rectos y obús o bola detrás).



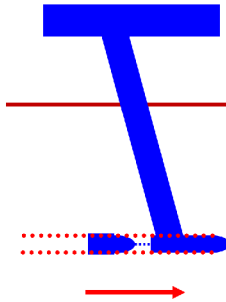
arado topo

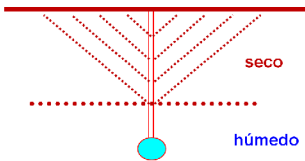
Los descompactadores de brazos oblicuos fisuran el suelo sin inversión del perfil. Se recomiendan para eliminar la compactación producida en algunos suelos con siembra directa continuada.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Estado del suelo para construir drenajes





El suelo fisurado en la parte alta del perfil facilita la filtración del agua a la zona de drenaje.

El suelo húmedo en la parte baja del perfil permite crear un galería estable por la que circule el agua drenada.



Condiciones de utilización

- Se recomienda utilizar los descompactadores con suelo seco para facilitar su fisuración, salvo en el caso de las operaciones de drenaje (arado topo) en las que se necesita que la parte inferior de la bota se mueva en un suelo en estado plástico.
- La relación entre la profundidad de trabajo y la separación de las púas debe mantenerse entre 1.0 y 1.5 para las botas simples y 1.5 a 2.0 en las de botas con aletas.
- La potencia que demanda por púa varía entre 35-45 CV (28-33 kW) para 30 cm de profundidad de trabajo, hasta 55-65 CV (45-48 kW) para 70 cm.
- Las velocidades de trabajo deben de mantenerse entre 3.0 y 5.0 km/h, consiguiéndose una eficiencia en parcela de 0.65 a 0.85.



Arado chisel – Cíncel – Cultivador pesado

Función principal:

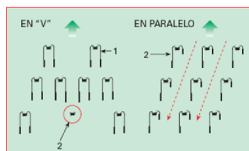
- Trabajo primario del suelo manteniendo una gran parte del rastrojo en superficie, lo que lo hace adecuado para el laboreo de conservación con residuo superficial. El efecto de control de la erosión hídrica se incrementa por la rugosidad superficial que produce.
- Control de la vegetación adventicia menos eficaz que con la vertedera (50% inferior), así como el grado de incorporación de los residuos, que quedan mezclados en el tercio superior del suelo, influenciado por el tipo de reja utilizada.



Puede sustituir al arado de vertedera mediante un laboreo primario sin invertir el perfil del suelo (labranza vertical).



Descripción del arado chisel



Posición de las púas
(flujo del rastreo)

- Está formado por un conjunto de brazos o púas, a la vez resistentes y flexibles, que producen con su vibración un efecto de pulverización del suelo e incorporación superficial del rastreo.
- En algunos casos se utilizan brazos rígidos, por lo que sus características de trabajo se aproximan a las de los descompactadores.
- Las púas van situadas preferentemente en tres paños y desplazadas lateralmente para facilitar el flujo del rastreo evitando el efecto de rastrillado.



Púas y rejas

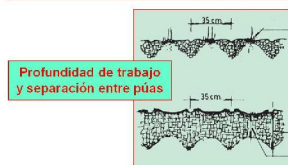
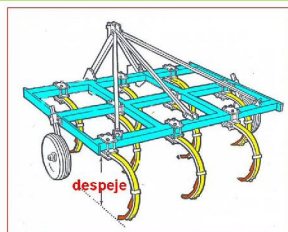


Rejas escarificadoras

- En cada brazo se sitúa una reja escarificadora, eficaz para romper el suelo, o más ancha con forma de aleta (extirpadora) para mejor control de la vegetación.
- Menos frecuentemente se utiliza una reja escarificadora alabeada para aumentar el efecto de enterrado del rastreo.
- En la parte posterior se puede utilizar un rodillo para provocar el sellado del suelo lo que evita la pérdida de humedad.
- Asociado a cuchillas circulares o discos permite hacer la preparación del suelo en una sola pasada.



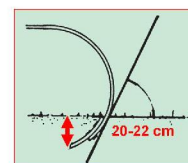
Tipologías de los arados chisel



- **Anchuras de trabajo** entre 2 y 6 m, con 25 a 35 cm de separación entre dientes; posición de los dientes sobre 2 ó 3 filas para reducir el efecto de rastrillado.
- **Despeje** del bastidor de 65 a 80 cm, y **profundidad** máxima de trabajo recomendada: 18 a 22 cm.
- **Masa:**
 - suspendidos 200 a 300 kg/m;
 - autoportantes 300 a 400 kg/m;
 - incremento de 100 kg/m (con dispositivos de seguridad).



Elementos auxiliares



- **Dispositivos de seguridad** por tornillo fusible o por resorte (non stop).
- **El ángulo** que forma el **brazo con la superficie** del suelo conviene que sea lo más agudo posible para reducir la retención del rastreo.



Condiciones de utilización



- Se recomienda utilizarlo sobre **suelo seco** para aumentar su eficacia basada en el efecto de vibración de los brazos flexibles o dotados de resortes que provocan un efecto similar.
- Si se hace trabajar a **profundidad excesiva** los brazos curvados tienden a perder su capacidad de vibración.
- La **anchura de trabajo** debe superar la de pisada del tractor que lo arrastra. Esto unido a la elevada velocidad necesaria obliga a disponer de **tractores potentes**.



Potencia necesaria



- El **esfuerzo de tracción**: aproximadamente igual a la mitad del que se necesita para arrastrar un arado de vertedera de la misma anchura trabajando a igual profundidad.
- La **potencia necesaria** aumenta como consecuencia de que la velocidad de trabajo debe ser mayor (7.0 a 9.0 km/h).
- Se recomienda una potencia de **25-40 CV/m (18-29 kW/m)** de anchura de labor; la eficiencia en parcela está entre 0.65 a 0.85.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Rotocultivador - Rotocultor




Función principal:

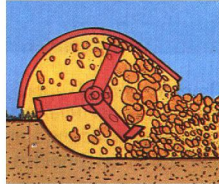
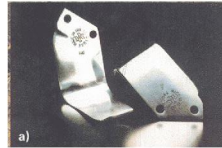
- **Rotura y esponjamiento del suelo** que queda pulverizado uniformemente sobre todo el perfil trabajado.
- **Para la preparación rápida de suelos de huerta**, evitando que se produzca un exceso de tierra fina.
- **Los residuos superficiales se incorporan** a la mitad superior del perfil de suelo.
- **La profundidad de actuación** puede superar los 25 cm (depende de las dimensiones del rotor).

Todo el perfil del suelo queda pulverizado. En condiciones de elevada humedad tienden a formar una suela de labor en el límite de la zona trabajada por las azadas.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Descripción del rotocultor

detalle de las azadas

- Disponen de un **eje horizontal** del que salen, de manera equilibrada, un **conjunto de brazos o azadas** con su **extremo acodado**, que producen, por la rotación del eje, la pulverización del suelo.
- Las azadas suelen estar agrupadas por bloques o discos, con unas 6 cuchillas por disco, con un diámetro total del rotor de 500 a 550 mm.
- El conjunto va **situado en el interior** de una **cubierta protectora** con una **pantalla posterior regulable** sobre la que chocan los terrones, quedando el suelo más o menos pulverizado en función del régimen de giro del rotor con respecto a la velocidad de avance.



Cambio de la velocidad del rotor



- La velocidad del rotor puede modificarse por un sistema de **ruedas dentadas** que le permiten trabajar entre 50 y 300 rev/min. Normalmente el **sentido de giro es directo**, "mordiéndolo" el suelo al avanzar y dando un empuje positivo del tractor.
- Permite un buen aprovechamiento de la potencia del motor por su accionamiento por la toma de fuerza.
- Para controlar la profundidad de trabajo se utilizan **patines laterales** o **ruedas de apoyo**.



Aperos derivados del rotocultor



rotor de grada accionada



motoazada

- **Gradas accionadas**, en las que los elementos labrantes suelen ser rectos y están diseñadas para trabajar a profundidades de menos de 10-15 cm (laboreo secundario).
- **Motoazadas**, en la que se combina el trabajo del suelo (rotor) con el avance de la máquina.



Tipologías de los rotocultores



rotor del rotocultivador

- **Anchura de trabajo:** 0.80 a 3.10 m;
- **Diámetro del rotor:** 40 a 65 cm;
- **Número de azadas por metro:** 15 a 35;
- **Accionamiento:** toma de fuerza 540 y/o 1000 rev/min;
- **Enganche:** tripuntal;
- **Masa:** 200 a 300 kg/m de anchura.
- **Elementos auxiliares:**
 - cambio de velocidades;
 - tablero nivelador;
 - posibilidad de desplazamiento lateral;
 - control de profundidad (ruedas o patines).



