

LABOREO DE SUELOS

Ing. Agr. Fernando García
Asistente de la Cátedra de Edafología,
Facultad de Agronomía

INTRODUCCION

Este trabajo enfoca especialmente, el efecto que el laboreo tiene sobre el suelo, y los resultados obtenidos en el país en investigación sobre el tema.

Se entiende por laboreo, al conjunto de operaciones mecánicas que tratan de hacer al suelo más apto para el crecimiento de las plantas cultivadas.

Tiene una incidencia muy grande en los costos de los cultivos, siendo mayor en los extensivos y semiextensivos que en los intensivos.

Desde el punto de vista de la conservación de suelos se lo debe considerar un mal necesario, ya que por más cuidado que se tenga, en un plazo más o menos largo provoca un deterioro en las propiedades del suelo que afectan el crecimiento de las plantas.

Los pocos trabajos de investigación realizados en el país, indican que es un factor de manejo muy importante en la producción de los cultivos.

Por lo tanto, parece importante lograr ajustar el laboreo cualitativamente (épocas, profundidades, herramientas, etc.) y cuantitativamente (número de operaciones), de modo de lograr buenos rendimientos con el mínimo de operaciones.

1) TIPOS DE LABOREO Y SUS OBJETIVOS

1.a Laboreo primario

Se realiza con los arados (de reja o discos) y sus objetivos fundamentales son:

- 1.a₁ Cambiar las propiedades físicas del suelo particularmente la relación macro/microporos aumentándola, aumentar la capacidad de almacenamiento de agua, aumentar la infiltración y reducir el escurrimiento, y provocar la "granulación" del material trabajado.

- 1.a₂ Destruir la vegetación existente para que no compita con el cultivo a implantar y mezclar sus restos al suelo para favorecer su descomposición e incorporación al mismo.

1.b Laboreo secundario

Todas las labores que en general se realizan en el suelo entre la o las aradas y la cosecha y tienen los siguientes objetivos:

- 1.b₁ Afinar y compactar el suelo para permitir un buen contacto entre las semillas y el suelo que favorezca la germinación.
- 1.b₂ Destruir las malezas que se pudieran instalar entre la o las aradas y la siembra durante parte del ciclo de los cultivos en hilera, y hasta la emergencia en cultivos densos.
- 1.b₃ Modificar la dinámica del agua y el aire en particular en las entrefilas de cultivos en hilera.
- 1.b₄ Enterrar y mezclar en el suelo fertilizantes enmiendas y aún abonos verdes antes de arar, o cuando no se piensa hacerlo, antes de la siembra.

1.c Laboreo del subsuelo

Suele realizarse antes o conjuntamente con la arada, con subsolador o arado-topo. Sus objetivos son:

- 1.c₁ Remover los horizontes profundos, tratando de aumentar su relación macro/microporos, con lo que se favorece el movimiento del agua y del aire, y la penetración radicular.
- 1.c₂ Mejorar el drenaje del suelo construyendo una red de galerías en los horizontes profundos, que actúan como desagüe.

