



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.3.-

Laboreo de conservación con residuo superficial



**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

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.**

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

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



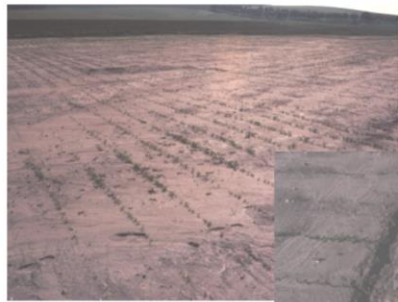
En la labranza tradicional, después de la quema del rastrojo se procedía a la labranza con volteo, seguida de un laboreo secundario para romper los terrones formados en suelos arcillosos muy secos.

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



Erosión hídrica con suelo desnudo

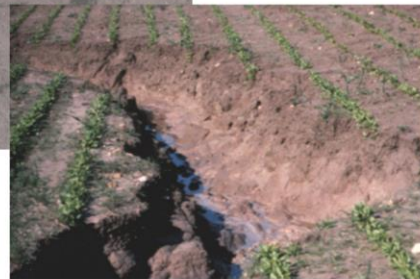
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



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



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

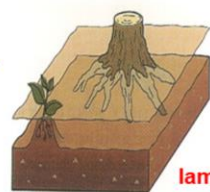
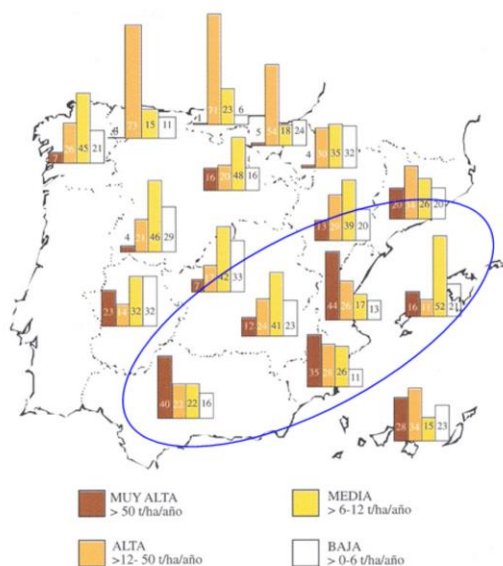
La erosión hídrica se inicia de forma laminar y termina formando grandes cárcavas.

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

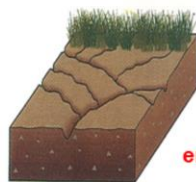


Erosión en España

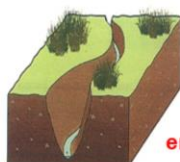
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