Condiciones de utilización de los rotocultores

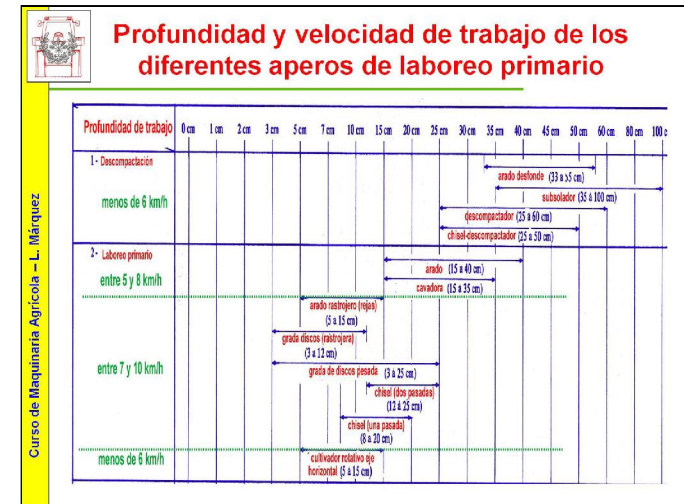
- **Profundidad máxima de trabajo recomendada:** 23 a 35 cm.
- **Velocidades de trabajo** entre 2.0 y 4.0 km/h, con una demanda de potencia de 30-40 CV/m (22-30 kW/m) de anchura. Eficiencia en parcela de 0.65 a 0.85.
- Se produce una **discontinuidad con marcada suela de labor** si se hace trabajar sobre suelos húmedos y poco estructurados.
- La posición de la **pantalla posterior** hace que la superficie se cubra de tierra fina (bajada) o de pequeños terrones (subida).
- Se **desaconseja utilizar este apero en suelos limosos** con tendencia a compactarse naturalmente, salvo que se encuentren muy consolidados.

La cavadora como alternativa al rotocultor

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Poco utilizadas en la agricultura española, simulan el trabajo del suelo con una azada manual. Son un alternativa a los rotocultores, aunque necesitan mayor inversión y tiene mayor coste de mantenimiento.

Permiten trabajar con diferentes contenidos de humedad en el suelo.



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

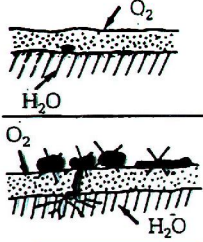


Laboreo secundario

(preparación del lecho de siembra)

Efecto sobre el residuo superficial





Capítulo 03.2.-

Cuando la profundidad de acción de un apero se utiliza para la preparación de la capa más superficial del suelo y el lecho de siembra, este apero se considera adecuado para el laboreo secundario.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.2.-

Laboreo Secundario



Prof. Luis Márquez

Dr. Ing. Agrónomo



Función principal

- Permiten realizar el **acabado del perfil del suelo** preparando el lecho de siembra en el que se realiza la germinación y nascencia de las semillas.
- Se utilizan como medio para **controlar el desarrollo de la vegetación adventicia**, tanto antes de la implantación del cultivo como con posterioridad a la nascencia, y para el manejo de la capa superficial del suelo en cultivos permanentes.
- Para el **laboreo secundario** se pueden utilizar **aperos diferentes en pasadas sucesivas**, o distintos tipos de elementos labrantes situados sobre el mismo apero para conseguir nivelación, mullido o compactación (asentado), movimiento de terrones para crear tierra fina y acción complementaria sobre la vegetación residual.
- La profundidad de acción suele ser inferior a los 10-12 cm.



Aperos par laboreo secundario



cultivador de brazos



grada de discos

- Pueden ser **arrastrados** por el tractor, o bien accionados mediante la **toma de fuerza**.
- En los arrastrados se utilizan como elementos labrantes **púas y discos** montados sobre líneas que se conocen como “paños”.
- En función del **ángulo de inclinación de las púas** se produce asentado o esponjamiento del suelo; el **grado de flexibilidad** de las mismas tiene una marcada influencia sobre la rotura y el movimiento de los terrones en el suelo.



Tipos de aperos

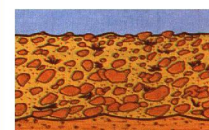


Tipos:

- Gradas de discos
 - Cultivadores de púas
 - Vibrocultivadores
 - Gradas accionadas
 - Rodillos
- Los que utilizan discos siempre producen el asentado y la nivelación del suelo por su desplazamiento lateral.
 - Para el asentado final y la rotura de la costra también se utilizan rodillos con diferente masa y grado de rugosidad superficial
 - Los **aperos accionados** utilizan púas de distintas formas, colocadas sobre un eje horizontal o varios verticales; realizan un trabajo similar al de los aperos con elementos fijos, pero más intenso; la intensidad de acción depende de la velocidad de avance y de la de rotación de los elementos labrantes.



Gradas de discos

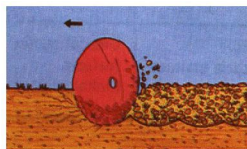


perfil del suelo

- **Laboreo superficial conseguido mediante discos verticales** que se clavan en el suelo con una profundidad que depende de su diámetro, de la carga que gravita sobre ellos y del ángulo que forman con la dirección de avance.
- **Producen rotura de los terrones** por efecto de los bordes de los discos y del desplazamiento lateral que provocan en el suelo, lo que hace que este quede nivelado y asentado.
- El propio desplazamiento lateral del suelo tiene un efecto destructor de la **vegetación adventicia**. También permite el enterrado superficial del rastrojo.
- Las gradas muy pesadas pueden utilizarse para **laboreo primario del suelo**.



Descripción de las gradas de discos



movimiento del disco

- **Discos verticales**, con un orificio central de forma cuadrada, montados con separadores en bloques que giran sobre un eje común.
- Estos bloques **se orientan de manera angulada respecto a la dirección de avance**, con lo que tienden a rodar a la vez que mezclan las capas de suelo.
- **Ejes unidos al bastidor mediante rodamientos con dos apoyos por tramo**, aunque el bloque puede incluir varios tramos.



Tipos de gradas de discos



grada pesada
(laboreo primario)

- Los bloques de discos se pueden situar formando una V (**gradas de tiro excéntrico**) o en X. En las gradas en X los discos extremos son de menor tamaño (niveladores).
- Los **discos del bloque trasero se montan para que desplacen la tierra en sentido contrario de los delanteros**, lo que provoca un efecto nivelador.
- Cada disco lleva un **elemento rascador** que evita que la tierra se adhiera a en la parte cóncava.

También se comercializan gradas con discos independientes montadas sobre brazos flexibles, conocidas como "gradas rápidas". Ver: "Laboreo primario/secundario".



Plegado para el transporte



plegado longitudinal



plegado hacia arriba

- Los bloques de discos se orientan perpendicularmente a la dirección de avance por lo que ruedan sin mover el suelo.
- Esta operación se combina con el apoyo sobre unas ruedas posteriores que se mantienen levantadas durante el trabajo.
- Cuando la anchura es grande se recurren a sistemas de plegado longitudinal o hacia arriba.



Tipología de las gradas de discos

- **Tipos de discos:** de casquete esférico o de tipo troncocónico; borde liso o dentado (estos últimos generalmente en el cuerpo trasero).
- **Anchuras de trabajo** entre 1.8 y 2.4 m en las semisuspendidas y de 2.7 a 8.0 m en las arrastradas.
- **Diámetros del los discos** entre 45 y 71 cm (18 a 28 pulgadas).
- La **concavidad de los discos** de las gradas es menor que la de los que se utilizan en los arados y varían entre 40-47 mm en los discos de 45 cm de diámetro y 136 mm en los de 810 mm.

Tipos de grada

	carga (kg/m)	carga (kg/disco)
ligeras	< 350	< 60
medias	350 – 700	60 – 80
pesadas	> 700	> 80

Aumentando la concavidad de los discos se consigue mayor volteo de la capa de suelo trabajada.



Espaciamiento entre discos

Separación (cm)	Aplicaciones
18	- laboreo secundario sobre suelo labrado con poco residuo superficial; - suelo extremadamente duro
23	- operaciones convencionales de picado de residuos superficiales; - incorporación de agroquímicos; - siembra de granos finos
28	- trabajo profundo con abundante residuo superficial; - preparación para la siembra con suelos que se pulverizan con facilidad
33 y más	- para gran profundidad de trabajo en condiciones extremas de suelo y residuo superficial abundante; - laboreo primario

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

La separación entre discos unida al diámetro de los discos y a la carga por disco permite construir gradas que se adaptan a cada condición de trabajo, desde el laboreo primario hasta una preparación final del lecho de siembra.