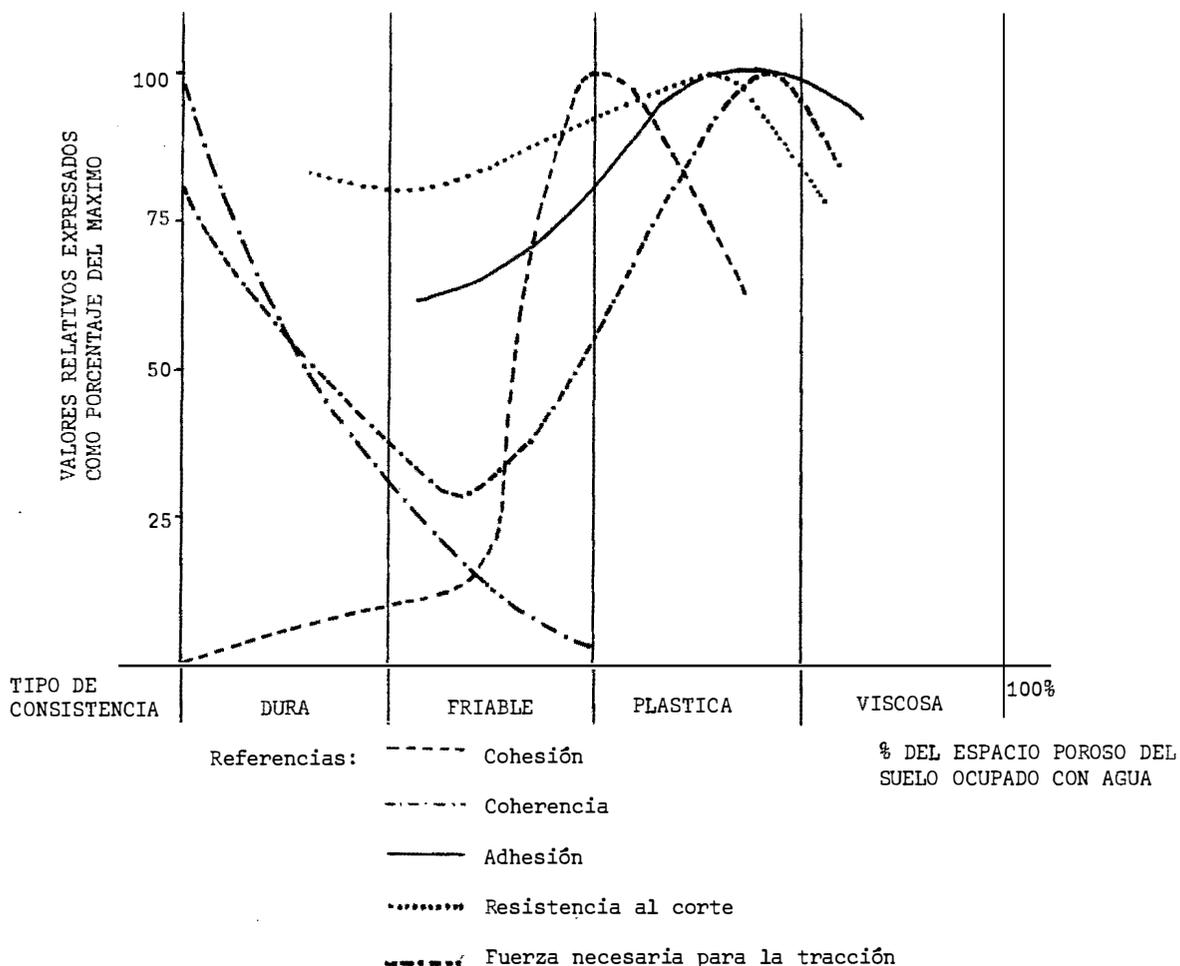
**LA CONSISTENCIA DEL SUELO,
LAS FUERZAS QUE LA AFECTAN
Y SU INCIDENCIA EN EL LABOREO**

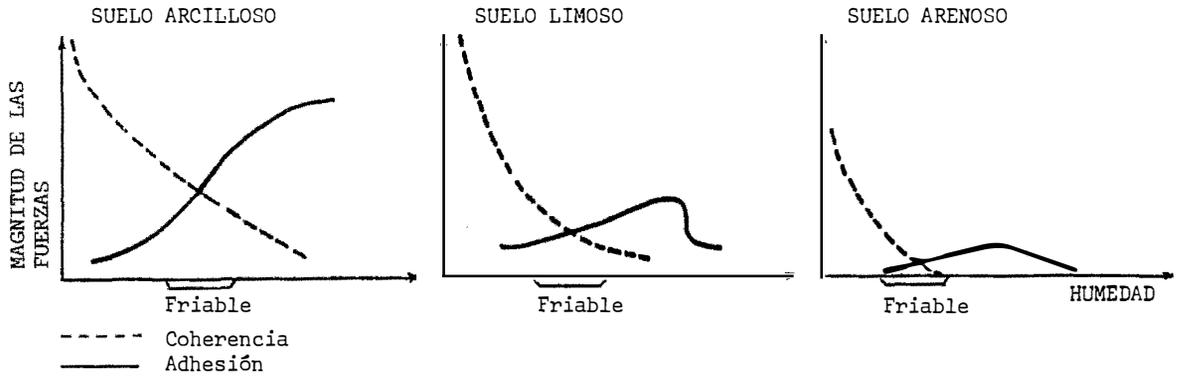
La consistencia del suelo es la manifestación de las fuerzas de cohesión, coherencia y adhesión. Por cohesión se entiende la fuerza que son unidos los sólidos del suelo por películas de agua, por coherencia la unión directa entre sólidos del suelo, y por adhesión la fuerza de unión de los sólidos del suelo a cuerpos externos a través de películas de agua.

