



SEPTIEMBRE 1971 MANEJO de SUELOS 11

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA FACULTAD DE AGRONOMIA
ESTACION EXPERIMENTAL "DR. MARIO A. CASSINONI" PAYSANDU
BOLETIN DE DIVULGACION

Septiembre (Nº 1)
1971 (Nº 1)

Producción Vegetal

MANEJO de SUELOS



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTACION EXPERIMENTAL DE PAYSANDU
"Dr. Mario A. Cassinoni"

BOLETIN DE DIVULGACION

PRODUCCION VEGETAL

<u>Manejo de Suelos - Setiembre de 1971</u>	<u>Número 1</u>
Contenido	Páginas
Laboreo	
E. Beltramini y E. Marchesi	1
Erosión y conservación de suelos	
E. Marchesi	45
Rotaciones	
E. Marchesi	97

LABOREO.

E. Beltramini
E. Marchesi

Introducción.

El laboreo consiste en las diversas manipulaciones mecánicas del suelo para hacerlo más apto para el crecimiento de las plantas cultivadas.

El laboreo es importante desde el punto de vista económico ya que es una de las operaciones más costosas de la agricultura. Por lo tanto el ajustar el número y la intensidad de los trabajos realizados para preparar la tierra al mínimo compatible con buenos rendimientos, resulta en una reducción importante de los costos de instalación de los cultivos.

La preparación del suelo tiene tres propósitos fundamentales:

- 1) Aflojar la capa superior para permitir un buen contacto entre la semilla y el suelo al mismo tiempo que favorecer el crecimiento de las raíces.
- 2) Destruir la vegetación existente para eliminar la competencia entre ella y las plantas sembradas;
- 3) Mezclar los residuos vegetales existentes en el suelo para favorecer su descomposición e integración al mismo.

Propiedades del suelo que condicionan el laboreo.

La propiedad del suelo que fundamentalmente condiciona el laboreo es la consistencia que depende del modo de acción de las fuerzas de adhesión, cohesión y coherencia. La fuerza de adhesión es la que existe entre el agua del suelo y las partículas sólidas; esta fuerza es la que hace que un suelo con suficiente agua se adhiera a cualquier objeto de metal o madera.

La cohesión es la fuerza que mantiene unidas a las partículas sólidas del suelo a través de las pequeñas capas de agua que existen entre ellas; en este caso el agua interviene como puente de unión. La coherencia es la fuerza de atracción que se da entre partículas sólidas en contacto directo.

Como se desprende de lo anterior, es claro que la consistencia del suelo depende fundamentalmente de su contenido de agua, aunque la cantidad de materia orgánica y el tipo de arcilla también tengan su efecto.

Con alto contenido de agua el suelo se presenta viscoso y fluye; a medida que se va secando se endurece, poniéndose primero pegajoso y luego plástico y suave. Si sigue disminuyendo el porcentaje de agua, pasa por el estado friable donde se desagrega fácilmente ante cualquier presión y luego, cuando está seco, se vuelve duro y áspero. Como el porcentaje de agua modifica drásticamente las propiedades del suelo también afecta de manera fundamental el laboreo del mismo y por lo tanto un mismo trabajo dará resultados muy diferentes según el estado del suelo como se esquematiza en el Cuadro 1.

A bajos contenidos de humedad el suelo se presenta duro y muy coherente debido al efecto cementante de las partículas de arcilla, si se realizan labores en estas condiciones se producen terrones grandes.

CUADRO 1. RELACIONES ENTRE EL ESTADO DEL SUELO Y LAS CONDICIONES PARA EL LABOREO

Estado del suelo	Consistencia	Condiciones para el laboreo
Seco	Duro	Formación de terrones
Húmedo	Friable	Óptimas condiciones de trabajo.
Kojado	Plástico	Formación de lodo y amasado del suelo.
	Viscoso	El suelo fluye.

Cuando aumenta el porcentaje de humedad se forman películas discontinuas de agua entre las partículas de arcilla lo cual disminuye la coherencia, haciéndose el suelo friable. Es en este rango de consistencia en que se presentan las condiciones óptimas para el laboreo del suelo.

Si el agua aumenta nuevamente, se forma una película continua alrededor de las partículas lo que causa la cohesión entre las mismas, haciendo que tiendan a mantenerse unidas dándole al suelo plasticidad. Si se trabaja en estas condiciones se produce un "amasado" del suelo que al secarse dará origen a agregados grandes y fuertemente cementados. En el estado plástico algunos suelos son pegajosos, en tanto que otros no presentan esta característica hasta estar muy próximos a la consistencia viscosa.

Límites de Atterberg: Atterberg estudió el comportamiento del suelo en el rango de humedad en que existe plasticidad y sugirió tres valores fundamentales.

1) Límite superior de plasticidad: es el

contenido de agua en el cual el suelo comienza a fluir lentamente bajo una presión.

2) Límite inferior de plasticidad: es el contenido de agua en el que el suelo permite aunque con dificultad ser amasado y moldeado en forma de un rodillo similar a un alambre.

3) Número de plasticidad: es la diferencia entre el límite superior e inferior de plasticidad.

El límite inferior de plasticidad representa el contenido de agua en el cual el suelo pasa del estado de consistencia friable a plástico. En este momento hay suficiente agua como para permitir la formación de una película alrededor de cada partícula, por lo tanto en este punto es donde comienza a producirse la orientación y deslizamiento de una partícula sobre otra ante una presión.

El contenido de agua en el que se produce el límite inferior de plasticidad depende de la cantidad y naturaleza del material coloidal (arcilla y humus) presente. El contenido de coloide determina el número de películas y el tipo de coloide condiciona la cantidad de agua a ser absorbida antes de la formación de una película en cada punto de contacto.

En el límite superior de plasticidad, el contenido de agua es tal que las películas se vuelven demasiado gruesas, disminuyendo de esta manera la cohesión y el suelo fluye ante la aplicación de una fuerza. En este momento la mayoría de las películas se unen para llenar casi todo el espacio poroso del suelo.

El número de plasticidad está en función del número de películas de agua y representa la can-

tidad de agua que hay que agregarle al suelo para aumentar la distancia entre las partículas - (como consecuencia de un incremento en el espesor de las películas), desde el momento de dejar de ser friable hasta que comienza a fluir.

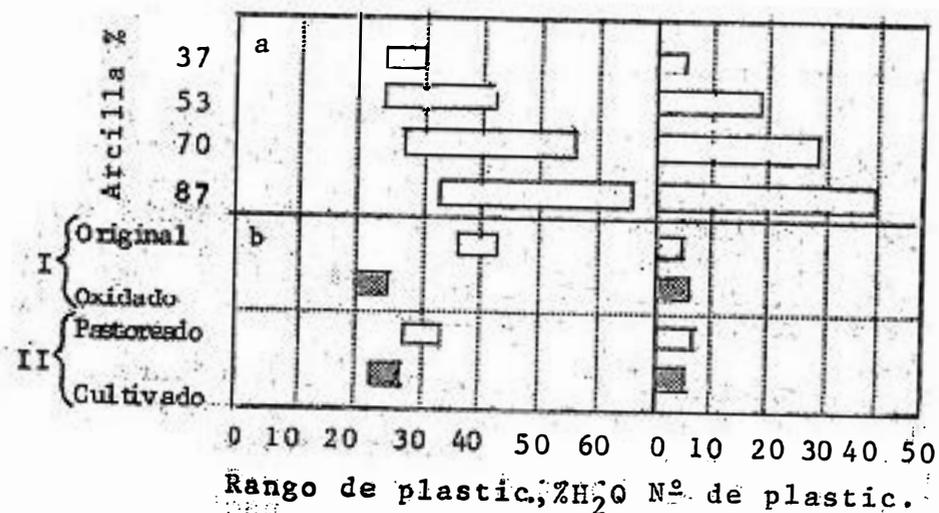
Factores que afectan las constantes de Atterberg.

Contenido de arcilla: como ya se vio la plasticidad del suelo está en función del contenido de partículas finas. El aumento en el porcentaje de arcilla hace que se eleve el contenido de humedad al cual se producen ambos límites de plasticidad, aumentando al mismo tiempo el número de plasticidad como se esquematiza en la figura 1a.

Para obtener lo expresado en la figura se partió de un suelo arcilloso al que se le fue agregando limo. Se observa que el contenido de agua en el límite inferior de plasticidad de crece a medida que hay una disminución relativa de arcilla. Ello se debe a que se requiere más agua para formar una película alrededor de las partículas de arcilla que alrededor de las partículas de limo, debido a la menor superficie externa de este último. Por otra parte una disminución en el contenido de arcilla baja rápidamente el límite superior de plasticidad, y en consecuencia decrece el número de plasticidad. El suelo con 87% de arcilla absorbe mucha agua, produciendo un gran número de películas, antes de que las mismas sean lo suficientemente espesas como para que el suelo fluya. El suelo con 37% de arcilla requiere un contenido mucho menor de agua para empezar a fluir.