Grada de discos pesada (laboreo primario)



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Permiten realizar el laboreo primario del suelo y son una alternativa a los arados de vertedera o de disco cuando se disponen de tractores de muy alta potencia.

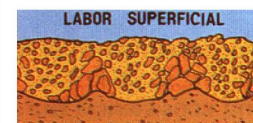


Condiciones de utilización de las gradas de discos

- Se recomienda **trabajar con el suelo seco (friable)**, y son muy adecuadas para romper los terrones generados en el laboreo primario del suelo.
- En las **gradas de tiro excéntrico** se necesita que el **eje de tiro esté desplazado** con respecto al plano medio de la grada para compensar la torsión que genera la tierra sobre los discos de los bloques delantero y trasero.
- **Profundidad de trabajo recomendada:** 5 a 15 cm.
- **Ángulos de ataque:**
 - Tiro excéntrico: paño delantero 15-20°; trasero 25-30°.
 - Tandem: paño delantero 10-25°; trasero 10-25°.
- **Velocidad de trabajo:** 6 a 12 km/h; eficiencia en parcela: 0.65 a 0.85.
- **Potencia necesaria:** ligeras 20-25 CV/m; medias 25-35 CV/m; pesadas 30-35 CV/m.



Cultivadores de púas o brazos



perfil del suelo

Función:

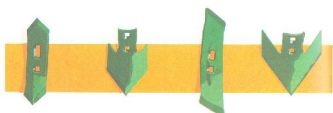
- **Laboreo superficial del suelo mediante brazos flexibles** en cuyo extremo se sitúa una **reja** que desplaza los terrones hacia arriba o hacia abajo en función del ángulo de incidencia.
- **Producen rotura de los terrones por el choque y desplazamiento del suelo**, dejando en la superficie unos surcos cuya profundidad depende de la separación entre brazos contiguos.



Su efecto en el suelo

- El suelo queda esponjado si los brazos inciden sobre el suelo con un ángulo agudo; cuando el ángulo es mayor de 90° tienden a asentar el suelo.
- Por debajo de la reja siempre se produce un ligero asentado que ayuda en la formación de una zona ligeramente compactada bajo el lecho de siembra.
- El control de la vegetación adventicia depende en del tipo de reja utilizada.
- La flexibilidad de los brazos garantiza la formación de tierra fina en el lecho de siembra (zona en la que se situará la semilla) y terrones en la superficie

tipos de rejas



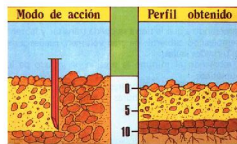
Descripción de los cultivadores

- Los brazos flexibles van unidos a un bastidor que se engancha al tripuntal del tractor; generalmente incluyen ruedas para controlar de manera precisa la profundidad de trabajo. En algunos caso se sitúa un rodillo posterior o una barra con púas simple.
- Los brazos van situados en dos filas y ofrecen diferente grado de flexibilidad, lo que repercute en el efecto de la vibración durante el trabajo.
- El movimiento de los brazos se consigue mediante la forma del propio brazo (espiral) o con un resorte asociado a este.





Gradas de púas



perfil del suelo

- En algunos casos están formados por un conjunto de **púas rígidas fijadas perpendicularmente al suelo**, o regulables en inclinación, unidas a un bastidor muy simple que se mueve en el suelo arrastrado por cadenas (**grada de púas**).
- En cultivadores para las plantaciones **leñosas** los brazos extremos pueden disponer de un mecanismo que los retrae al detectar la presencia de troncos o estacas (**intercepas**).
- Los diseñados para trabajar entre las líneas de cultivos herbáceos se conocen como **escardadores y aporcadores**.



Tipologías de los cultivadores de brazos

- Anchuras de trabajo** de 2 a 7 metros; **espaciamiento entre dientes**: 15 a 25 cm; **posición de los dientes**: sobre 2 filas; **despeje del bastidor**: 45 a 70 cm.
- Masa**: 100 a 250 kg/m de anchura.
- Elementos auxiliares**: Dispositivos de seguridad (tornillo fusible, resorte).
- Pueden aproximarse en sus características a los cultivadores **pesados** y **arados chisel**, pero son siempre **menos robustos** y los brazos se encuentran más próximos entre si.





Condiciones de utilización de los cultivadores

- Se recomienda trabajar con el suelo seco (friable), y son muy adecuadas para preparación del lecho de siembra en cultivos poco exigentes (cebada, trigo...).
- Profundidad máxima de trabajo recomendada: 5 a 12 cm; potencia: 19 a 23 CV/m.
- Velocidad de trabajo: 6.0 a 8.0 km/h; eficiencia en parcela: 0.65 a 0.85.
- Para conseguir eliminar la vegetación superficial se recomienda utilizar rejas extirpadoras (anchas).



Gradas accionadas



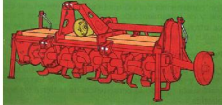
- Realizar en una sola pasada el laboreo secundario en suelos endurecidos con abundancia de terrones.
- La rotura de los terrones se produce por el golpeteo de los dientes y por la fricción de estos con el suelo, especialmente en las de tipo alternativo.

El estado en el que queda la superficie del suelo depende de las características de los rodillos que incorporan.



Gradas alternativas y rotativas

grada rotativa
(eje horizontal)



grada rotativa
(eje vertical)



- Las **gradas alternativas** disponen de varias filas de púas dotadas de un mecanismo de oscilación alternativa lateral.
- Las **gradas rotativas** de eje horizontal disponen de un eje del que salen radialmente, de manera equilibrada, un conjunto de dientes rectos o alabeados.
- En las **rotativas de eje vertical** se utilizan varios rotores y las rejas toman la dirección del eje de los rotores.



Grada de alternativa (púas)



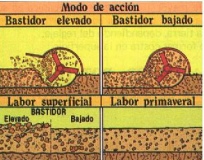
Este tipo de gradas con púas en movimiento alternativo han perdido importancia comercial frente a las gradas rotativas de eje vertical y horizontal

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

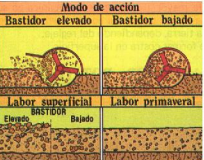


Descripción de las gradas accionadas

- Rotor situado en el interior de una cubierta protectora con una pantalla posterior regulable sobre la que chocan los terrones, quedando el suelo más o menos pulverizado en función del régimen de giro del rotor con respecto a la velocidad de avance.
- La velocidad del rotor puede modificarse por un sistema de ruedas dentadas (50 y 300 rev/min).
- Normalmente el sentido de giro es directo, “mordiendo” el suelo al avanzar y dando un empuje positivo del tractor.
- Para controlar la profundidad de trabajo se utilizan un rodillo situado en la parte posterior



Modo de acción
Bastidor elevado



Modo de acción
Bastidor bajado

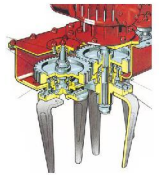


Labor superficial



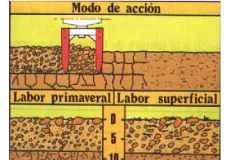
Labor primaveral

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

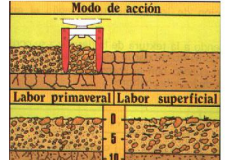


Tipologías de las gradas accionadas

- Anchura de trabajo: 2.5 a 5.0 m.
- Rotativas:
 - Rotor único de eje horizontal con dientes tipo pletina o redondo.
 - Varios rotores de eje vertical con dos dientes; número de rotores/metro: 3 a 5; longitud de diente: 30 a 35 cm.
- Alternativas
 - Con dos filas de dientes accionados por excéntrica; distancia entre dientes: 20 a 25 cm; longitud de diente: 25 a 30 cm.
- Masa: 120 a 200 kg/m de anchura.



Modo de acción
Labor primaveral



Modo de acción
Labor superficial

Elementos auxiliares: rodillo trasero (recomendado); dispositivos de seguridad; cambio de velocidad del rotor; enganche posterior para sembradora.



Condiciones de utilización de las gradas accionadas

- **Accionamiento:** toma de fuerza 540 y/o 1000 rev/min.
- **Enganche:** en tres puntos.
- **Se recomienda para el laboreo secundario de suelos con muchos terrones y endurecidos para prepararlo para la siembra en una sola pasada.**
- **Profundidad máxima de trabajo recomendada:** 8 a 12 cm.
- **Potencia:** alternativas 15 a 25 CV/m; rotativas 20 a 35 CV/m (es importante que la potencia que pueda transmitir la grada sea la disponible en el tractor, ya que en caso contrario se produce su rápido deterioro).
- **Velocidad de trabajo:** 5.0 a 7.0 km/h; eficiencia en parcela: 0.65 a 0.85.