Tomando como base un esquema presentado por Bayer et al. (1973), se puede representar la variación de estas fuerzas y su incidencia sobre el laboreo como sigue:

De las gráficas anteriores se deduce que la consistencia friable es la mejor para el laboreo, ya que en ella se dan los valores mínimos de adherencia, cohesión y coherencia, determinando menor resistencia del suelo al pasaje de herramientas. En la consistencia dura, el laboreo se ve dificultado por una gran coherencia y en la plástica por una gran adherencia. En la consistencia viscosa el suelo es un fangal y es imposible el laboreo.

Los suelos difieren unos de otros en los contenidos de humedad en que se pasa de consistencia dura a friable y de ésta a plástica, siendo estos valores los que determinan la aptitud de laboreo. Dichos contenidos de humedad, varían la textura, particularmente con el contenido de arcilla y con el de materia orgánica. El efecto de la textura se puede ejemplificar con las gráficas siguientes (Hénin et al., 1972):





Se observa cómo al disminuir el contenido de arcilla, aumenta relativamente el rango de contenidos de humedad en que el suelo presenta buenas condiciones de laboreo. Además, en las texturas livianas la magnitud de las fuerzas de adhesión y coherencia es notablemente inferior a las que se dan en texturas pesadas. Esto explica que no sea gran problema trabajar los suelos livianos fuera de la consistencia friable, mientras es prácticamente imposible hacerlo en los pesados.

La acción de la materia orgánica se ejerce sobre el contenido de humedad que marca el límite entre las consistencias friable y plástica. Al aumentar el contenido de materia orgánica, ese valor de humedad es más alto, ampliando así el rango de contenidos de humedad en que el suelo permanece friable.

La consistencia friable, no sólo representa el estado del suelo en que el laboreo es más fácil, sino también el que determina el mejor resultado de las labores. En particular la granulación del suelo, se obtiene sin dificultad con la arada en el estado friable, mientras que si se laborea con el suelo duro o plástico, el resultado son grandes terrones coherentes que requerirán un número importante de labores secundarias para su afinado.

distintos según se trate de laboreo primario o laboreo secundario.

El laboreo primario provoca un microrrelieve rugoso con grandes terrones en superficie. Esto provoca un aumento importante en la velocidad de infiltración y disminución del escurrimiento superficial, en parte por mayor infiltración y en parte porque aumenta la capacidad de almacenar agua del suelo. Como resultante de lo anterior, aumenta la resistencia del suelo a la erosión.

El laboreo secundario, que se realiza con el objeto de favorecer la germinación del cultivo a instalar, deja al terreno relativamente plano con agregados pequeños en superficie y más compactado. Esto provoca menor velocidad de infiltración, mayor escurrimiento y menor capacidad del suelo para almacenar agua. Como resultado de lo anterior, disminuye la resistencia a la erosión.

Los conceptos anteriores se pueden ilustrar con los resultados siguientes:

Efecto del laboreo primario y secundario (rastreadas) sobre la velocidad de infiltración (Burger, 1926, cit. por Bayer, 1956)

	Infiltración mm/hora
Suelo recién arado	10,0
Antes de la siembra	2,0

Efecto del laboreo primario y secundario (rastreadas) sobre el escurrimiento superficial y la erosión, con una intensidad de lluvia de 50 mm/hora en una pendiente de 8% (Neal, 1937, cit. por Bayer et al. 1973)

3) EFECTO DEL LABOREO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

3.a Propiedades físicas

3.a₁ MICRORRELIEVE

Los efectos sobre el microrrelieve son

PERDIDAS ACUMULATIVAS DE SUELO Y AGUA POR PARCELA, LUEGO DEL TIEMPO INDICADO DE INICIADA LA LLUVIA

	10 minutos		20 minutos		30 minutos		40 minutos	
	Suelo(kg)	Agua%	Suelo(kg)	Agua%	Suelo(kg)	Agua%	Suelo(kg)	Agua%
Suelo recién arado	0	0	0	0	0,09	4,0	1,7	39,3
Suelo arado y rastreado	0,09	3,6	0,49	30,3	1,10	45,3	3,45	65,3