Se ve por lo tanto que el número de plasticidad depende fundamentalmente del número de películas de agua, y este último a su vez tiene una estrecha relación con el contenido de arcilla. Experimentalmente se obtuvo la siguiente función lineal entre el número de plasticidad y contenido de arcilla :

FIGURA 1



Naturaleza de los minerales del suelo: para estudiar en que forma es afectada la plasticidad por los minerales de los cuales se forma el suelo, Atterberg molió varios minerales llevando las partículas a tamaño arcilla y determinando la plasticidad. Pudo observar que sólo aquellos minerales que tienen estructura laminar muestran plasticidad al ser molidos (caolinita, talco, muscovita, biotita, etc.), en cambio esto no sucede en minerales con estructura similar al cuarzo o feldespato. Las diferencias se atribuyen a una mayor superficie y un mayor contacto entre las partículas laminares.

Contenido de materia orgánica: este elemento afecta las constantes de plasticidad produciendo un corrimiento del límite inferior y superior de plasticidad, sin afectar el número de plasticidad.

Para un mismo suelo, cuando se destruye la

materia orgánica (oxidación con agua oxigenada), disminuyen ambos límites de plasticidad (Fig. 1b).

El suelo I con un contenido de 3,5% de materia orgánica, presenta plasticidad con 36,5% de agua. Si se destruye la materia orgánica, ese límite baja a 19,8%. Por otra parte el suelo oxidado entra en estado viscoso con un 25,1% de humedad, en tanto que el suelo normal se mantuvo friable hasta 36,5%. Se puede observar además que no hubo cambio en el número de plasticidad.

La pérdida natural de materia orgánica en condiciones de campo tiene un efecto similar a la oxidación artificial en el laboratorio, como puede observarse en el suelo II de la Fig.1.

Una explicación del efecto de la materia orgánica sobre la modificación de las constantes de plasticidad puede ser la siguiente: el coloide orgánico (humus) tiene una alta capacidad de absorber agua y debe hidratarse completamente antes de que haya agua disponible para formar una película alrededor de las partículas minerales. Por lo tanto, el límite inferior de plasticidad se produce con contenidos de agua relativamente altos. Luego que se comenzaron a producir las películas, practicamente toda el agua adicional es para aumentar las mismas, hasta que se llega al estado viscoso. La materia orgánica tiene poco efecto luego que se produjo el límite inferior de plasticidad y de ese modo no afecta el número de plasticidad.

De la fig.1b se concluye que dos suelos pueden tener el mismo número de plasticidad pero presentarse plásticos a contenidos de humedad completamente diferentes, el significado práctico de esto se observa en el suelo I de la figura, en el cual la presencia de materia orgánica hace que el mismo sea cultivable hasta con un tenor de agua de 36,5%, en tanto que el mismo suelo oxidado deja de ser cultivable por encima de 19.8 %.

Significado práctico de las constantes de Atterberg en el laboreo del suelo.

Se ha interpretado el límite inferior de plasticidad como el contenido de agua por encima del cual es peligroso cultivar el suelo. Si el número de plasticidad es bajo, se interpreta como que el suelo es de fácil laboreo sin enlodarse, en tanto que si tiene un número de plasticidad alto hay riesgo de enlodamiento si se trabaja con un contenido de agua por encima del límite inferior de plasticidad.

Como el número de plasticidad está en función del contenido de arcilla se puede concluir que cuanto más pesado sea el suelo más difícil será trabajarlo pues mayor será su número de plasticidad.

Efecto del laboreo en las propiedades del suelo.

Las manipulaciones mecánicas a que se somete el suelo durante la preparación para la siembra modifica algunas de sus propiedades físicas y químicas. Las más importantes son: Propiedades físicas: 1)Mullido; 2)Dinámica del agua; 3)Dinámica del aire; 4)Temperatura y 5)Resistencia a la penetración de raíces. Propiedades químicas: 6)Disponibilidad de nitrógeno.

1) *Mullido*: El término "mullido" trata de expresar las condiciones físicas globales del suelo tales como:

- Tipo de microrelieve
- Porosidad y densidad del suelo
- Tamaño, distribución y estabilidad de los agregados.

Microrelieve: se refiere a la forma como se disponen los agregados luego del laboreo. Así un suelo recién arado se presenta rugoso y con grandes terrones en tanto que en el momento previo a la siembra, luego de afinado, está relativamente liso y con elementos estructurales de menor tamaño.

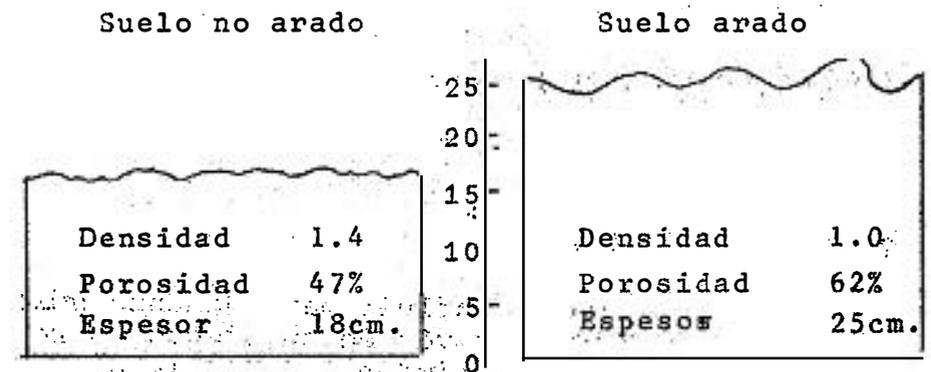
La rugosidad de la superficie es un índice

de la cantidad de agua que penetra en el perfil como consecuencia del agua que puede quedar acumulada en forma temporaria en las depresiones de la capa arable. Al mismo tiempo una superficie rugosa por tener agregados grandes ofrecerá una mayor resistencia al impacto de las gotas de lluvia por lo que tendrá resistencia a encostarse, manteniendo una alta velocidad de infiltración.

Porosidad y densidad: la porosidad de la capa arable es importante no sólo por su relación con la disponibilidad de oxígeno y agua para la planta sino también porque sirve como reservorio de agua durante una lluvia intensa.

Quando el suelo es arado la porosidad y el espesor de la capa trabajada aumenta (Fig.2). Por ejemplo, si una capa de suelo de 18 cm. con una densidad de 1.4 gr/cc. es arada, su densidad baja a 1.0 gr/cc. en tanto que su porosidad aumenta de 47 a 62 % y el espesor de la capa se incrementa de 18 a 25 cm. La cantidad total de agua que podía ser acumulada en forma temporaria en los 18 cm. iniciales era de 8.5 cm., en tanto que con el incremento resultante en la porosidad es de 15.5 cm.

FIGURA 2



Cambios en el espesor, densidad y porosidad como consecuencia de la arada.

Tamaño, distribución y estabilidad de los agregados: El propósito primario del laboreo es reducir el tamaño de los agregados (o terrones). Los agregados deben ser suficientemente pequeños alrededor de la semilla y raíz de la plántula para proveerles un buen contacto con el agua del suelo y adecuada aereación. Pero no deben ser demasiado pequeños porque entonces se favorece la formación de una costra superficial por efecto de la lluvia.

Cuando el tamaño de los agregados disminuye, la porosidad total aumenta y el tamaño de los poros disminuye. En general, cuando los agregados decrecen de 3 a 0.5 mm. la porosidad total se duplica.

Factores que afectan el mullido del suelo.

Impacto de las gotas de lluvia: un buen mullido puede ser destruido por el choque de las gotas de lluvia sobre los agregados o por el arrastre del agua al correr sobre la superficie.

Desecamiento y humedecimiento, congelamiento y descongelamiento: estos procesos producen la ruptura de los terrones y el afinamiento del suelo dando frecuentemente como resultado un buen mullido.

Pasaje de maquinaria: el suelo es a menudo dañado por el pasaje de maquinaria cuando está demasiado húmedo. En estas condiciones se compacta reduciéndose los macroporos y aumentando los poros pequeños.

2.-Dinámica del agua.

El laboreo puede influir marcadamente sobre el agua del suelo a través de su efecto sobre la infiltración, escurrimiento superficial, acumulación temporaria en superficie, acumulación interna y disponibilidad para las plantas.