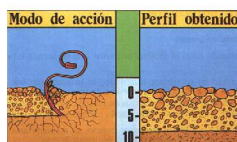
Rodillos auxiliares en gradas accionadas



Complementan la acción de la grada y modifican la rugosidad de la superficie del suelo



Vibrocultivadores



Función principal:

- Preparación completa del lecho de siembra en cultivos que requieren buena preparación con una sola pasada.
- El trabajo debe ser muy superficial, limitado a lo que es el lecho de siembra.



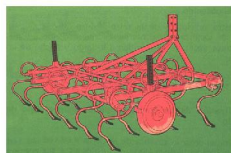
Descripción de los vibrocultivadores



- Bastidor principal al que se unen otros bastidores más pequeños, sobre los que se fijan los dientes en varias filas.
- Los bastidores secundarios van unidos al bastidor principal de manera flexible, lo que garantiza que los elementos labrantes trabajen a profundidad uniforme con independencia de las irregularidades de la superficie del terreno.
- Se puede modificar en algunos casos el ángulo de incidencia de los dientes, su flexibilidad y la profundidad de actuación.



Tipologías de los vibrocultivadores



Elementos auxiliares:

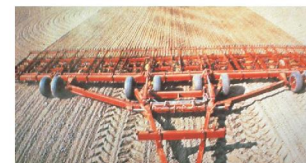
- rodillos jaula (1 o 2 elementos);
- rejas delanteras desmenuzadoras y hoja niveladora.

- **Anchura de trabajo:** 2 a 14 metros; bastidor: rígido o por elementos independientes.
- **Espaciamiento entre dientes:** 10 a 12 cm; posición de los dientes: sobre 3 a 5 filas; despeje del bastidor: 40 a 50 cm.
- **Dientes:** simple o doble curvatura (sección cuadrada o plana); rejas: escarificadoras, estirpadoras y dobles.
- **Masa:** 120 a 300 kg/m de anchura



Condiciones de utilización de los vibrocultivadores

- **Enganche:** semi-suspendido o arrastrado; plegado: manual o hidráulico.
- Se recomienda **trabajar con el suelo seco** (friable), y son muy adecuadas para preparación del lecho de siembra en cultivos exigentes (remolacha).
- En suelos fuertes se recomienda utilizar rodillos jaula dobles y con barras agresivas para mejorar su eficiencia desterronadora.
- **Profundidad de trabajo recomendada:** 2 a 8 cm; potencia necesaria 18 a 22 CV/m; **velocidad** de trabajo: 6.0 a 8.0 km/h; eficiencia en parcela: 0.65 a 0.85.





Rodillos

- **Reducen la porosidad del suelo** modificando el espacio que queda entre los terrones, lo que favorece la humectación de las semillas en suelos secos, y también evita la destrucción de las raíces en los cereales de invierno por efecto de las heladas.
- **No deben afectar la porosidad** hasta límites que impidan la circulación de agua y del aire en el interior del suelo.
- Generalmente se utilizan **asociados a otros aperos**, actuando como elementos para el control de la profundidad de intervención y para el sellado del suelo.



Descripción de los rodillos



- **Elementos de sección circular** colocados sobre un eje que les permite rodar al ser arrastrado sobre el campo, normalmente mediante un enganche simple en un punto.
- El rodillo puede estar **formado por un solo elemento, o por un conjunto de elementos**, todos montados sobre un eje común, aunque con un acierta flexibilidad para que se ajusten a las irregularidades del terreno.
- Los **diámetros exteriores** de los elementos que forman el rodillo **pueden ser diferentes**, así como la rugosidad y el perfil de su superficie, lo que, junto con el peso del rodillo, condiciona el grado de asentamiento.



Tipologías de los rodillos

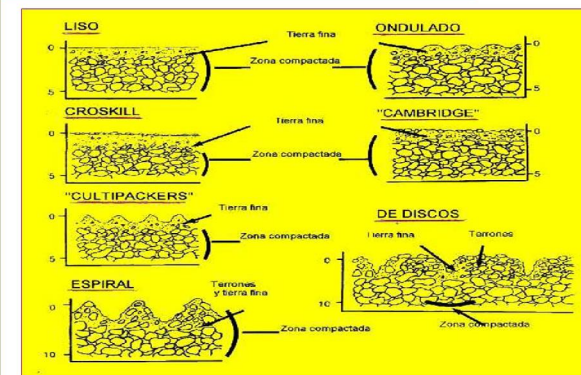
- **Anchura de trabajo:** 1.5 a 7 metros; bastidor: rígido o por elementos independientes.
- **Elementos auxiliares:** plegado: manual o hidráulico; ruedas de transporte.
- **Enganche:** semisuspendido o arrastrado.



	lisos	ondulados	acanalados	croskill	ruedas
Dímetros (cm):	45-50	50-60	50-55	30-60	70-90
Nº elem.	1	1	1	1-2	1-2
Masa (kg/m):	250-350	250-380	300-400	150-500	350-550



Efecto en función de su rugosidad



Las características de la superficie del rodillo modifican el perfil del suelo en la parte superficial, creando zonas con tierra fina y otras con pequeños terrones.



Condiciones de utilización de los rodillos

- Los rodillos lisos provocan una compactación superficial con tierra fina sobre el terreno; los rodillos rugosos provocan el asentamiento en las capas intermedias con tierra fina cerca de la semilla, y dejan la superficie aterronada, reduciendo el riesgo de que aparezca costra superficial después de lluvia intensa.
- Sólo se deben utilizar sobre suelos con bajo contenido de humedad. Su efecto desterronador depende de las resaltes sobre la superficie.
- Son preferibles los rodillos con elementos independientes y de superficie rugosa. El aumento de la velocidad incrementa su efecto compactador.
- Potencia recomendada: 10 a 15 CV/m; velocidad de trabajo: 5.0 a 7.0 km/h; eficiencia en parcela: 0.65 a 0.85.

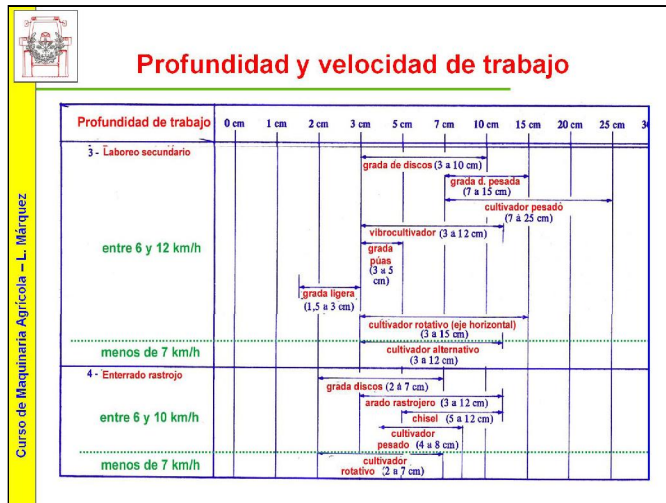


Labores de cultivo (entre líneas)



- Control de la maleza durante el desarrollo del cultivo.
- Compatible con la fertilización y la aplicación de herbicidas.
- Limitaciones: despeje de los tractores y separación entre líneas.

Algunos aperos de laboreo secundario se utilizan para el control de la vegetación adventicia entre las líneas del cultivo



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Laboreo Primario/Secundario





Equipos para laboreo primario/secundario

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Función:

- Realizar en una sola pasada el laboreo primario, con o sin volteo, y la preparación del lecho de siembra.
- En ocasiones se combinan con equipos de siembra para realizar la implantación del cultivo en una sola pasada.

Permiten utilizar mejor la potencia disponible en los grandes tractores y aumentar la capacidad de trabajo.

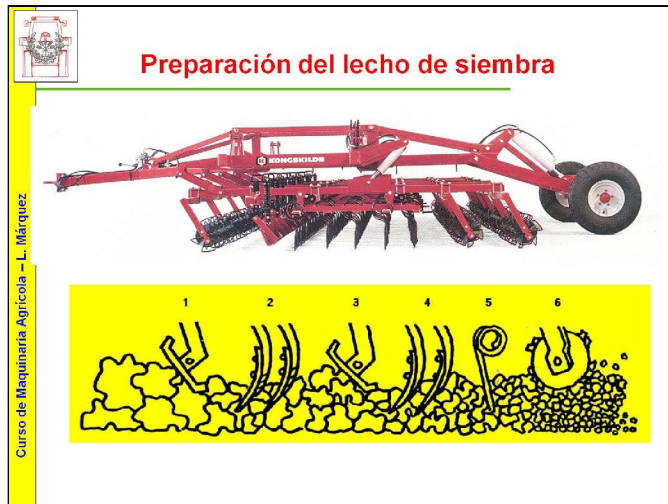


Descripción de los aperos combinados

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

- Están formados por los mismos elementos que se utilizan en los aperos para laboreo primario y secundarios, combinados para que actúen de manera sucesiva en una sola pasada. En algunos casos van montados separados, uno de los elementos en el enganche frontal y otro en el posterior.
- Es frecuente que el elemento que se encarga del laboreo secundario sea del tipo accionado por la toma de fuerza.
- En algunos casos, el apero dispone de varios cuerpos o paños con púas y discos que se pueden regular en posición (ángulo de ataque) y la profundidad de intervención. Es frecuente que dispongan de un rodillo asentador que también actúa como controlador de la profundidad de trabajo del conjunto.