laminar



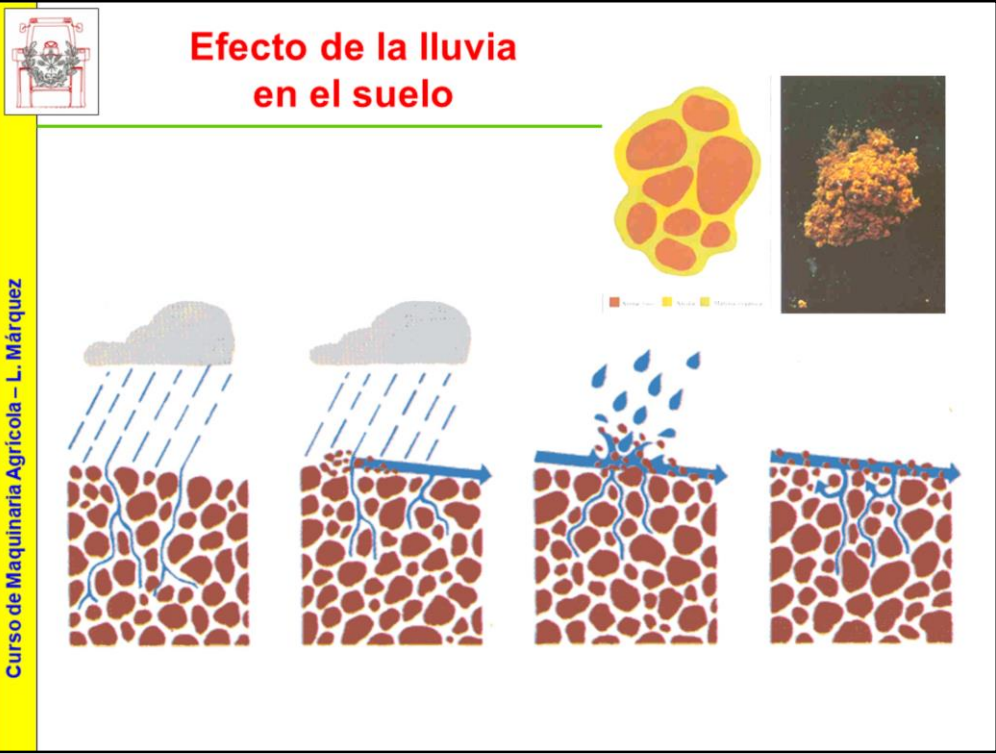
en surcos



en cárcavas

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).

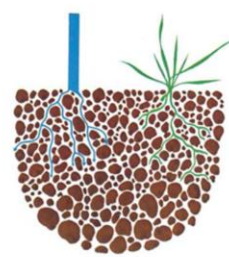
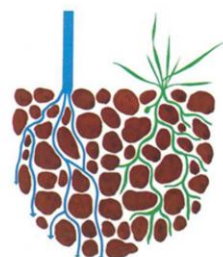
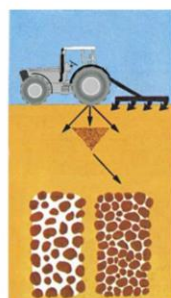


Rotura de agregados con pérdida de la estructura del suelo

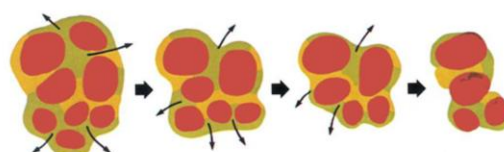
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



efecto de los aperos
y compactación



reducción de la permeabilidad
(erosión)



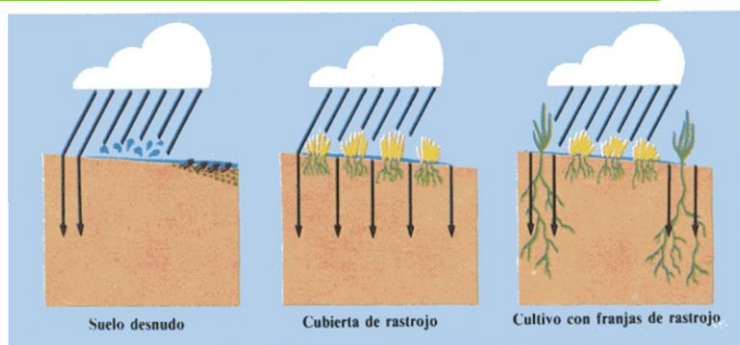
rotura de agregados del suelo

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.



Control de la erosión mediante una cubierta superficial

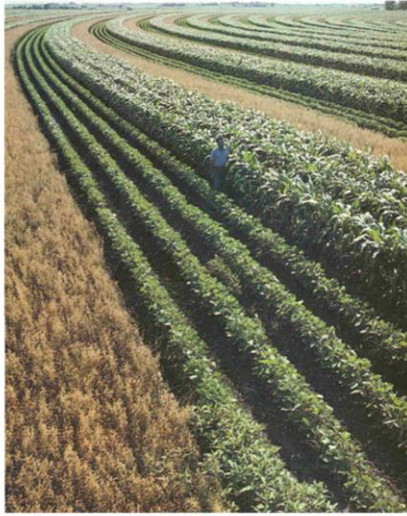


El suelo cubierto con restos del cultivo anterior puede actuar como protección evitando la erosión del suelo, siempre que la cobertura supere un nivel mínimo. Se considera que la cobertura con residuo debe superar el 30% de la superficie para que el control de la erosión sea adecuado.

Otra alternativa en el cultivo en fajas.



Formas de control de la erosión



cultivo en fajas



cultivo en caballones



formación de pocetas en el surco

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.