Cuando la lluvia choca contra el suelo, infiltra en el mismo, es detenida en superficie o fluye. Un suelo recién arado tiene en su superficie una gran cantidad de poros llenos de aire, que inicialmente retienen el agua rápidamente. Si por el contrario, el suelo ha sido finamente dividido por el laboreo, es frecuente que se forme una costra en poco tiempo y la infiltración sea reducida. Suelos con grandes agregados y microrelieve rugoso, generalmente mantendrán una velocidad de infiltración más alta que aquellos con superficies lisas.

Durante una lluvia, una superficie rugosa, puede acumular considerable cantidad de agua en las pequeñas depresiones para su posterior infiltración. Tales depresiones pueden obtenerse por un laboreo en surcos en contorno, o a través de una rugosidad no orientada como es la formada por el arado. La siembra en surcos o camellones exactamente en contorno sobre pendientes moderadas tiene capacidad de acumulación de agua de lluvia, en tanto que siembras en surcos con un pequeño desnivel sobre pendientes o tierras planas pueden ser usadas efectivamente para facilitar la eliminación del exceso de agua.

La acumulación interna de agua en el suelo depende de la permeabilidad que posee el mismo en su perfil. En muchos casos, los horizontes que limitan la penetración del agua están por debajo de la capa arable, y no pueden ser alterados con la maquinaria corriente. Sin embargo, la cantidad de agua retenida dentro del perfil puede ser influida por prácticas de laboreo incrementando la porosidad del horizonte superficial y actuando de este modo como un importante reservorio temporario de agua durante la lluvia, teniendo la misma más tiempo para penetrar en los horizontes menos permeables.

La penetración del agua en el perfil puede verse limitada también por la barrera que se

forma cuando se ara invirtiendo completamente completamente un suelo con alto contenido de residuos en superficie. El enterrado de residuos puede formar un piso en el fondo de los surcos que dificulta mucho la penetración del agua reduciendo la aereación en la capa arable por bastante tiempo luego de la lluvia. (Cuadro 2).

CUADRO 2. EFECTO DE LA BARRERA DE RESIDUOS EN LA AEREACION DEL HORIZONTE SUPERFICIAL LUEGO DE HABER SIDO SATURADO CON AGUA

Barrera	Horas con aereación deficiente en el horizonte superficial
Nula	10
75% del piso con residuos	15
100% " " " " "	50

La acumulación de agua en el perfil también es afectada por la distribución de poros. Una capa de suelo con poros relativamente grandes sobre otra con poros más chicos no reduce la infiltración de agua en el suelo, pero si la capa de poros finos está por encima de la de poros grandes (como sucede en el suelo encostrado), el movimiento de agua a través del perfil es muy lento.

La pérdida de agua del suelo por evaporación, guarda las siguientes relaciones con el mullido:

a) Con altos contenidos de agua, la evaporación es mayor en un suelo compactado por ser mayor su capacidad de transmisión.

b) Cuando la superficie está seca, la eva

poración se realiza a través de los espacios porosos y por lo tanto cuando más suelto sea el suelo mayor será la evaporación.

Tamaño de los agregados (mm)	Tasa relativa de evaporación
2,5	1,0
25,0	30,0
50,0	40,0



Se observa que un suelo suelto es capaz de recibir y almacenar más agua que si está compactado, pero, por otro lado la pierde más fácilmente por evaporación.

3. Dinámica del aire.

La respiración de las raíces y microorganismos del suelo consume oxígeno y libera anhídrido carbónico, por lo cual es necesario un intercambio continuo entre el aire del suelo y la atmósfera exterior.

Los gases entran y salen del suelo principalmente por difusión a través de sus poros llenos de aire. La relación poros con aire y poros con agua varía con el contenido de agua del suelo. Un suelo anegado tiene casi todos sus poros llenos de agua, mientras que en un suelo moderadamente seco hay una gran proporción de poros con aire. Un suelo productivo, bien drenado, tiene aproximadamente 50 % de porosidad total y los poros con aire fluctúan entre 15 y 30 % dependiendo del contenido de agua.

La difusión de los gases es muy limitada en suelos que tienen menos de 10 a 12 % de poros con aire, ya que la continuidad de los poros con aire es bloqueada por el agua. Estos valores se logran en suelos bien drenados sólo por inundación, pero en suelos pobremente drenados son

frecuentes después de las lluvias.

El aire atmosférico está compuesto por nitrógeno (79%), oxígeno (21%), anhídrido carbónico (0,03%) y otros gases sin importancia.

El aire del suelo tiene más anhídrido carbónico y menos oxígeno, pero en suelos bien drenados y aireados el porcentaje de oxígeno hasta 1 metro de profundidad es generalmente superior a 17,5%. El contenido de anhídrido carbónico varía ampliamente con la temperatura y el suministro de materia orgánica. Temperaturas templadas, luego de enterrar residuos orgánicos - pueden conducir a tenores de anhídrido carbónico de hasta un 3 %.

La respiración de los microorganismos es más importante que la de las raíces en la producción de anhídrido carbónico. Tanto la deficiencia de oxígeno como el exceso de anhídrido carbónico son perjudiciales para las raíces, dependiendo su importancia relativa de la especie y la temperatura.

4. Temperatura.

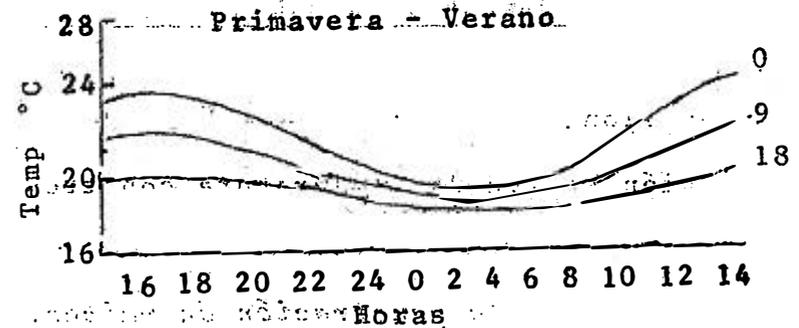
La temperatura del suelo afecta el desarrollo de la planta, el rendimiento de grano y el estado de nutrición.

La temperatura del suelo puede ser influida por prácticas de laboreo a través de cambios en la densidad, contenidos de humedad, cantidad de residuos en superficie y cambios en el microrelieve.

El laboreo puede afectar las propiedades térmicas del suelo. La remoción del suelo, disminuye su calor específico y la conductividad térmica, como consecuencia de 1 aumento en el volumen de poros llenos de aire. Un suelo suelto tiene frecuentemente una mayor diferencia entre las máximas y las mínimas y un mayor retraso con respecto a las temperaturas del aire que un suelo compacto.

El volumen de residuos dejados en la superficie influye sobre la temperatura del suelo. Se obtuvieron reducciones en la temperatura promedio del suelo de 0,4°C a 10 cm. de profundidad por cada 2 ton. de residuos aplicados sobre la superficie en los meses de primavera-verano. Por otra parte aumentos progresivos en la cantidad de residuos amortiguaron la variación diaria de temperatura encontrada en suelos desnudos (Fig. 3).

FIGURA 3



Fluctuación diaria de temperatura a 10 cm. de profundidad con 0, 9 y 18 Ton/há. de residuos.

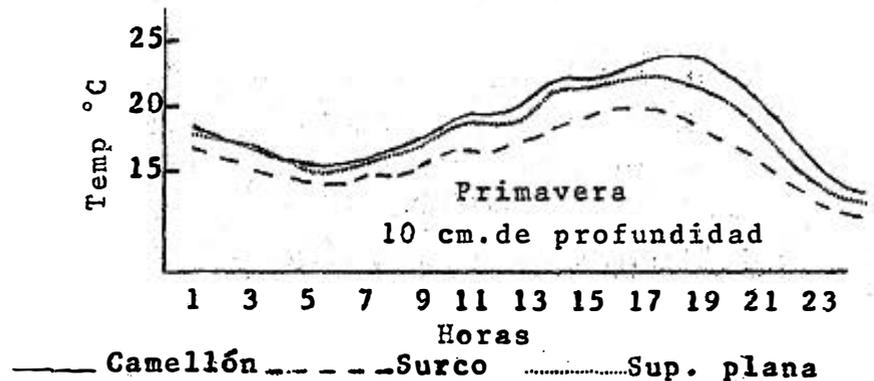
El tipo de microrelieve que se deje al sembrar, puede tener influencia en la temperatura del suelo.

La figura 4 ilustra cómo es influida la fluctuación diaria de temperatura por el microrelieve. En el momento de las máximas temperaturas a 10 cm. de profundidad, en los camellones se obtuvieron 1,4°C más que en microrelieve plano y 2,8°C más que en el surco. En el momento de las mínimas temperaturas, en los surcos hubo 0,5°C menos que en los otros dos microrelieves.

Estas diferencias de temperatura del suelo

pueden ser importantes, en algunas condiciones para adelantar las fechas de siembra.