Algunos aperos están especialmente diseñados para la preparación del lecho de siembra en una sola pasada.

- 1.- Nivelación del suelo
- 2.- Esponjado y rotura de terrones gruesos por elevación
- 3.- Desterronado por compresión y choque
- 4.- Preparación del lecho de siembra
- 5.- Creación de tierra fina para mejorar el contacto semilla-suelo
- 6.- Asentado superficial con superficie rugosa que evita el encostramiento



Descompactador con reja de aletas y disco que cierran el surco junto con el rodillo jaula. Apropriados para hacer la preparación del suelo en una sola pasada (cereales de invierno)



Sustituyen a las gradass de discos convencionales de tipo medio. La pantalla situada a la salida de los discos ayuda en la rotura de los terrones.

La profundidad de trabajo depende del di3metro de los discos y de los 3ngulos que forman con la direcci3n de avance y con la superficie del suelo.



El rotor accionado por la TDF permite reducir el esfuerzo de tracci3n que necesita el descompactador. Se puede asociar a una sembradora.



Preparación del suelo y siembra (Rau)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Grada y rodillo asociados a una sembradora para grano fino.



Arada y siembra (Kverneland)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Preparación del suelo con arada y siembra en una sola pasada.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Laboreo de conservación (presencia de residuo superficial) y siembra directa



Capítulo 03.3.-

Dentro de los aperos para el laboreo secundario hay algunos que permiten mantener el residuo en la superficie para controlar la erosión. Las operaciones realizadas con estos aperos se consideran como "laboreo de conservación" que incluye la siembra directa.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.3.-

Laboreo de conservación con residuo superficial



Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo

En esta 3ª Parte se desarrollan las técnicas de labranza que se utilizan en la agricultura conservacionista.



El laboreo de conservación

- **Selección de aperos:** eficiencia mecánica, perfección de su trabajo, simplicidad, bajo coste de operación,...
- **Escasa preocupación por sus efectos sobre el suelo.**
- **Tecnologías optimistas:** aumento de las cosechas; compensación de la degradación mediante fertilizantes.
- **Problemas que aparecen:** encostramiento, compactación y pérdida de suelo por erosión.
- **De un sistema cerrado a un sistema abierto autorregulado.**

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

La selección de los aperos se ha realizado tradicionalmente por su eficiencia mecánica, sin preocupación de los efectos que pueden tener sobre el suelo a largo plazo.

El aumento de las cosechas por la mejora de las semillas y el aporte de fertilizantes ha enmascarado los problemas de pérdidas de suelo por erosión.

Con la agricultura conservacionista se pretende manejar el suelo como un sistema abierto autorregulado (no hay proporcionalidad entre la acción y la reacción del medio), frente a la consideración del sistema cerrado tradicional en el que se compensen las extracciones con el aporte de fertilizantes minerales.



Preparación del suelo tradicional



quema del rastrojo



labranza con volteo



rotura de terrones



erosión hídrica

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

En la labranza tradicional, después de la quema del rastrojo se procedía a la labranza con volteo, seguida de un laboreo secundario para romper los terrones formados en suelos arcillosos muy secos.

Las lluvias de otoño producen erosión con pérdida de suelo en grandes cantidades.

Erosión hídrica con suelo desnudo

Una lluvia intensa supera la capacidad de infiltración del agua en el suelo

El agua arrastra los finos del suelo produciendo erosión que termina formando grandes cárcavas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Remolacha de ciclo otoñal sembrada en septiembre con técnicas de preparación de suelo tradicionales.

La erosión hídrica se inicia de forma laminar y termina formando grandes cárcavas.

Campo con remolacha en un suelo arcilloso (Cádiz - España). Distancia entre líneas de siembra de 50 cm.

Erosión en España

MUY ALTA
 > 50 t/año

ALTA
 > 12-30 t/año

MEDIA
 > 6-12 t/año

BAJA
 > 0-6 t/año

laminar

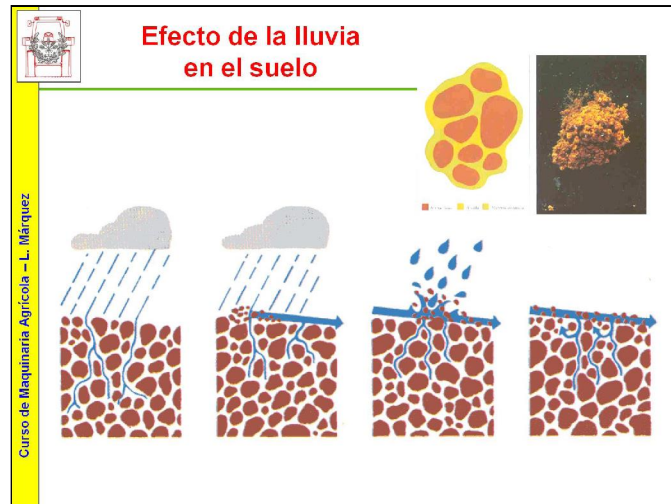
en surcos

en cárcavas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

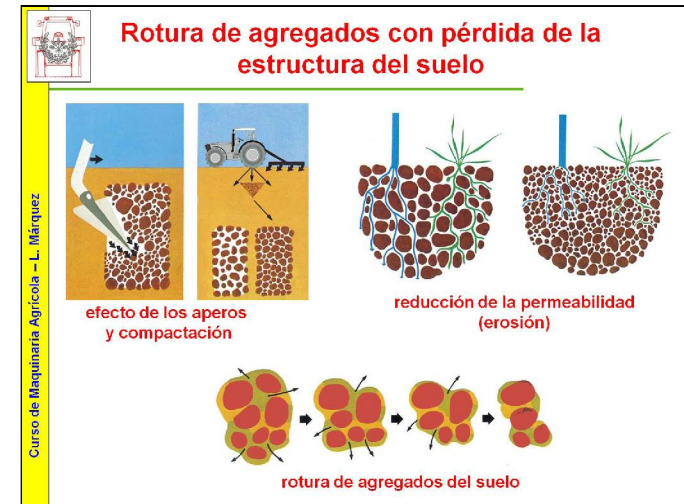
En los climas secos y con fuertes lluvias al comienzo del otoño se intensifican los fenómenos de erosión que se inician en forma laminar y finalizan formando cárcavas en suelos con pendientes.

En el SE de España la erosión es más intensa como consecuencia de la sequía que finaliza con lluvias de tipo torrencial a finales del verano y principios del otoño.



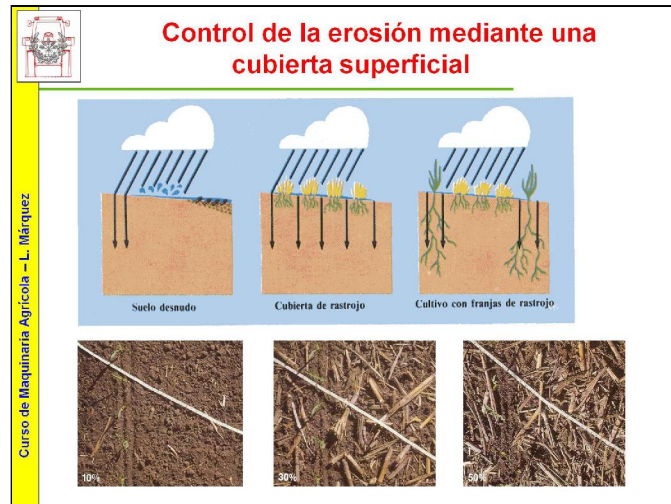
La lluvia al incidir sobre un suelo desnudo rompe los agregados del suelo, con lo cual se reduce la permeabilidad en las capas superiores.

Si continua la lluvia, el agua circula sobre la superficie del suelo (escorrentía) arrastrando las partículas más pequeñas (erosión hídrica).