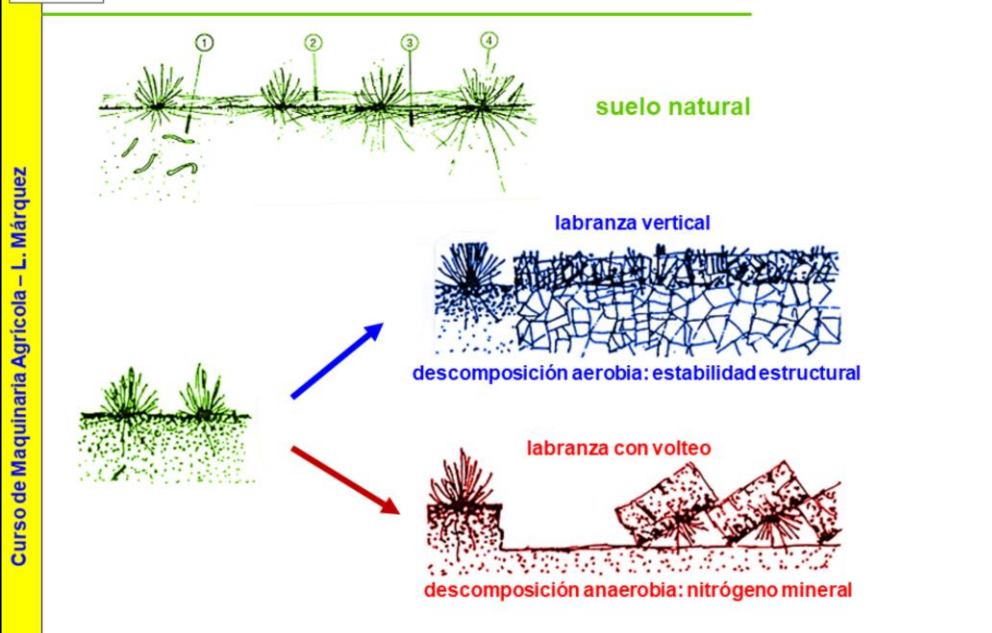
Labranza conservacionista con residuo superficial

- 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.



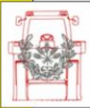
Efecto de la labranza sobre los restos de cosecha



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.



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



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



Laboreo primario con residuo superficial



Cultivador de campo: cuchillas+chísel

- 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 chísel 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.



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.

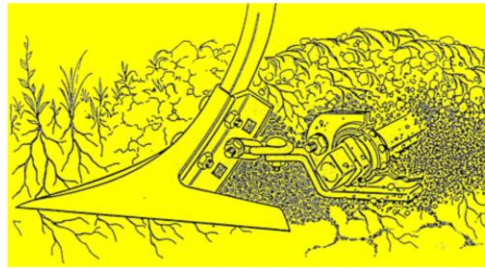
Los escardillos son aperos diseñados para el laboreo secundario manteniendo gran parte del rastrojo en la superficie.

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



Laboreo secundario con residuo superficial

Barra escardadora (rod-weeders)



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

- **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

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

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.

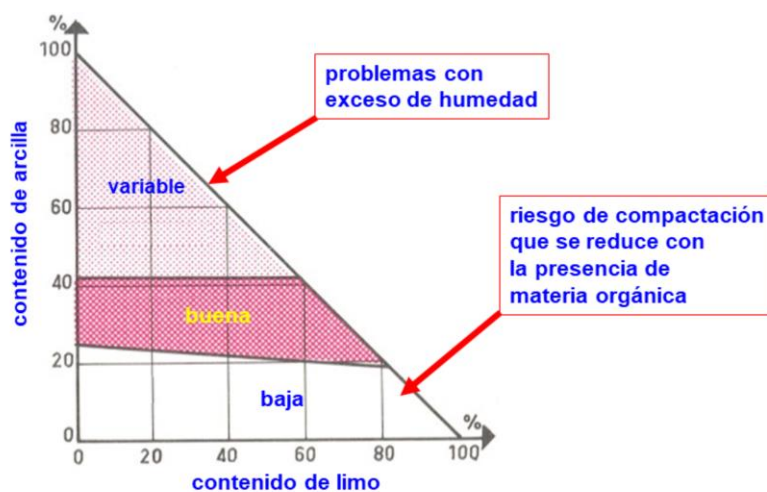
Si el suelo está compactado en profundidad es imprescindible el laboreo primario del suelo.