FIGURA 4



Fluctuación diaria de temperatura con tres microrelieves diferentes.

5. Resistencia a la penetración de raíces.

Las raíces de las plantas pueden ejercer una fuerza bastante grande para penetrar en el suelo (12 a 15 atmósferas de presión). Los impedimentos que puede oponer el suelo pueden ser físicos (poros pequeños y rígidos) o fisiológicos (deficiencia de oxígeno). El laboreo al disminuir la resistencia del suelo por aumentar la porosidad y mejorar la aereación, favorece el desarrollo de las raíces.

Otro tipo de impedimento físico y fisiológico que puede ofrecer el suelo al crecimiento de las plantas, es la presencia de una costra en la superficie que impida la emergencia y reduzca la aereación. Esa costra se produce por la acción de las lluvias en suelos que han sido afinados excesivamente o de mala estructura natural. El encostramiento se puede evitar, en parte, por un manejo conservacionista de la ma-

teria orgánica y dejando agregados relativamente grandes en la superficie.

6. Disponibilidad de nitrógeno (N).

El nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera ya que no hay ningún mineral que lo contenga en cantidad apreciable. El N gaseoso es fijado por microorganismos que viven libres en el suelo o que actúan en simbiosis con las leguminosas. De cualquier manera, es claro que, la única fuente de N para las plantas es la descomposición de la materia orgánica, proceso que realiza la compleja población microbiana del suelo.

La actividad de la población microbiana del suelo depende fundamentalmente de: el material orgánico capaz de ser utilizado como fuente de energía, la aereación, la humedad, la temperatura y la disponibilidad de N y otros elementos nutritivos.

Muchos de los factores que afectan la actividad microbiana son modificados por el laboreo. Por lo tanto, la disponibilidad de N será un factor importante a tener en cuenta cuando se trabaja la tierra.

Cuando se ara un suelo se incorpora materia orgánica, se aumenta mucho la aereación, y se modifican la dinámica del agua y la temperatura, es decir se favorece la actividad microbiana.

En general la vegetación y los residuos que se incorporan al suelo son ricos en carbono y pobres en N, lo que aumenta la actividad microbiana pero hace que se inmovilice el N del suelo, pues los microorganismos tendrán "hambre" de N. A medida que se va consumiendo el material orgánico incorporado se empieza a equilibrar la proporción entre carbono y nitrógeno, hasta que en una última etapa, comienza la liberación de N, quedando entonces disponible para las plan-

tas.

En todo este proceso el tiempo es un factor muy importante y, desde el punto de vista de la disponibilidad de N, regulará la época de arada.

Preparación de la Sementera.

La sementera o "cama de la semilla" es la capa de suelo preparada por medio de las labores mecánicas y destinada a albergar la semilla, promover su germinación y facilitar el desarrollo de las raíces. El término "cama de las raíces" sería más adecuado de acuerdo a la finalidad más importante de esa capa.

La sementera ideal. Las condiciones estructurales de la sementera constituyen la característica fundamental de su valor ya que regulan las relaciones entre el agua y el aire del suelo. La preparación de la sementera comienza antes de la arada y continúa a lo largo del período de crecimiento del cultivo. La estructura granular estable, condición óptima de la "cama de las raíces", debe existir antes de la arada. El arado la pone de manifiesto pero no la produce. Las condiciones en que se realizan las labores son un factor fundamental en la protección de la estructura y en el ahorro de futuras labores.

Los requerimientos básicos de la sementera son:

- a) Permitir una infiltración rápida y retener satisfactoriamente el agua de lluvia;
- b) Permitir una aereación suficiente en base a una buena capacidad para el aire y una tasa alta de intercambio gaseoso con la atmósfera;
- c) Ofrecer poca resistencia a la pene-

tración de las raíces;

- d) Tener una buena distribución de los residuos orgánicos, y
- e) Resistir la erosión.

Perfil de la sementera. Antiguamente la preparación de la sementera se reducía a pulverizar la capa superior del suelo sin considerar la estructura de las capas inferiores dentro del horizonte arado. Esas capas generalmente estaban formadas por agregados grandes que no mantenían una buena economía del agua y el aire por tener un exceso de aereación. Es decir que, el perfil de la sementera consistía de una capa superior reducida a polvo y una capa inferior de agregados grandes. Este tipo de perfil es exactamente lo contrario del perfil adecuado.

El perfil ideal consistiría de una capa de suelo en la que el tamaño de los agregados aumentará gradualmente al acercarse a la superficie. Este tipo de perfil permitirá que la aereación e infiltración de agua se mantengan en buenos niveles, evitará el encostramiento por la lluvia y resistirá la erosión ya que los agregados de la superficie son relativamente grandes. Además toda la capa arada mantendrá una continuidad en estructura que favorecerá el crecimiento de las raíces.

El tamaño de los agregados en la sementera variará con el tamaño de la semilla que se vaya a sembrar. Cuando más pequeña sea la semilla más fina debe ser la sementera. Esto se debe fundamentalmente al contacto que debe existir entre las semillas y el suelo para que sea posible el transporte de agua y por lo tanto, la germinación.

La preparación excesiva de la sementera

ne las siguientes desventajas:

- a) aumenta el costo,
- b) compacta el suelo por el pasaje de las máquinas, sobretodo en las partes profundas de la capa arada que están más húmedas,
- c) reduce la infiltración,
- d) aumenta la erosión, y
- e) produce encostramiento.

Preparación del Suelo; Etapas y Herramientas.

La preparación del suelo se puede dividir en dos etapas denominadas:

1. Laboreo primario, y
2. Laboreo secundario.

El laboreo primario consiste fundamentalmente en la arada: ya sea con rejas o discos, y el laboreo secundario engloba todas las labores posteriores de afinamiento que tienen como fin terminar de preparar la tierra para la siembra.

1. Laboreo Primario.

Para efectuar el laboreo primario se utilizan diversas herramientas pero las más importantes son:

- a) el arado de rejas con vertedera, y
- b) el arado de discos.

a) *Arado de rejas con vertedera.* El arado de rejas con vertedera es el instrumento clásico y más extensamente usado en el mundo para el laboreo primario de la tierra.

Al ser desplazado en el suelo este tipo de arado corta y suelta un pan de tierra con la reja y la rueda o cuchilla, y luego, lo granula y lo invierte al pasarlo por la vertedera. El arado de vertedera favorece la granulación des haciendo el pan de tierra que se rompe en sus agregados naturales.

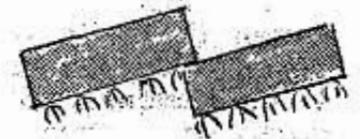
Las relaciones entre la profundidad y el ancho del pan de tierra cortado por el arado determinan el grado de inversión del mismo y originan dos tipos de laboreos:

- a) laboreo "acostado", y
- b) laboreo "erguido".

a) Laboreo "acostado" es el que se realiza cuando la profundidad es mucho menor que el ancho de corte.



Pan de tierra cortado.

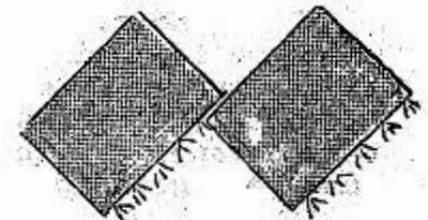


Laboreo "acostado"

b) Laboreo "erguido" es el que se realiza cuando la profundidad es casi igual al ancho de corte.



Pan de tierra cortado.



Laboreo "erguido"

En suelos pesados, cuando existe mucha vegetación en la superficie, el laboreo "acostado" puede ser peligroso porque se forma una capa continua de residuos con poca aereación, lo cual dificulta la descomposición y actúa como barrera para la infiltración de agua. Con el laboreo "erguido" se facilita la descomposición de los residuos y se evita el problema de la capa continua de vegetación enterrada.

b) *Arado de discos.* Con el fin de eliminar el frotamiento de la tierra en la vertedera, proceso que insume mucha energía, se ensayaron varios sistemas de los cuales el arado de discos fue el único que funcionó. En el arado de discos la reja y la vertedera se sustituyen por un casquete esférico que puede girar alrededor de un eje ubicado en forma oblicua con respecto al suelo.

El arado de discos corta la lonja de tierra la levanta al girar y la despide a una distancia dependiente de la velocidad. No invierte perfectamente el pan de tierra ni lo granula sistemáticamente como el arado de rejas con vertedera, sino que, lo deshace mezclándolo heterogeneamente.

Este tipo de arado necesita menos tracción que el arado de rejas.

Efectos de la arada según el estado del suelo.