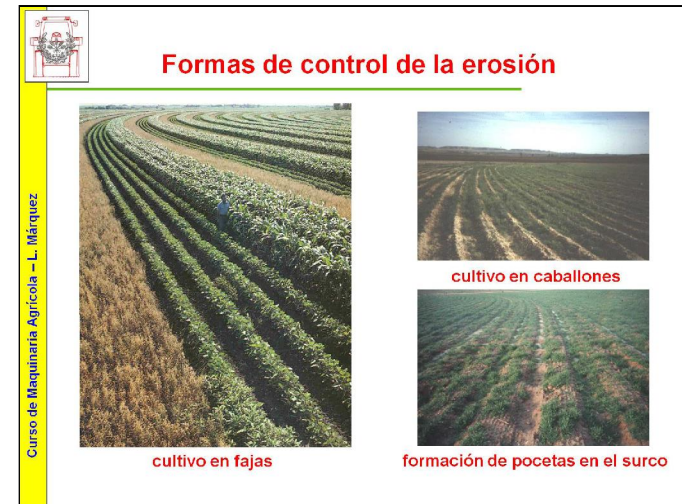
El trabajo del suelo rompe los agregados. El tránsito de las máquinas aumenta la compactación.

La estructura del suelo condiciona el desarrollo radicular y la infiltración del agua.



El suelo cubierto con restos del cultivo anterior puede actuar como protección evitando la erosión del suelo, siempre que la cobertura supere un nivel mínimo. Se considera que la cobertura con residuo debe superar el 30% de la superficie para que el control de la erosión sea adecuado.

Otra alternativa en el cultivo en fajas.



Para controlar la erosión, como alternativa al mantenimiento de suficiente residuos en la superficie, se puede utilizar el cultivo en fajas y las técnicas de formación de caballones y pocetas en los surcos que retienen el agua.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Labranza conservacionista con residuo superficial

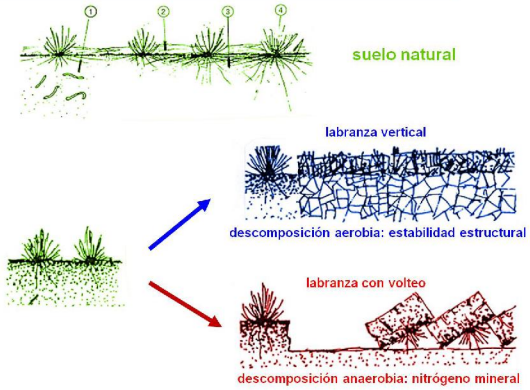
- Los herbicidas hacen posible el control de la vegetación adventicia sin tener que recurrir al laboreo del suelo.
- La lluvia y el riego, junto con el tránsito de las máquinas sobre el campo, producen una cierta compactación que dificulta el desarrollo radicular del cultivo.
- En determinados tipos de suelos los ciclos naturales de humectación y desecación mantienen un suelo estructurado en profundidad (suelos que se autolabran), lo que permitiría un "siembra directa" continuada.
- En otros casos, se necesita proceder a la descompactación profunda del suelo utilizando aperos que mantengan el residuo superficial.
- La reducción en la forma e intensidad en el laboreo del suelo, además de controlar la erosión, puede ayudar a reducir los costes de producción en lo que se denomina "Agricultura Sostenible".

El sistema más utilizado para controlar la erosión es mantener suficiente restos de cosecha en la superficie del campo.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Efecto de la labranza sobre los restos de cosecha



Cuando se incorpora el rastrojo al suelo se produce su descomposición en condiciones de poco oxígeno. La materia orgánica se transforma en mineral y es aprovechada por los cultivos.

Cuando el rastrojo queda en la superficie la descomposición en presencia de oxígeno favorece la formación de productos que actúan como aglomerantes mejorando la estructura del suelo.

A corto plazo, la labranza sin volteo exige un aumento del aporte de fertilizantes minerales (nitrógeno) para mantener la relación C/N.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Control de la erosión con residuo

REDUCCIÓN DEL RESIDUO SUPERFICIAL SOBRE RASTROJO DE MAÍZ TRABAJANDO CON DIFERENTES APEROS	
Operación:	Reduc. [%]
Arada con vertedera	95 – 100
Grada de discos pesada	
(discos de 24" de Ø a 6" de profundidad)	50 – 75
(discos de 24" de Ø a 3" de profundidad)	30 – 40
Chisel	
(brazo curvado)	50 – 60
(brazo recto)	20 – 25
Cultivador combinado	25 – 75
Escardillo rígido de ala ancha	10 – 30
Grada de discos ligera (tandem)	10 – 15
Barra escardadora	5 – 10
Sembradora para siembra directa	0 – 10



30%



50%

Se considera que se debe mantener en el suelo al menos el 30% de los residuos del cultivo anterior para controlar la erosión. Las diferentes operaciones reducen el residuo de manera progresiva.

En el caso de la siembra directa la acción sobre el residuo se limita a la que produce la botas de las sembradoras.

Se puede considerar el chisel y su combinación con cuchillas y discos el apero que permite un laboreo primario manteniendo cierto porcentaje de rastrojo en la superficie.

Para el laboreo secundario manteniendo el residuo superficial se han desarrollado aperos especiales, menos conocidos en Europa, como el escardillo rígido de ala ancha o la barra escardadora

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Laboreo primario con residuo superficial




Cultivador de campo:
cuchillas+chisel

- Discos o cuchillas de 510 mm de ϕ ; separación 300 mm.
- Brazos a 350 mm.
- Residuo eliminado:
25 - 75%
- Profundidad máxima:
25 - 30 cm.
- Velocidad: 6 - 10 km/h.

El chisel solo o combinado con cuchillas o discos permite realizar un laboreo primario del suelo manteniendo un elevado porcentaje de rastrojo en la superficie. Dependiendo del tipo de reja utilizada el porcentaje de residuo enterrado cambia. La incorporación de los restos de cosecha se realiza en la parte superior del perfil labrado.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Laboreo secundario con residuo superficial

Escardillo rígido de ala ancha (sweep)



- **Anchura:** 0.60 - 1.50; 1.80 - 2.40 m.
- **Angulo:** suelos duros: 60 - 70° (penetración).
suelos friables: 85 - 90° (control de malezas).
- **Incidencia horizontal:** 0 - 35°.
- **Despeje:** 0.45 m; **Profundidad de trabajo** 7 - 10 cm.
- **Residuo eliminado:** 10 - 15%; **Velocidad:** 6 - 9 km/h.

Los escardillos son aperos diseñados para el laboreo secundario manteniendo gran parte del rastrojo en la superficie.

Lo forman láminas en V (o rectas) que cortan la vegetación y rompen la capilaridad del suelo ligeramente por debajo de la superficie.

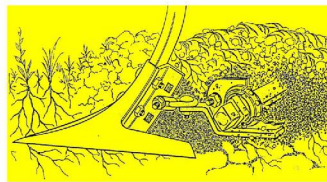
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Laboreo secundario con residuo superficial

Barra escardadora (rod-weeders)







- **Dimensiones:** sección de 2.0 - 2.5 cm.
- **Tipos:** loca y accionada (50 - 150 rev/min).
- **Profundidad de trabajo:** 5 - 15 cm.
- **Longitud sección:** locas: 0.90 - 1.05 m; accionadas: 2.30 - 4.30 m.
- **Tracción:** 1/4 cultivador;
- **Residuo eliminado:** 10 - 15%; **Velocidad:** 6 - 9 km/h.

Hacen un trabajo similar al de los escardillos y para ello utilizan una barra, de sección cuadrada o circular, montada sobre rodamientos especiales, que gira en el interior del suelo.



Compactación inducida por el tránsito de máquinas



- Eliminación de operaciones innecesarias: **labranza reducida.**
- Evitar el tránsito de máquinas sobre suelos húmedos.
- Formas de **descompactar** el suelo **sin invertir el perfil.**




suelos con mala estructura

Se necesita realizar laboreo primario cuando se produce la compactación profunda del suelo, y laboreo secundario cuando la superficie no está nivelada y dificulta la preparación del lecho de siembra realizado solo con la bota de la sembradora. (Ver el siguiente cuadro)



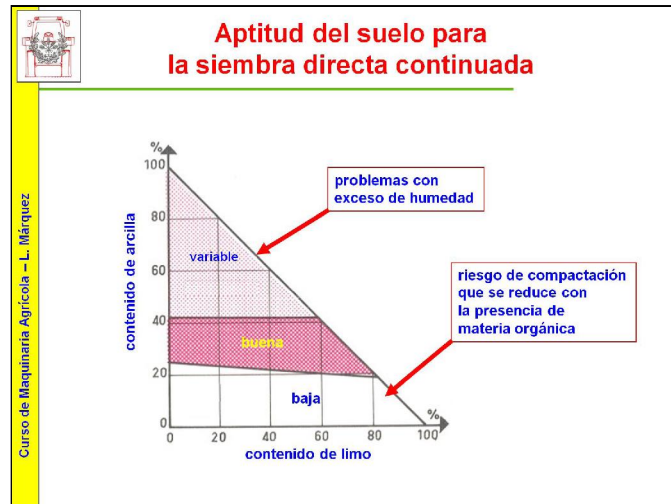
Tipo de labranza recomendada

Suelo compactado en profundidad	Suelo fisurado en profundidad	
	Superficie nivelada	Superficie irregular
Laboreo primario + laboreo secundario + sembradora	Siembra directa (tipo de sembradora)	Laboreo secundario + sembradora

Para poder hacer siembra directa se necesita un suelo nivelado en la superficie y fisurado en profundidad. La sembradora se encarga de preparar el lecho de siembra, pero nunca modifica el perfil del suelo en el que se desarrolla el cultivo.