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



Aptitud del suelo para la siembra directa continuada

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



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.

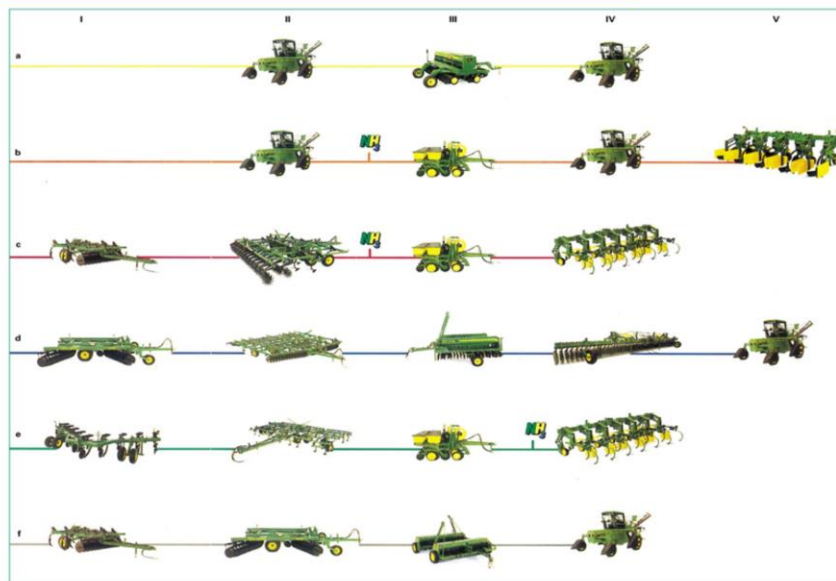
En caso contrario, la siembra directa puede hacerse, pero periódicamente habrá que realizar labores que produzcan la descompactación del suelo.

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



Itinerarios de labranza conservacionista

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

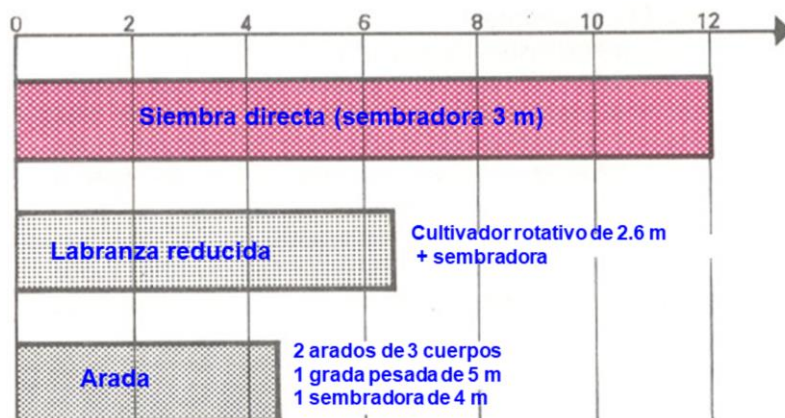


Además de con siembra directa, se pueden realizar labranza conservacionista con otros tipos de aperos. Serán las condiciones agronómicas y económicas las que orienten en uno u otro sentido.



Capacidad de trabajo

Superficie sembrada con cereales de invierno (ha/día)



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

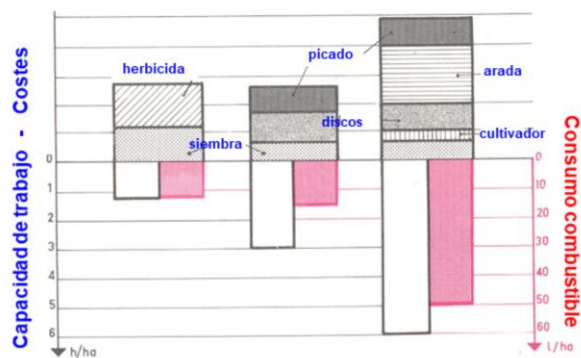
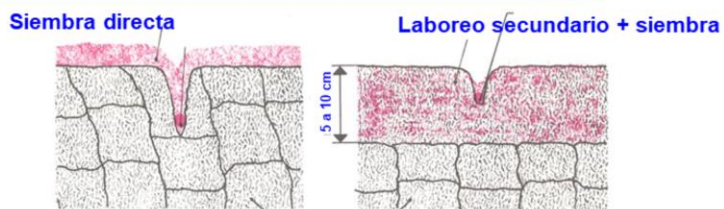
En este gráfico se comparan las capacidades de trabajo con diferentes alternativas para el cultivo de cereales de invierno.