Las condiciones físicas del suelo en el momento de la arada afectan la acción de la herramienta en la granulación de la tierra. Las principales condiciones en las que se puede encontrar un suelo, y su reacción a la arada se resumen a continuación:

a) *Suelo muy seco.* En estas condiciones el suelo está muy duro y es muy difícil de arar. Requiere mucha fuerza de tracción y se rompe en

grandes terrones que luego son muy difíciles de desmenuzar. Necesita mucho laboreo posterior (secundario) para lograr una sementera aceptable.

b) *Suelo muy húmedo.* Los suelos de texturas medio-pesadas a pesadas cuando se aran muy húmedos no se granulan sino que "se amasan". El pan de tierra invertido queda como una lonja más o menos continua, que luego, al secarse, se endurece mucho y los terrones resultantes son muy difíciles de romper por medio de labores posteriores.

c) *Suelos recientemente arados.* Un suelo recientemente arado está muy suelto y no ofrece la resistencia necesaria al arado para que su acción sea efectiva. El arado en vez de invertir el pan de tierra lo arrastra y lo, desplaza hacia el costado dejando muy despareja la superficie del suelo. No se deben arar suelos que no se hayan "asentado".

d) *Suelos con praderas vigorosa.* La red de raíces de los pastos tiende a mantener coherente el pan de tierra invertido por el arado y aparentemente el efecto granulador del arado se perdería. En realidad esto no es así ya que existe cierto efecto granulante y además la descomposición posterior de las raíces deja el suelo en una condición muy favorable.

La única precaución a tener en cuenta es que las praderas deben ararse con bastante anticipación para permitir la descomposición de las raíces y obtener una buena sementera.

e) *Suelo en condiciones normales.* Condiciones normales significa que el suelo está en el rango de humedad adecuado para una buena granulación. Arando en ese momento se obtienen los mayores beneficios de la labor realizada.

La arada es la operación más importante en

la preparación de la tierra. El arar bien ahorra los trabajos posteriores de preparación de la tierra.

Hay dos principios fundamentales que deben tenerse en cuenta para arar bien:

a) Arar con el contenido de la humedad adecuado (suelo friable).

b) Arar con bastante anticipación los suelos pesados difíciles de preparar para permitir que el mojado y secado periódico produzcan la granulación deseada.

Dirección de la Arada.

Mediante la dirección de la arada es posible manejar el drenaje superficial y la acumulación de agua en el perfil.

Cuando se teme un exceso de agua, la arada debe realizarse con cierta inclinación de modo que permita el escurrimiento del excedente, cuidando de que la pendiente no sea muy pronunciada como para producir erosión. Esto se logra haciendo la labor de modo que forme un ángulo débil con las curvas de nivel. Se puede hacer entonces una arada erecta de modo que el agua escurra por los canales del fondo de la capa arada.

Cuando se desea acumular agua, se ara perpendicular a la pendiente, para facilitar la acumulación de agua y su posterior penetración en el perfil. Hay que tener cuidado en terrenos de baja estabilidad estructural porque puede haber acumulaciones más o menos importantes de agua que den origen a erosión.

Profundidad de la arada.

Se entiende por arada superficial la que -

penetra los primeros 10 a 15 cm. del suelo y por arada profunda la que llega a 25 cm. o más.

Es difícil decir si es conveniente o no el hacer aradas profundas máxime cuando las mismas elevan senciblemente los costos. Ello se debe a que una adecuada profundidad de arada depende del suelo, clima y cultivo. No obstante se pueden señalar algunos casos en que la arada profunda puede ser ventajosa:

- a) En regiones secas, donde es necesario asegurar la penetración de la lluvia en el perfil.
- b) Cuando existe "suela de arado" si se desea eliminarla.
- c) En cultivos de raíces (remolacha) o tallos subterráneos (papa).

Época de Arada.

En general es conveniente arar con bastante anticipación a la siembra, ya que con ello se logran los siguientes objetivos:

- a) granulación natural del suelo.
- b) descomposición de la materia orgánica.
- c) acumulación de agua en el perfil.

a) *Granulación natural del suelo.*: el arado al desplazarse en el suelo, lo corta y vuelca dejándolo en grandes panes. Si el suelo tiene alto contenido de arcilla o una vegetación de pradera, formará terrones fuertes y difíciles de romper con prácticas mecánicas.

La experiencia indica que en suelos arcillosos los agregados grandes se rompen en agregados

dos más pequeños luego de sucesivos humedecimientos y desecamientos y congelamientos y desgelamientos. Trataremos con más detalles el humedecimiento-desecamiento por considerarlo más importante en nuestras condiciones.

El desecamiento de un terrón no puede ser uniforme, especialmente si se hace rápido. Eso produce tensiones desiguales que fragmentan los agregados.

Con el humedecimiento se producen dos procesos:

- a) la rápida absorción de agua causa un hinchamiento desigual a través del terrón
- b) la absorción de agua resulta en una compresión del aire encerrado que finaliza en una "explosión" del terrón rompiéndose en agregados más pequeños.

Ambos procesos producen la ruptura natural de los terrones, lo que trae como consecuencia una granulación estable.

Las raíces al penetrar en el suelo tienen efecto granulante, el cual se pone de manifiesto cuando se descomponen las mismas. Por esa razón si se ara con suficiente anticipación, se da tiempo a que se produzca la descomposición de las raíces quedando los terrones divididos en los agregados separados por las mismas.

b) *Descomposición de la materia orgánica* : cuando se entierran grandes cantidades de residuos orgánicos es importante hacerlo temprano, sobre todo si los mismos son de alta relación C/N, ya que de esta forma se descomponen con bastante tiempo antes de la siembra, evitando la inmovilización del N del suelo y la consiguiente "hambre de nitrógeno" del cultivo.

Otros implementos usados para el laboreo primario

Arado de cincel. Este implemento penetra en el suelo soltando y rompiendo la capa arable sin invertirla.

Las ventajas de esta herramienta son:

- a) la rapidez de la labor,
- b) requiere poca tracción, y
- c) deja los residuos en la superficie;

y las desventajas más importantes son:

- a) inefectivo en suelo húmedo,
- b) inefectivo cuando la vegetación es fuerte,
- c) no entierra las malezas y residuos.

Escarificador de superficie (pié de pato).

Esta herramienta trabaja por debajo de la superficie cortando las raíces de las malezas o del rastrojo. Remueve el suelo dejando los residuos en la superficie los que actúan como protectores contra la erosión. Se usa en regiones secas donde el mantener los residuos en la superficie es importante para controlar la erosión por viento y para reducir la evaporación del agua del suelo.

Rotovador.

Este implemento actúa por medio de cuchillas montadas sobre una serie de tambores, los que son movidos mecánicamente por la acción del tractor.

Su acción es energética, actúa a poca profundidad y deja la tierra prácticamente pulverizada.

La principal desventaja es que produce una

verdadera molienda del suelo lo cual puede llegar a degradar seriamente la estructura de los suelos. Por otra parte, si el suelo está suficientemente seco produce un afinamiento y alisado del terreno, que posteriormente como consecuencia de las lluvias da lugar a encostramiento. Además el costo de funcionamiento de este implemento es bastante elevado. Por el contrario, es ideal para hacerle el primer trabajo a la tierra cuando se trata de quebrar y mezclar en el suelo importantes cantidades de materia orgánica. Es un implemento muy eficaz pero debe ser usado con precaución.

Laboreo Secundario.

Se llama así a todas las operaciones que se realizan posteriormente a la labor primaria de "romper el campo", con el fin de finalizar la preparación de la sementera.

Tiene los siguientes propósitos:

- a) asentar la sementera,
- b) aflojar la sementera,
- c) romper terrones,
- d) cortar residuos, vegetación,
- e) matar malezas,
- f) emparejar la superficie.

Esta operación puede realizarse con distintas herramientas, cuya acción, ventajas y características se detallan a continuación.

Rastra de discos o "disquera".

La rastra de discos o "disquera" corta, desplaza y suelta una capa de 6 a 12 cm. pero compacta la capa inferior del horizonte arado. Si se pasa varias veces puede dejar muy suelta la superficie pero muy compactada la capa inferior (puede formar lo que se denomina "suela de la rastra de discos"). Esta herramienta es adecuada para:

da para:

- a) romper los terrones,
- b) cortar los residuos superficiales,
- c) emparejar algo las superficies irregulares,
- d) compactar la parte inferior de la capa arada, y
- e) utilizar en tierra dura.

Una característica importante de la rastra de discos es que no saca a la superficie los residuos recientemente enterrados.

Las desventajas de esta herramienta son:

- a) excesiva compactación de la parte inferior de la capa arada si se pasava varias veces.
- b) corta los agregados y por lo tanto perjudica la estructura del suelo.

Rastra de dientes.