Si el suelo está compactado en profundidad es imprescindible el laboreo primario del suelo.

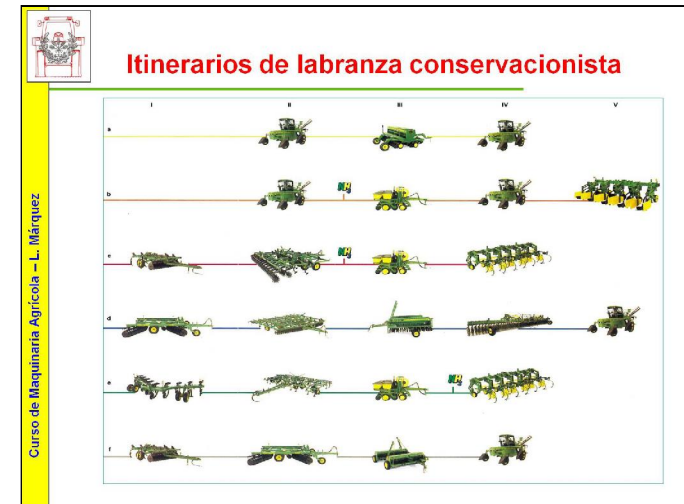
En un suelo con superficie irregular se necesita un laboreo secundario complementario de la acción de la bota de la sembradora.



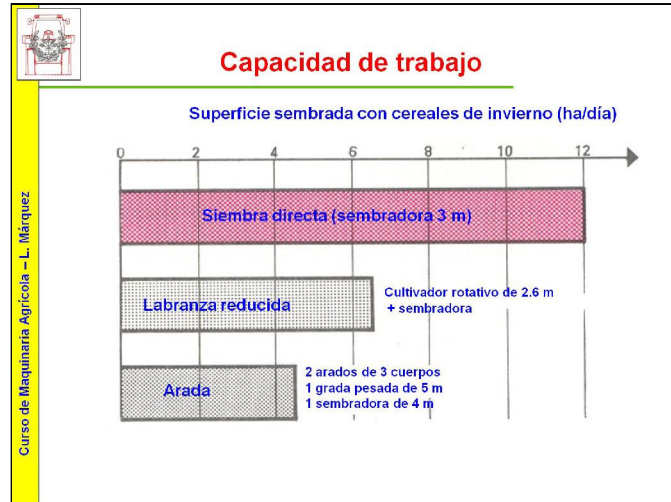
Para poder hacer siembra directa continuada se necesita un suelo con más de un 20% de arcilla. Cuando el porcentaje de arcilla supera el 40% aumentan las dificultades para trabajar el suelo cuando lo hace el contenido de humedad.

En caso contrario, la siembra directa puede hacerse, pero periódicamente habrá que realizar labores que produzcan la descompactación del suelo.

El aumento del contenido de materia orgánica en el suelo ayuda a mantener su estructura con siembra directa continuada.

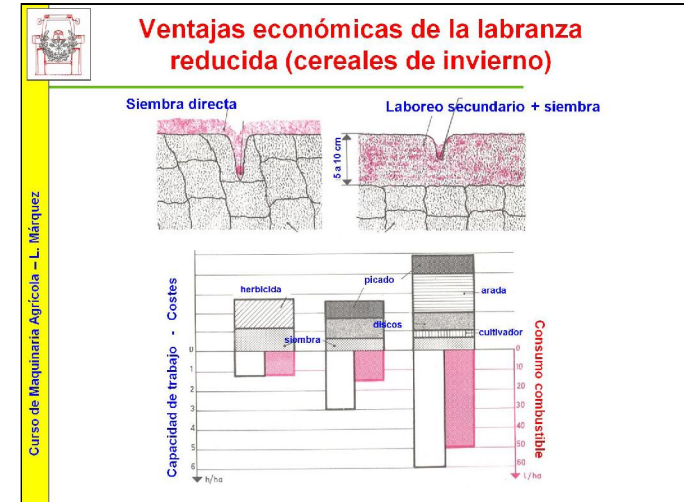


Además de con siembra directa, se pueden realizar labranza conservacionista con otros tipos de aperos. Serán las condiciones agronómicas y económicas las que orienten en uno u otro sentido.

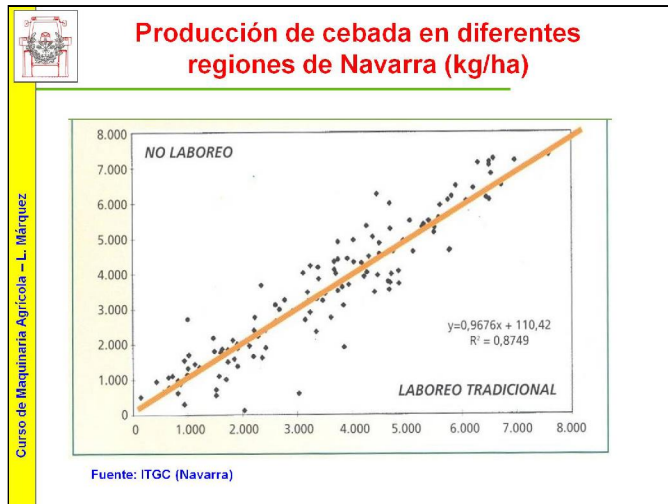


En este gráfico se comparan las capacidades de trabajo con diferentes alternativas para el cultivo de cereales de invierno.

La siembra directa permite aumentar considerablemente la capacidad de trabajo, frente a la labranza reducida o la preparación del suelo con arada.



Además de aumentar la capacidad de trabajo se pueden reducir los costes de operación y el consumo de combustible.



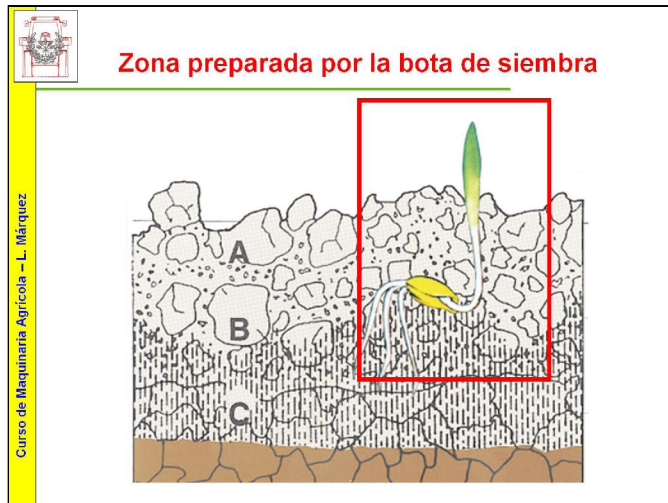
La producción aumenta con la pluviometría, con independencia de que se realice siembra directa o labranza tradicional. Con la siembra directa (no laboreo) se aprovecha mejor el agua que llega al suelo.

Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Sembradoras para siembra directa

Las sembradoras para la siembra directa se caracterizan por los elementos de apertura y tapado del surco que permiten preparar el lecho de siembra y depositar la semilla en un suelo en el que abundan los residuos vegetales.



La sembradora para siembra directa solo trabaja la parte de suelo en la que se sitúan las semillas. La forma del surco debe adaptarse a las características de la semilla para la especie vegetal que se siembra.

Máquinas para la siembra directa y semi-directa

- **Sustituir el laboreo secundario**
 - Presencia de residuos.
 - Grado de compactación de la superficie.
 - Espaciamento entre líneas.
- **Características esenciales**
 - Capacidad para trabajar con residuos.
 - Robustez y peso suficiente (100 a 200 kg/bota).
 - Preparación de una banda de suelo (5-8 cm de anchura y 7-15 de profundidad).
 - Control de la profundidad de siembra (2-8 cm)
 - Cubrir la semilla con tierra fina y asentar.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Particularidades de las sembradoras para siembra directa y semi-directa.