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



Ventajas económicas de la labranza reducida (cereales de invierno)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

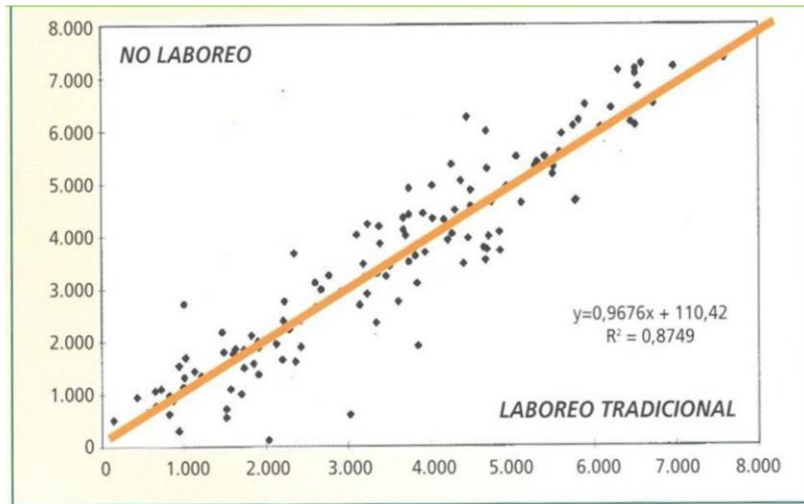


Además de aumentar la capacidad de trabajo se pueden reducir los costes de operación y el consumo de combustible.



Producción de cebada en diferentes regiones de Navarra (kg/ha)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Fuente: ITGC (Navarra)

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

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

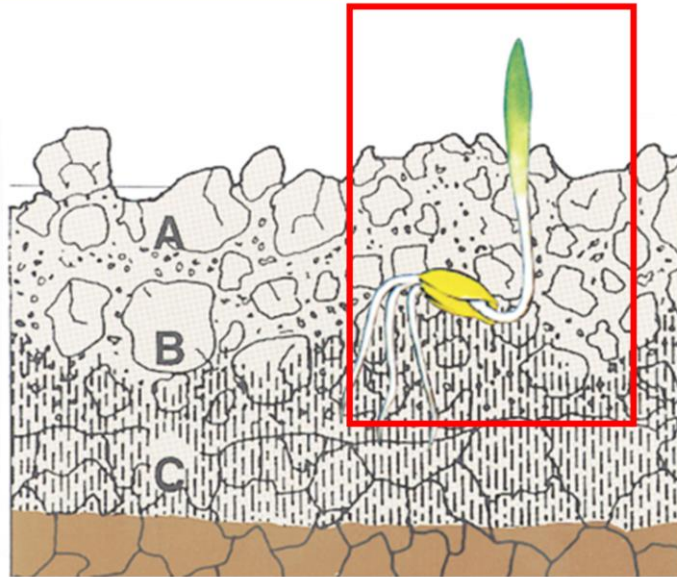
**Equipos para el
trabajo del suelo**

**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.



Zona preparada por la bota de siembra



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.
 - Espaciamiento 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.

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

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



- 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

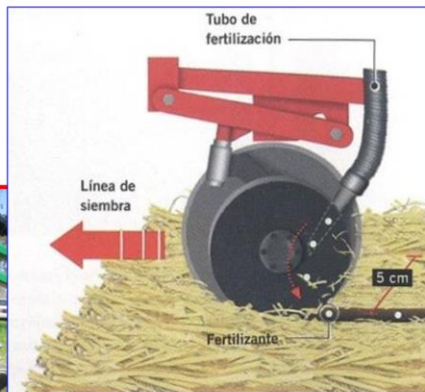
La siembra directa de cultivos como el maíz o la soja exige sembradoras con unas características diferentes a las que se utilizan con los cereales de invierno (granos finos). También las separaciones entre líneas son mayores.