La rastra de dientes empareja la superficie desplazando la tierra hacia adelante y hacia los costados. Rompe los terrones pero sólo aquellos que se deshacen fácilmente y compacta algo la capa arable por reordenación de los agregados. También es adecuada para matar plantas de malezas.

La principal desventaja es que saca para la superficie los residuos enterrados. Esto puede convertirse en ventaja si se quiere llevar a la superficie las raíces de los pastos favoreciendo su muerte.

Rastra rotativa.

La rastra rotativa está constituida por dientes en forma de estrella que giran sobre un eje durante el desplazamiento de la herramienta.

mienta. Cuando una serie de dientes están en contacto con el suelo el peso del implemento está soportado por esos dientes lo que hace que la presión sea muy grande y la penetración muy enérgica. Además una vez que los dientes se meten en el suelo giran y se mueven como una palanca que eleva la tierra situada atrás. De esta manera, en el caso de un suelo encostrado, la acción no se da sólo en el punto de impacto de los dientes sino también alrededor de ese punto. Esta acción se obtiene con un mínimo desplazamiento lateral. De acuerdo a su modo de acción este tipo de rastra es útil cuando se quieren romper terrones muy duros o cuando se quiere deshacer una costra formada luego de la siembra sin perjudicar las plántulas.

Rastra de dientes elásticos.

Esta herramienta escarba y afloja la superficie del suelo hasta unos 10 cm. de profundidad. Rompe terrones y afirma la sementera; deja una superficie rugosa y eleva los restos vegetales enterrados.

Es adecuada para:

- a) Tierras duras.
- b) Pasturas recién aradas,
- c) Aflojar la superficie sin compactar la parte inferior de la capa arada;
- d) Mantener el mullido superficial, especialmente en suelos que deben ser trabajados con muy poca humedad.
- e) Elevar las raíces de los pastos y favorecer su muerte.

Rodillo.

El rodillo pulveriza los terrones y afirma la capa superficial (5-10 cm.) de la sementera. Esto es necesario cuando el suelo queda demasiado suelto sobretodo cuando se van a sembrar se-

millas finas que requieren favorecer el contacto entre el suelo y la semilla.

El rodillo es útil en tierras aradas sin la suficiente anticipación sobretodo si el suelo es de estructura estable. En suelos de mala agregación puede ser peligroso por producir de masiada compactación.

Para lograr un buen efecto se debe trabajar con la tierra relativamente seca ya que el trabajo en húmedo puede resultar en una compactación adversa.

Problemas del Subsuelo.

Frecuentemente en el subsuelo existen impedimentos físicos que dificultan e imposibilitan el desarrollo de las raíces. Las prácticas más comúnmente usadas para modificar las condiciones indeseables de los horizontes inferiores son la subsolación y el drenaje.

La subsolación tiene por finalidad remover los horizontes profundos, por ser los mismos demasiado compactos o duros para permitir la penetración de las raíces o el agua.

El drenaje consiste en hacer en los horizontes profundos una galería, que juega el rol de desagüe y permite el escurrimiento del exceso de agua.

La subsolación debe ser efectuada sobre un material duro, no plástico, o sea en suelo seco cuando el mismo es arcilloso. Por el contrario, el moldeado de una galería implica que debemos actuar sobre material plástico, es decir arcilloso y suficientemente húmedo.

Subsolación.

Los resultados obtenidos con esta práctica han sido sumamente variados. Cuando se apli-

ca a suelos profundos de subsuelo duro, en general su efecto desaparece rápidamente, sobre todo cuando se trata de horizontes B con arcillas expansivas.

Resultados más satisfactorios se obtuvieron cuando junto con la subsolación se aplicaron fertilizantes, enmiendas o residuos orgánicos en profundidad.

Parecería por lo tanto que la subsolación sin aplicación de abonos, sólo tiene efecto cuando se trata de romper capas que impiden la penetración de las raíces como ser "suelas de arado".

Drenaje.

Las funciones de un sistema de drenaje son: facilitar la recolección de agua superflua y eliminarla rápidamente de la tierra.

Los tubos de drenaje, (realizados sobre un horizonte plástico), se construyen mediante un implemento conocido como arado topo, que consiste en una barra que se introduce en profundidad, arrastrando una pieza en forma de bala. Las galerías obtenidas de esta forma son en general de corta duración, dependiendo de las características del subsuelo. Otro sistema es la construcción de una tubería artificial subterránea.

El drenaje aporta una serie de ventajas que son las siguientes:

a) Al eliminarse el exceso de agua se baja el calor específico por lo que es menor la energía necesaria para elevar la temperatura del suelo.

b) La propiedad más afectada es la aereación. El drenaje aumenta el volumen de poros

llenos de aire, permitiendo una más adecuada relación agua-aire, así como un mejor intercambio gaseoso con la atmósfera.

c) Estimula la actividad de los microorganismos benéficos.

d) Promueve un mayor desarrollo del sistema radicular; de este modo la planta tiene mayor capacidad de extraer nutrientes y agua, lo que a su vez la protege de períodos de sequía.

Metodos de Laboreo.

Convencional. Este sistema incluye una o más aradas y las rastreadas correspondientes para producir una sementera fina, firme y plana. Es un sistema caro, y en muchos suelos, por el pasaje frecuente de maquinaria se produce una compactación y deterioro de la estructura de la capa arable.

Cuando se trata de cultivos de verano, pueden haber problemas de falta de humedad en los estadios tardíos de desarrollo debido a que con este sistema, se reduce la penetración de agua en el suelo en relación a otros sistemas que dejan una superficie rugosa, más "abierta" y con terrones más grandes.

Laboreo Reducido o Mínimo Laboreo.

Se trata de un grupo de sistemas de siembra en los cuales se reduce el número de operaciones y pasajes con maquinaria sobre el suelo. Se utiliza en cultivos en hilera, fundamentalmente en maíz.

La sementera se puede dividir en dos zonas:



La zona de la hilera es donde germinan las semillas y se desarrollan las plántulas, por lo tanto el suelo debe tener todas las condiciones que ya se expresaron cuando hablamos de los requerimientos de una buena sementera. Esta parte de la sementera puede ser un surco o un camellón, lo cual es importante desde el punto de vista de la temperatura. Como se vió en el surco la temperatura es mas baja que en el camellón.

La zona entre hileras es donde se procede al manejo del agua. En esta parte el suelo permanece en la misma forma que lo dejó el arado. De este modo queda con un alto volumen de poros, superficie rugosa y resistencia al impacto de la lluvia, favoreciendo la detención del agua y disminuyendo el escurrimiento lo cual aumenta el volumen infiltrado posteriormente en el perfil.

Sistemas de siembra con mínimo laboreo.

1) *Arada y siembra.*: este método consiste en arar y sembrar sin otra operación. Puede hacerse en dos pasadas sucesivas o incluso en una sola, acoplando los cajones sembradores atrás del arado. La tierra se afina y asienta con una rueda. Este sistema se adapta a suelos medios o livianos pero no es adecuado luego de una pastura.

2) *Siembra en la huella de la rueda*: consiste en sembrar en el surco que deja la huella del tractor, cuando el mismo se desplaza en un

suelo que fue arado poco tiempo antes. En la huella, el suelo queda afirmado y sin terrones, lo que asegura un adecuado contacto entre el suelo y la semilla.

Este sistema es adecuado para suelos de texturas medias y livianas aunque se puede usar en suelos pesados siempre que se haga a un contenido de humedad en que los terrones se rompan fácilmente sin aplastarse.

3) *Siembra en franjas* en este sistema se prepara la tierra, se abre un surco y se siembra en una sola operación. Puede hacerse luego de arar o incluso sobre suelo no arado (por ejemplo un rastrojo). En este último caso la tierra se prepara sólo en hilera por medio de un implemento que actúa como escarificador, rototiller, etc. Puede matarse la vegetación con herbicidas.

Las principales desventajas de este sistema son: a) La vegetación compite por agua y nutrientes.

- b) Reduce la temperatura del suelo.
- c) Los herbicidas son caros.

El mínimo laboreo puede presentar problemas sobre suelos arcillosos, aunque aparentemente esos problemas desaparecen luego de utilizar este sistema algunos años. Otra posibilidad es usar un sistema intermedio, por ejemplo, arar temprano, rastrear una vez antes de la siembra y sembrar en franjas.

Objetivos del mínimo laboreo.

1) *Disminuir el escurrimiento y erosión.* Esta práctica aumenta la infiltración, reduce el escurrimiento superficial y reduce la erosión comparado con el método convencional, como se ilustra en el cuadro 3.

Como se puede apreciar, las pérdidas de suelo fueron mucho menores con mínimo laboreo que

con el método convencional!