Es normal que en los cultivos en hilera, o antes de la emergencia en cultivos densos, se realicen labores secundarias (carpidas, pasaje de rastras de dientes, vibratorios o estrellas rotativas) que pueden tener, entre otros objetivos, soltar los primeros centímetros del suelo compactados y encostrados, cambiando el microrelieve de plano a algo rugoso, con lo que aumenta la velocidad de infiltración. Lo anterior se puede ejemplificar con resultados de Trowse y Baver (1965), citados por Baver et al. (1973), quienes en un suelo laterítico con caña de azúcar, encontraron una velocidad de infiltración de 6,25 mm/hora con las entrefilas carpidas, frente a 2,5 mm/hora cuando no se había carpido.

3.a₂ ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

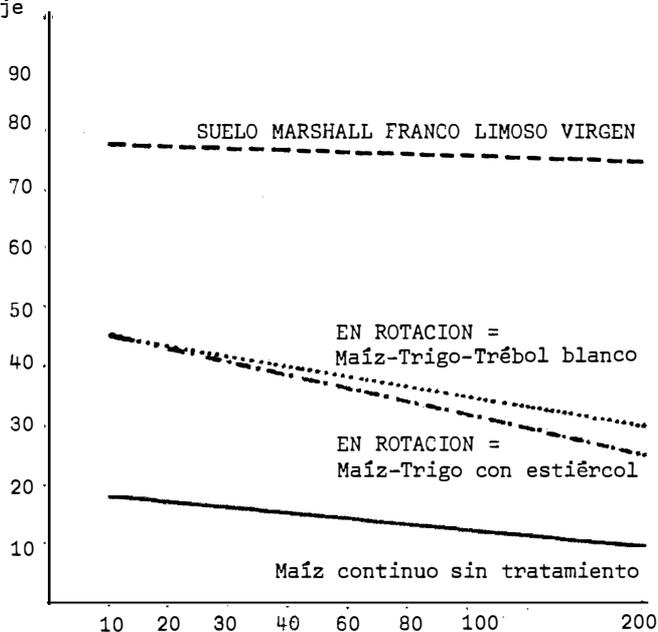
Uno de los procesos pedogenéticos que cambia notoriamente, al romperse el equilibrio entre la evolución del suelo y los factores de formación por efecto del laboreo es la acumulación y evolución de la materia orgánica. Por medio de la mayor aereación que provoca en el suelo el laboreo primario, aumenta la velocidad de

oxidación de la materia orgánica, por lo que se acelera su pérdida. Para que esto no resultase en un descenso del contenido de materia orgánica, se tendría que reponer al suelo más materia orgánica que la que recibe el suelo virgen con su vegetación natural. No sólo no ocurre lo anterior, sino que una vez puesto en cultivo, aún en una rotación conservacionista, el suelo recibe en promedio anual menor materia orgánica que cuando tiene su vegetación natural de pradera. Por lo tanto, un suelo cultivado tiene menos materia orgánica que el suelo virgen. Como consecuencia, la estructura está más degradada (agregados más pequeños y menos estables) en los suelos cultivados.

Pero el menor contenido de materia orgánica no es la única causa de una peor estructura. El pasaje de los implementos de labranza a través del suelo, y la compactación que provoca el tránsito de la maquinaria, destruyen agregados disminuyendo su tamaño, y provocando un empaquetamiento denso de los mismos. Estos efectos se acentúan cuando la humedad del suelo es excesiva. Los datos siguientes sirven para ilustrar lo anterior:

Efecto de diferentes rotaciones en la estructura (Woodruff, 1939, cit. por Baver et al., 1973)