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

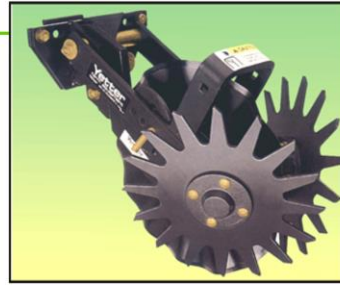
La fertilización lateral es necesaria cuando se aportan grandes dosis de fertilizante. La incorporación del sistema de fertilización lateral resulta difícil cuando la masa de restos de cosecha es muy abundante o cuando se trabaja en suelos fuertes.



Barredores de rastrojo

Con rastrojo 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)

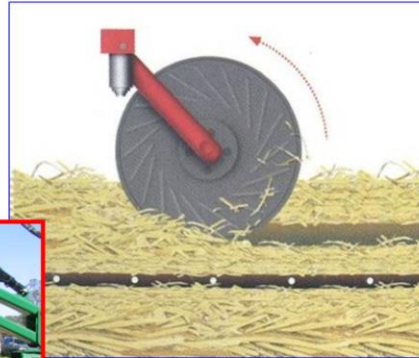


Para sembrar cuando los restos de cosecha que cubren el campo son muy abundantes se pueden utilizar los barredores de rastrojo que despejan la zona en la que se realiza el surco para depositar la semilla.



Componentes del tren de siembra

Corte del rastrojo con cuchilla circular



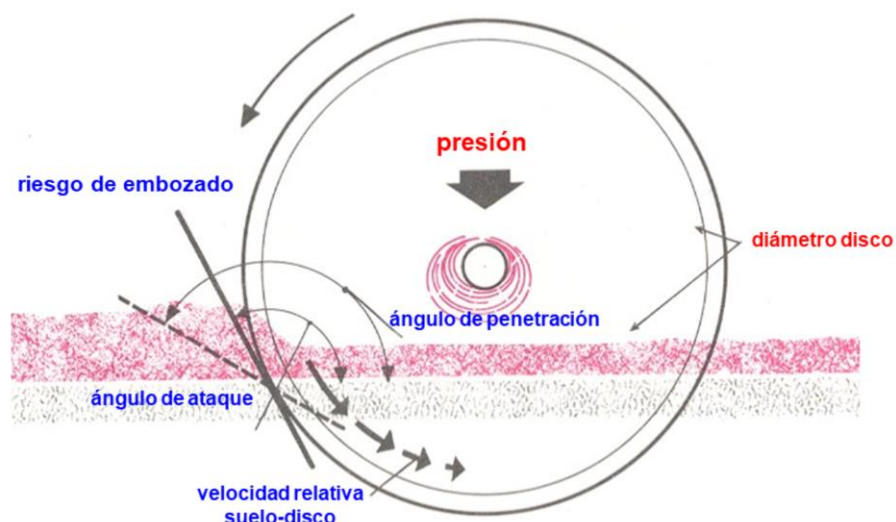
- Preparan el camino del abresurcos
- Establecen la **profundidad de siembra**
- Crean tierra fina que en el fondo del surco

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.



Importancia del diámetro de la cuchilla

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

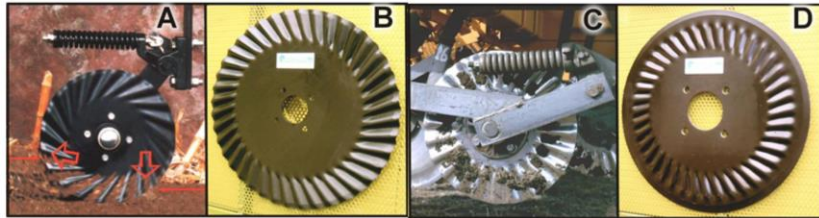


Una cuchilla de mayor diámetro facilita el corte del rastrojo, pero requiere más presión vertical para penetrar en un suelo endurecido.