Se pueden utilizar diferentes tipos de cuchillas (apertura del surco) y de botas de siembra (depósito de la semilla en el suelo).



Componentes del tren de siembra de una sembradora de grano grueso



- Dosificadores de semillas y fertilizante
- Barre rastrojos
- Cuchillas labradoras
- Abresurcos de fertilizante
- Abresurcos de semillas
- Ruedas de control de profundidad
- Ruedas asentadoras de semillas
- Ruedas tapadoras de surcos

La siembra directa de cultivos como el maíz o la soja exige sembradoras con unas características diferentes a las que se utilizan con los cereales de invierno (granos finos). También las separaciones entre líneas son mayores.

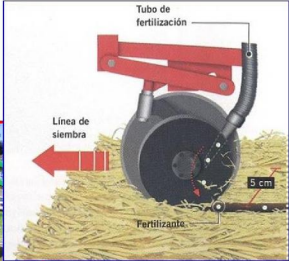
Seguidamente se presentan los diferentes elementos que forman el cuerpo de la sembradora para la siembra directa de granos gruesos.



Componentes del tren de siembra

Fertilización





Colocar el fertilizante lateralmente a la línea de siembra

El primer disco realiza un surco paralelo a la línea de siembra y simultáneamente deposita el fertilizante que recibe de su tolva.



Fertilización simultánea con la siembra

- Necesaria para fertilización con abonos tóxicos (nitrogenados en alta dosis)
- Con doble fertilización (dosis alta)
- Mayor demanda de potencia
- Removido adicional del suelo




Cuchilla simple o doble

La fertilización lateral es necesaria cuando se aportan grandes dosis de fertilizante. La incorporación del sistema de fertilización lateral resulta difícil cuando la masa de restos de cosecha es muy abundante o cuando se trabaja en suelos fuertes.



Barredores de rastreo

Con rastreo abundante:

- Barren la línea de siembra
- Anchura de barrido de 10 a 15 cm
- Favorece la insolación y aumenta la temperatura del suelo (zonas frías)





Para sembrar cuando los restos de cosecha que cubren el campo son muy abundantes se pueden utilizar los barredores de rastreo que despejan la zona en la que se realiza el surco para depositar la semilla.

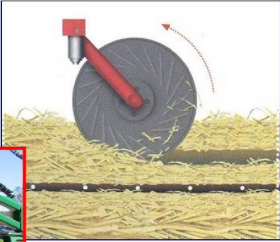
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Componentes del tren de siembra

Corte del rastrojo con cuchilla circular





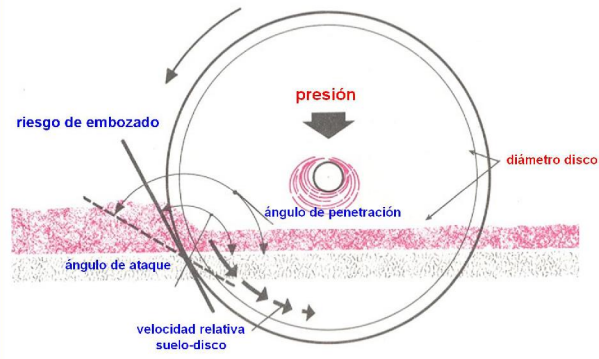
- Preparan el camino del abresurcos
- Establecen la **profundidad de siembra**
- Crean tierra fina que en el fondo del surco

Se realiza mediante una cuchilla circular de filo recto u ondulado que corta y separa el rastrojo. Determina la profundidad de siembra y crea tierra fina en la zona en la que se depositará la semilla.

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Importancia del diámetro de la cuchilla

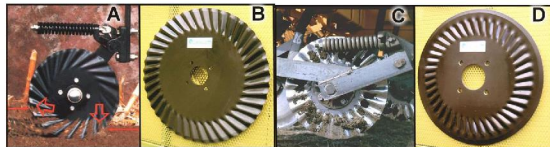


Una cuchilla de mayor diámetro facilita el corte del rastrojo, pero requiere más presión vertical para penetrar en un suelo endurecido.



Tipos de cuchillas y su regulación

- **Corte de la cubierta:**
 - Disco giratorio (diámetro: corte de la cubierta y penetración)
 - Separación del residuo (varilla lateral)
- **Tipo de borde:**
 - Liso, rizado, ondulado, con púas...
- **Ajuste en posición:**
 - Respecto al plano de la bota
 - En profundidad

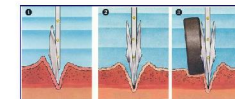
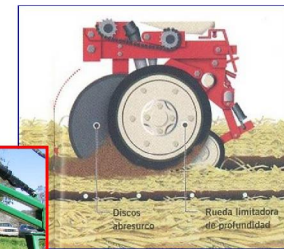


A medida que aumenta la rugosidad del borde de la cuchilla se produce mayor cantidad de tierra fina en el surco y requiere mayor carga vertical para hacerla penetrar en el suelo.



Componentes del tren de siembra

Apertura del surco y siembra



Los discos abren un surco en V sobre la que se deposita la semilla. Una rueda de goma, algo más retrasada limita la profundidad de siembra que está entre 2 y 5 cm según el tipo de semilla.

La semilla se empuja al fondo del surco mediante una rueda asentadora o un lengüeta. Para cereales de invierno también se utilizan botas de siembra con disco único.



Las ruedas tapadoras depositan tierra en el surco por encima de la semilla y el fertilizante.



Las sembradoras para cereales de invierno (y otros granos finos) permiten la implantación del cultivos menos exigentes en relación con el lecho de siembra (trigo, cebada, etc.). Las líneas de siembra están más próximas, lo que complica la siembra directa con abundante residuo superficial.

Es frecuente que cuchilla y bota de siembra formen un solo bloque, reduciendo la longitud y la anchura del cuerpo de siembra.



La bota de siembra (1)

Elección del estado del suelo, perfil de corte deseado y facilidad de regulación (cierta subjetividad)

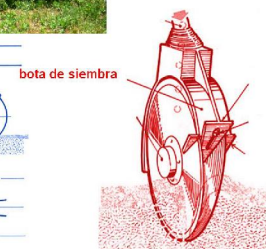
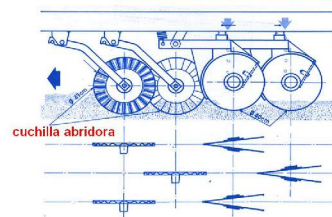
■ Disco en ángulo con la dirección de avance:

- Buena penetración con abundantes residuos
- Peso reducido y bajo coste
- Buena cobertura de la semilla
- Baja demanda de potencia
- Necesidad de contar con un bastidor robusto
- Diseño cuidado (la variación del ángulo de corte)

Ventajas e inconvenientes de las sembradoras de siembra directa con disco en ángulo.



Sembradoras para la siembra a chorrillo: 2.-Triple disco (cuchilla + bota)



La cuchilla abridora se puede situar por delante, y cuchilla y bota de siembra (doble disco) trabajan sobre la misma línea.



La bota de siembra (2)

Elección del estado del suelo, perfil de corte deseado y facilidad de regulación (cierta subjetividad)

■ Disco doble en V

- Gran versatilidad para diferentes condiciones de siembra
- Suelos con residuos (cuchilla delantera)
- Rueda sobre piedras y obstáculos
- Adaptación a suelos húmedos
- Mayor coste de adquisición
- Ajuste cuidadoso (alineación y tapado de la semilla)

Ventajas e inconvenientes de las sembradoras de siembra directa con discos en V.



Sembradoras para la siembra a chorrillo: 3.- Rejas en varias filas



Julio Gil



Solá



cuchilla delantera

Se prefieren para trabajar sobre suelos duros cuando el residuo no es muy abundante. En condiciones de más residuo las rejas se sitúan en 3 ó 4 filas, y se puede colocar una cuchilla circular por delante de la reja.



La bota de siembra (3)

Elección del estado del suelo, perfil de corte deseado y facilidad de regulación (cierta subjetividad)

- **Bota fija:**
 - Suelos en malas condiciones físicas
 - Fácil de ajustar
 - Bajo coste relativo
 - Dificultad para trabajar con piedras y raíces
 - Acumulación de residuos
 - Levanta terrones en suelos muy secos
 - Mayor demanda de potencia

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Ventajas e inconvenientes de las sembradoras de siembra directa con bota (reja) fija.



El nivel de residuo condiciona la elección de la sembradora




Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

En función del tipo de cultivo y de los restos de cosecha presentes se eligen los cuerpos de la sembradora y la estructura del conjunto.