CUADRO 3. PROMEDIO ANUAL DE PERDIDAS POR ESCURRIMIENTO Y EROSION EN UN SUELO FRANCO LIMOSO CON 15% DEPENDIENTE

Método de laboreo.	Escurrimiento (mm)	Erosión Ton/acr.
Convencional	20.3	2,94
Huella de rueda	8.8	0,70

2) *Control de malezas.* La germinación y el desarrollo de las malezas es favorecido por las mismas condiciones que favorecen al cultivo. Con el sistema convencional se favorece el crecimiento de las malezas sobre toda la superficie cultivada, en tanto que, con el mínimo laboreo eso se reduce a la zona de la hilera, ya que, en la entrelínea las condiciones en que queda el suelo no permiten un adecuado desarrollo de la vegetación.

Las malezas en la hilera pueden controlarse con herbicidas, pero el costo de los mismos hace dudoso su uso.

3) *Reducir la compactación y deterioro de la estructura.* En contraposición a lo que se dijo para el método convencional, en laboreo reducido al limitar las operaciones y pasajes de la maquinaria sobre el suelo mantiene en buen estado las condiciones físicas de la capa arable.

4) *Mantener el rendimiento.* Con el mínimo laboreo se pueden obtener rendimientos similares, a los del sistema convencional (cuadro 4).

5) *Reducir costos.* Parece evidente que el costo de instalación de un cultivo es bastante menor con el laboreo reducido que con el método convencional. En general, se puede estimar

que el mínimo laboreo reduce aproximadamente en un 40 % los costos de instalación.

CUADRO 4. RENDIMIENOS PROMEDIO DE MAIZ EN KG/HÁ. CON DIFERENTES METODOS DE LABOREO (IOWA, U.S.A)

Método de laboreo	Suelo franco arcillo limoso	Suelo franco limoso
Convencional	4.850	4.700
Huella de rueda	4.400	4.750
Franjas	4.450	4.600

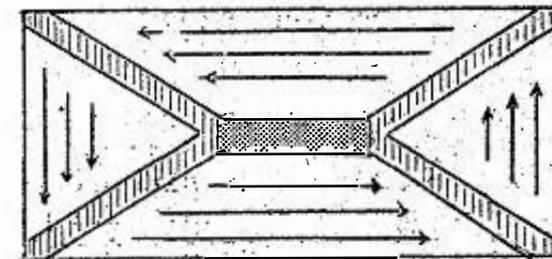
Formas de trabajar una "chacra".

Existen varias formas de trabajar una chacra, pero aquí solo consideraremos las más viables en nuestras condiciones de agricultura extensiva y semi-extensiva.

Ellas son:

- a) en la vuelta,
- b) en melgas,
- c) en fajas.

a) *En la vuelta.* Le llamamos así a la forma de trabajar más usada en nuestro país que consiste en comenzar a arar la chacra siguiendo su perímetro y levantando el arado en cada esquina. El siguiente esquema ilustra este tipo de arada:



Las fajas rayadas indican las zonas donde se levanta el arado para cambiar de dirección. Este trabajo generalmente se termina arando esas fajas hacia afuera, es decir, dejando un surco en cada una de ellas. Estos surcos se unen al surco central que corresponde a la finalización de la arada en el sentido del lado más largo de la chacra. El resultado final de este trabajo es la presencia de un surco en las fajas rayadas y en la faja punteada del esquema.

Generalmente las chacras tienen laderas -- con cierta pendiente y es casi imposible impedir que alguno, o varios de los surcos queden en la dirección de alguna de las pendientes. Esto último constituye un grave problema porque es la mejor ayuda que se le puede dar a la erosión para que arruine las chacras, ya que, el agua de escurrimiento superficial se va a encauzar por esos surcos causando daños irreparables.

Se puede argumentar que el problema de las zanjas en los remates se solucionaría arando un año volcando hacia afuera y al año siguiente volcando hacia adentro. Sin embargo en cualquiera de los dos casos queda una franja de tierra trabajada en una dirección determinada y distinta al resto. Además en ambos casos queda insinuada una zanja. Estas dos razones hacen que las aguas de escurrimiento superficial se canalicen por esas zonas.

Otra ventaja de no arar los remates es el hecho de que funcionan como desagües y por lo tanto será conveniente que se mantengan empastados.

Otro error que se comete con este sistema de trabajo es el arar siempre en el mismo sentido, es decir, arar siempre empezando por el perímetro de la chacra. Esto hace que la tierra se vaya desplazando para el borde de la

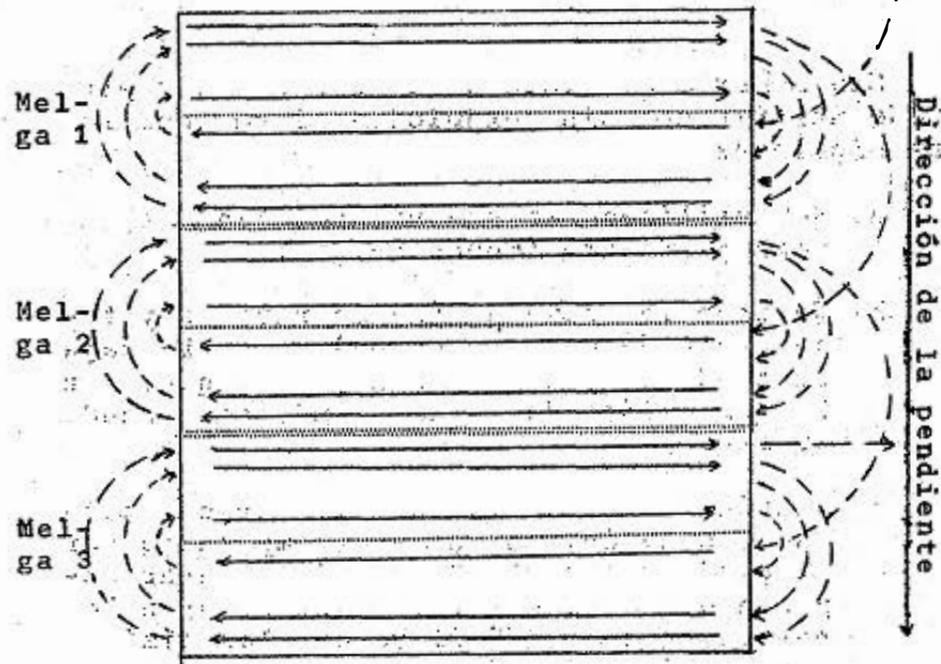
chacra donde se forma un gran camellón al mismo tiempo que en el centro se va formando una zanja.

Sin embargo el sistema de arar en la vuelta puede utilizarse sin perjuicios si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) Ser utilizado en chacras con laderas de poca pendiente (menos de 3%).
- b) No arar los remates (fajas rayadas y faja punteada en el esquema). La faja punteada (remate central) si no queda en la dirección de alguna pendiente puede ararse.
- c) Cambiar la dirección de la arada cada año, es decir, un año arar empezando por el perímetro y al año siguiente arar empezando por el centro. Si no se aran los remates esto es fácil ya que los límites quedan bien marcados.

b) En melgas - La arada en melgas consiste en dividir la chacra en varias porciones y arar cada una de ellas independientemente pero siempre en la misma dirección. El esquema de la página siguiente muestra gráficamente este tipo de trabajo.

Arando de esta manera quedan camellones que deben ubicarse perpendiculares a la pendiente. Cada año se debe cambiar la dirección de arada, arando en los surcos y hendidando en los camellones para mantener la superficie de la tierra siempre uniforme. El trabajo en melgas se puede hacer prácticamente en chacras de poca pendiente o de pendientes únicas, es decir, en general en chacras chicas o terre-



Camellón Centro de la melga

Surco Límite de la melga

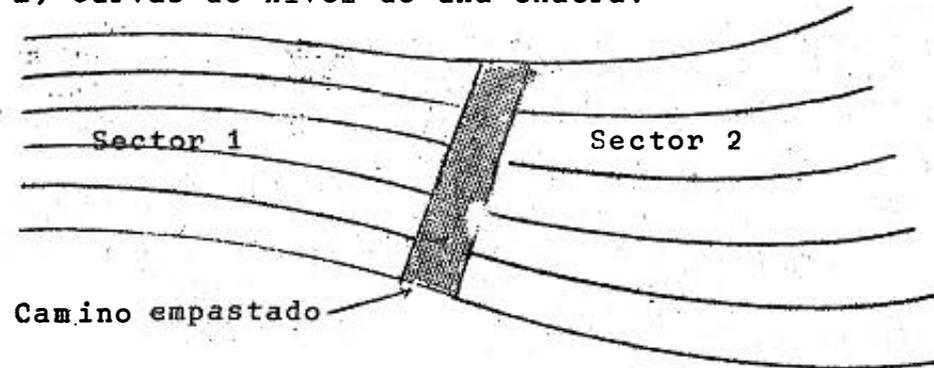
nos casi planos. Nunca deben coincidir la dirección de los surcos y camellones con la dirección de la pendiente. Si la chacra tiene pendientes en varias direcciones y no pueden cruzarse todas con una sola línea, se deben dividir en zonas diferentes arando cada una independientemente. En realidad, si se presenta este caso lo correcto es arar en melgas siguiendo aproximadamente las curvas de nivel y dejando fajas empastadas. Este sistema lo describiremos más adelante.

a) *En fajas* El laboreo en fajas consiste en arar fajas transversales a la pendiente, alternadas con fajas empastadas. Este sistema se usa en chacras con pendientes moderadas (3 a 6 %) como sistema de conservación de los suelos.