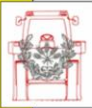


Tipos de cuchillas y su regulación

- **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



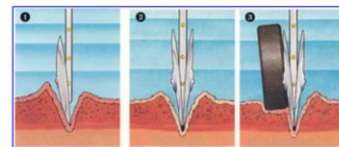
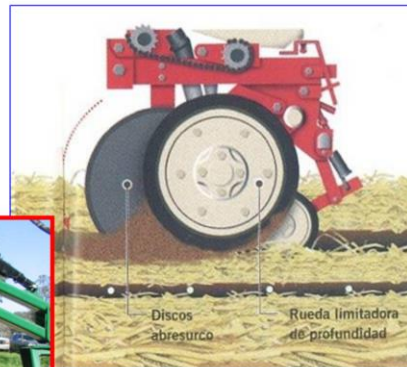
A medida que aumenta la rugosidad del borde de la cuchilla se produce mayor cantidad de tierra fina en el surco y requiere mayor carga vertical para hacerla penetrar en el suelo.



Componentes del tren de siembra

Apertura del surco y siembra

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



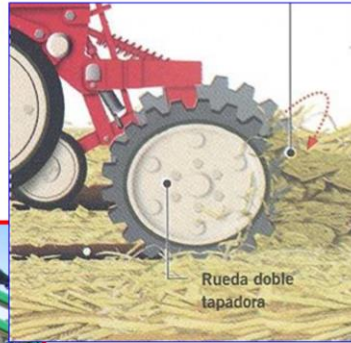
Los discos abren un surco en V sobre la que se deposita la semilla. Una rueda de goma, algo más retrasada limita la profundidad de siembra que está entre 2 y 5 cm según el tipo de semilla.

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.



Componentes del tren de siembra

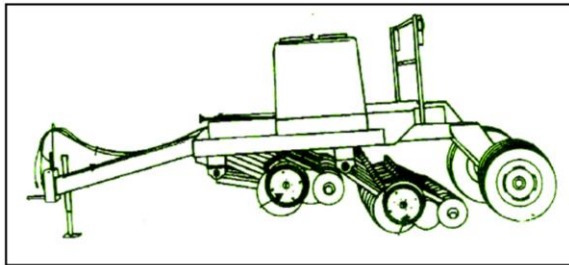
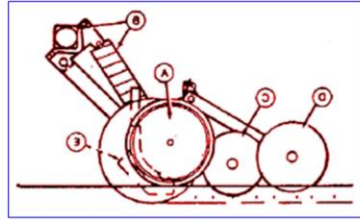
Tapado del surco



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



Sembradoras para la siembra a chorrillo: 1.- Disco único y en ángulo



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)

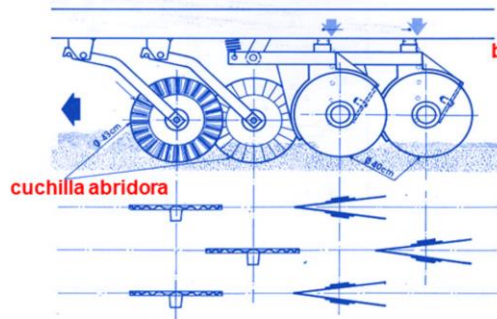
- **Disco en ángulo con la dirección de avance:**
 - Buena penetración con abundantes residuos
 - Peso reducido y bajo coste
 - Buena cobertura de la semilla
 - Baja demanda de potencia
 - Necesidad de contar con un bastidor robusto
 - Diseño cuidado (la variación del ángulo de corte)

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

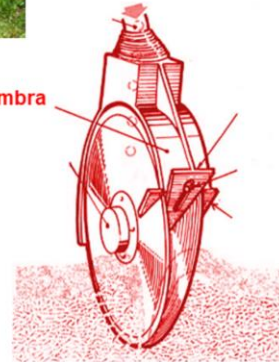


Sembradoras para la siembra a chorrillo: 2.-Triple disco (cuchilla + bota)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



bota de siembra



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

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



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

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.



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.3.-

Laboreo de conservación con residuo superficial



**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**