Estabilidad de la estructura en porcentaje

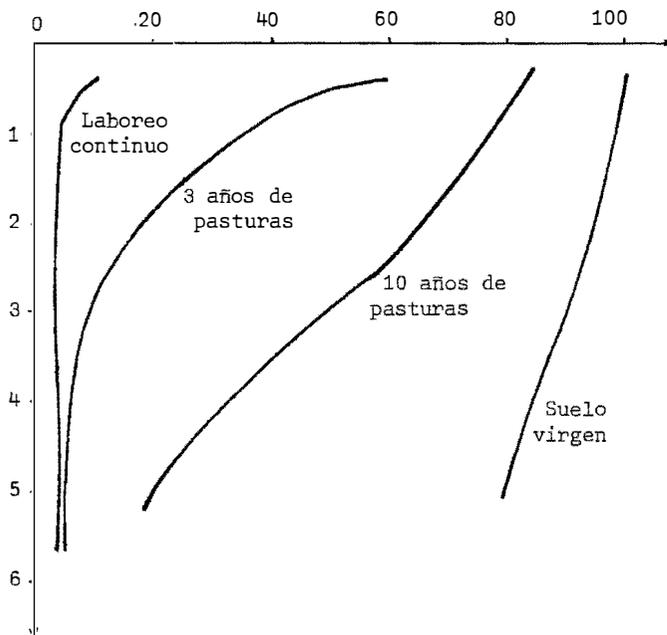


TIEMPO DE TAMIZADO EN HUMEDO (MINUTOS)

Además del hecho de que no se puede mantener el nivel estructural del suelo virgen, se debe señalar que mejorar la estructura de un suelo deteriorada por el uso, es un proceso muy lento y que no lle

ga al nivel del suelo virgen, ni siquiera con muchos años de pradera en la rotación como lo demuestran los resultados siguientes:

Perfiles de estabilidad estructural con diferentes manejos (Greacen, 1958, cit. por Bayer et al., 1973)

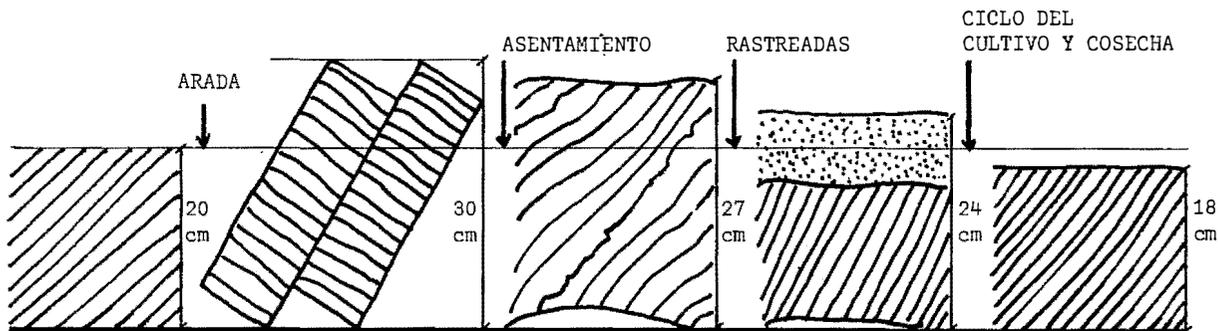


Profundidad del perfil en pulgadas

Si bien el efecto del laboreo en la estructura se nota en un plazo mediano cuando las labores se efectúan correctamente, pueden manifestarse aún al cabo del primer año de uso del suelo cuando las labores son mal realizadas (fuera de la mejor consistencia), lo que determina un sobrelaboreo.

3.a₃ POROSIDAD Y DENSIDAD APARENTE

Estas propiedades sufren un proceso de mejora con el laboreo primario, y posteriormente un paulatino deterioro con el laboreo secundario, el transcurso del ciclo de cultivo y la cosecha, que se puede esquematizar como sigue:



ANTES DEL LABOREO	ARADA	ASENTAMIENTO	RASTREADAS	CICLO DEL CULTIVO Y COSECHA
Dens. ap.: 1,4	D.a.: 1,0	D.a.: 1,12	D.a.: 1,24	D.a.: 1,48
Poros. total 47%	Poros. total: 62%	Poros.tot.: 58%	Poros.tot.: 54%	Poros.tot.: 44%
Alm. de agua: 94mm	Alm. de agua: 186 mm	Alm.agua: 156mm	Alm.agua: 129mm	Alm.agua: 79 mm

Se observa cómo cambian estas propiedades junto con el microrrelieve, como ya se explicó. El hecho que es importante hacer notar, es que al final del ciclo del cultivo el nivel de densidad aparente y porosidad es inferior al que tenía el suelo antes de comenzar el laboreo. El cambio se operó en la estructura, como se discutió en el punto anterior, y el suelo se encuentra más compactado. La porción de la porosidad perdida es una macroporosidad, es decir los poros que se ubican entre agregados han disminuido de tamaño y por lo tanto su volumen.