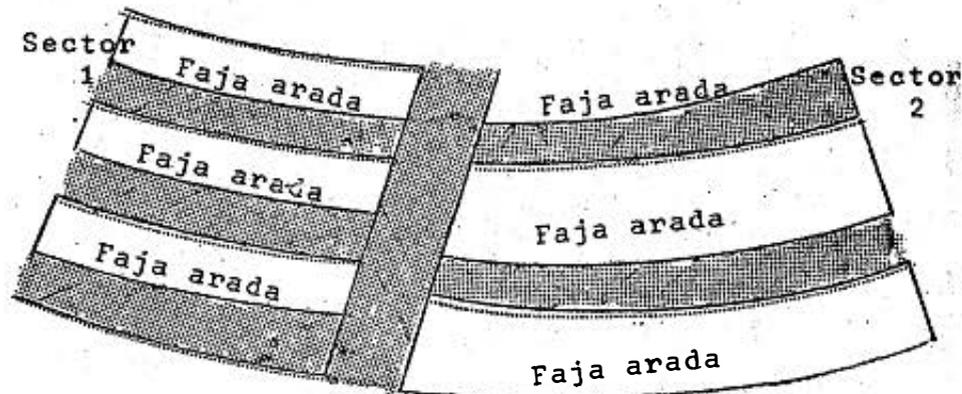
Teóricamente los límites entre las fajas empastadas y las fajas aradas deberían seguir las curvas de nivel del terreno, pero esto trae como consecuencia que si cambia el grado de pendiente también cambia el ancho de la faja arada lo que hace muy engorroso el trabajo. Para resolver este problema se propone lo siguiente:

- Si la chacra tiene pendientes muy diferentes dividirla en sectores con pendientes más o menos uniformes dejando entre ellos caminos empastados.
- Marcar las curvas de nivel que correspondan en cada sector según el ancho promedio que deben tener las fajas aradas y empastadas en función del grado de pendiente, el tipo de suelo y la rotación a utilizar.
- Tomando como base las curvas de nivel que limitan las fajas aradas y empastadas, marcar la faja arada de *ancho constante* aunque para ello no se siga exactamente la curva de nivel en su límite inferior.
- Arar en melgas las fajas que se deben arar cambiando, cada año, la dirección del trabajo. Esto es muy importante porque si todos los años se aran las fajas, comenzando por el límite con la faja empastada, en poco tiempo habremos construido malas terrazas y se arruina la chacra.

a) Curvas de nivel de una chacra.



b) Curvas límites de fajas y fajaz.



----- Curvas de nivel límites de fajas.

Las fajas aradas mantienen un ancho constante mientras que el ancho de las fajas empastadas puede cambiar. El camino empastado que separa los sectores de pendientes diferentes sirve como desagüe.

Laboreo post-emergencia.

La razón fundamental que tiene el laboreo post-emergencia es mantener una sementera, o mejor dicho, una "cama de raíces" con buen mullido durante el crecimiento del cultivo.

Objetivos del laboreo post-emergencia:

1) Aumentar la infiltración de agua:

- obtener una rápida infiltración y adecuada aereación, son dos razones importantes para practicar laboreo de post-emergencia. Como se ve en la Figura 5, la velocidad de infiltración aumentó con un aumento de la profundidad cultivada. Esto se debe a que al carpir se mantiene el suelo abierto y con alta porosidad que disminuye el escurremiento y permite una mayor infiltración.

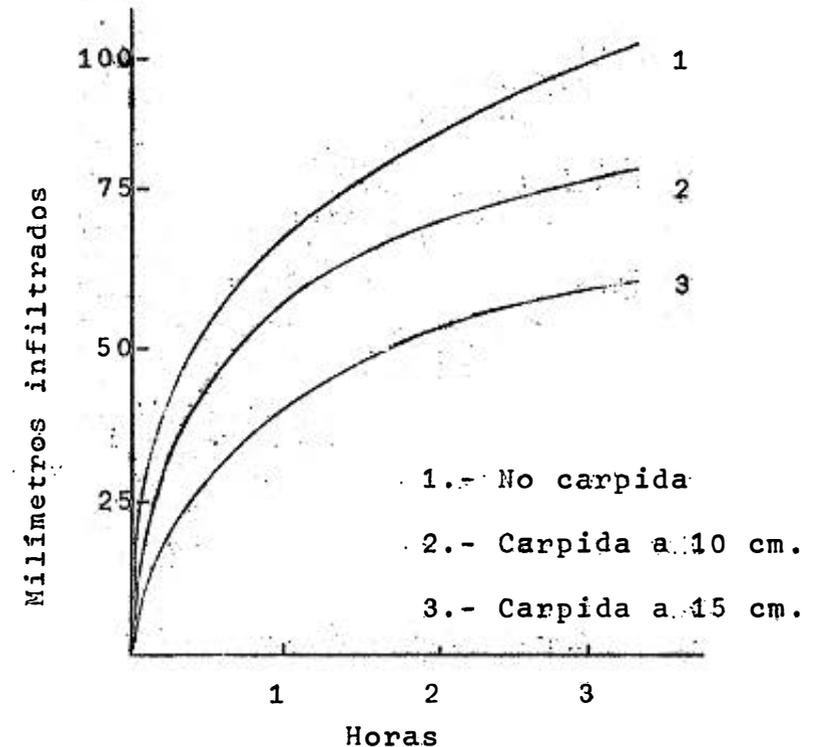


Figura 5.- Efecto del laboreo sobre la capacidad de infiltración.

2) Favorecer la aereación:

- ya se vio que el encostramiento del sue-

lo, disminuye la permeabilidad para el aire. Al destruir la costra se favorece tanto a las raíces como a los micro-organismos.

El laboreo para mejorar la aereación es importante tanto en suelos planos como ondulados, aunque en general, es más importante en los primeros ya que la mayor permanencia de agua sobre los mismos conduce a la formación de una costra superficial.

3) Control de malezas:

- las malezas compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz, por lo que es necesario eliminarlas. Sin embargo, en esta operación puede afectarse el buen mullido del suelo ya que el laboreo se hace contra la maleza y no para el suelo.

Por esta razón en muchos casos es conveniente eliminar las malezas por medio de herbicidas de pre-emergencia o luego de la emergencia con máquinas especiales (azada-rotativa) o herbicidas de contacto.

4) Reducir la evaporación:

- la pérdida de agua del suelo se debe fundamentalmente a la extracción de la misma por las plantas, ya que la evaporación directa es generalmente bastante reducida. Esto se puede apreciar claramente si se tiene en cuenta que el movimiento del agua en el suelo es muy lento cuando el contenido de humedad desciende por debajo de la capacidad de campo. O sea que, cuando se seca la capa superficial del suelo, la conductividad a través de la misma es prácticamente cero.

Por esta razón es que no tiene sentido carpir para formar una superficie de "polvo" con el objeto de romper la capilaridad, dado que el movimiento capilar en el suelo a bajo porcentaje de humedad es muy reducido.

De acuerdo a lo anterior entonces, el único objetivo que tendría carpir para reducir las pérdidas de agua, sería a través de la eliminación de las malezas.

Frecuencia y profundidad del laboreo post-emergencia.

La frecuencia del laboreo post-emergencia, para mantener un mullido adecuado depende de las condiciones del suelo. En general, los suelos de menor estabilidad estructural son los que requieren ser cultivados con mayor frecuencia, lo que conduce a su vez, a un empobrecimiento de la estructura estableciéndose un círculo vicioso. Esto enfatiza la necesidad de establecer un buen mullido a través de un adecuado sistema de rotaciones y de laboreo primario. Las sembraderas que siguen a una pastura tienen una granulación muy estable.

La profundidad de laboreo depende en primer lugar del espesor de la costra. En suelos con buen mullido es preferible que se cultive superficial. Por otra parte, el laboreo profundo (10-12 cm.) frecuentemente produce resultados negativos; en general lo más satisfactorio para una amplia variedad de condiciones es una profundidad media (4-6 cm.).