Este cambio será más o menos importante según sea el laboreo. Si es mal hecho, en malas condiciones de humedad o excesivo, el deterioro será mayor. En cambio si se realiza bien, se puede lograr poco deterioro.

La acumulación de las disminuciones en el nivel de las propiedades físicas que se están discutiendo, es el efecto negativo que se observa en plazos medios y largos

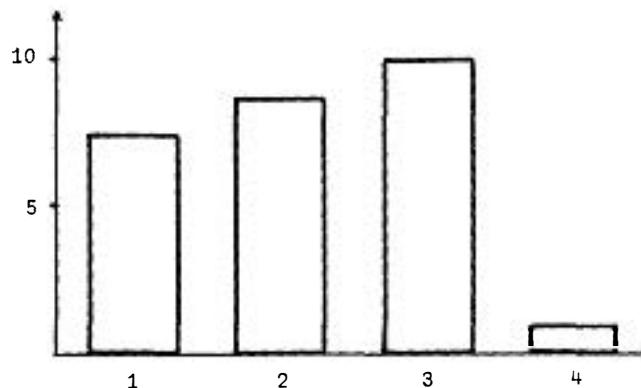
y será menor cuanto menos laboreo se realice y como se dijo arriba, cuanto mejor se haga.

3.a₄ DINAMICA DEL AGUA

Como ya se dijo, el laboreo puede modificar la infiltración y escurrimiento superficial de agua, a través del microrrelieve. Pero la dirección de las labores también puede usarse con el mismo fin. Si las labores son perpendiculares a las pendientes mayores o forman con ellas ángulo muy cercanos a 90° (laboreo en contorno), las prominencias del microrrelieve se alinean en el mismo sentido que las labores, y forman una serie de obstáculos ordenados al movimiento superficial del agua que reduce el escurrimiento y aumenta la infiltración. Si las labores son paralelas a los sentidos de las pendientes se obtiene el máximo de escurrimiento y el mínimo de infiltración.

Efecto del sentido del laboreo y la longitud de la pendiente sobre el escurrimiento (USDA, Tech. Bull. 959, cit. por Foth y Turk, 1975)

Escurrimiento en porcentaje de la precipitación total



- 1 - Labores paralelas a la pendiente
189 m. de longitud
- 2 - Labores paralelas a la pendiente
94 m. de longitud
- 3 - Labores paralelas a la pendiente
47 m. de longitud
- 4 - Labores en contorno

Los resultados anteriores ilustran los conceptos discutidos arriba y muestran además, cómo al alargarse la pendiente es mayor la cantidad de agua que infiltra. Ya se vio cómo el laboreo primario aumenta la capacidad del suelo de almacenar agua a partir de una lluvia y cómo el secundario la disminuye. Esto, junto con

los efectos sobre el microrrelieve y su dirección con relación a las pendientes cambia la capacidad del suelo de captar agua de las lluvias. Otra propiedad que puede cambiar con labores del subsuelo es el drenaje interno del suelo. Como ya se dijo, es uno de los objetivos de este tipo de labores.

El laboreo también puede cambiar la magnitud de las pérdidas por evaporación que sufre el suelo. Se deben considerar dos situaciones diferentes, cuando hay agua libre (napa) cercana a la superficie y cuando los suelos son de drenaje bueno o moderado.

Cuando hay agua libre cerca de la superficie, si el espesor de suelo no afectado por la napa permite un buen desarrollo radicular, es normalmente una fuente de agua muy importante para las plantas.

Wind (1955), citado por Black (1975), encontró que el 48% de la evapotranspiración de un campo, en Holanda, provenía del agua de una napa a 45 cm de la superficie. Sin embargo, la importancia del agua libre situada cerca de la superficie depende del clima. Según Black (1975), la información indicaría que en regiones húmedas el agua que asciende desde un nivel de agua libre a 1 m. puede ser abundante pero no es la mayor parte del agua evapotranspirada. Si se sitúa a profundidades mayores a 2 m. no tiene significación.

En cambio, el agua de napas cercanas a la superficie es una parte muy importante de la que se pierde a la atmósfera en zonas de escasas precipitaciones y puede proveer de profundidades mayores a 2 m. (Fox y Lipps, 1955, cit. por Black, 1975).

Esto permite suponer que en los períodos secos en climas húmedos, puede ser muy importante el agua de napas alrededor de 1 metro de la superficie, y por lo tanto importaría evitar sus pérdidas por evaporación. En este caso, las labores que aumentan la macroporosidad en superficie (la aflojen) provocarán una ruptura en la continuidad de los capilares, lo que disminuirá las pérdidas.

Si se trata de suelos que no poseen napa cercana a la superficie, parece más importante aún evitar las pérdidas por evaporación en épocas de alta evapotranspiración potencial. En estos casos, no conviene que el suelo superficial se encuentre suelto, ya que de esta manera hay una gran superficie de contacto entre el suelo y la atmósfera, lo que acelera la evaporación.

3. ^o DINAMICA DEL AIRE Y RESISTENCIA AL CRECIMIENTO RADICULAR

La resistencia al crecimiento de raíces y otros órganos subterráneos puede ser de naturaleza mecánica o fisiológica. La primera la producen poros pequeños y rígidos y la segunda se debe a niveles insuficientes de oxígeno en la atmósfera del suelo. Ambos fenómenos se relacionan estrechamente, ya que los poros pequeños terminan un intercambio gaseoso muy lento entre el suelo y la atmósfera exterior. Según Kopecky (1927), citado por Baver (1956), las necesidades de macroporosidad de algunos cultivos serían:

Cultivo	% de macroporos
Sudán grass	6 - 10
Cereales de invierno	10 - 15
Papa, remolacha	15 - 20

Se han encontrado en nuestro país correlaciones importantes entre macroporosidad y producción de papa. García y Canale (1975) en una serie de suelos y manejos anteriores diferentes encontraron una correlación de 0,788 (sig. P 0,001). Domínguez y Lazbal (1976) encontraron una correlación de 0,86 (sig. P 0,001) dentro de un ensayo para evaluar el efecto de algunos factores de manejo sobre el cultivo.

Medidas de macroporosidad realizadas por Durán y Kaplán (1965), indican valores bajos para algunos suelos de importancia en la zona agrícola del país.

Suelo	Macroporosidad		
	Horizonte A	Horizonte B _{2t}	Horizonte B ₃
Pradera parda máxima sobre Libertad	9	1,5	7
Suelos de diferenciación media sobre Fray Bentos	7,5-9	3-6,5	0-3

Por lo tanto, parece que el laboreo al modificar la relación macro/microporos y el drenaje en particular el superficial, puede tener una gran incidencia sobre la reacción del suelo y la resistencia al crecimiento de raíces.

A corto plazo, el laboreo primario puede influir a través de su profundidad (se discute adelante), y de su dirección actuando sobre el drenaje superficial (ya visto). Mientras que el laboreo secundario puede ser efectivo a través de la construcción de camellones y el carpido de las entrefilas en el caso de cultivos en hilera. García y Canale (1975), en la emergencia de un cultivo de papa en un suelo máximo sobre Libertad, encontraron 14% de macroporos en el camellón y 12% en la entrefila. A largo plazo sin embargo, la realización de este tipo de cultivos y labores en forma continuada provocan, como ya se dijo, un deterioro de la estructura y una disminución de la macroporosidad. García y Kaplan (1974), encontraron en un suelo máximo sobre Libertad con varios cultivos de papa, que en el último rastreo la macroporosidad del horizonte superficial era 5%.

6 TEMPERATURA

La temperatura del suelo, al igual que la del aire, afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. Dentro de ciertos límites, que dependen de la especie, un aumento de temperatura favorece el crecimiento de las plantas.

La temperatura del suelo, junto con el contenido de humedad, determinan la germinación de las semillas. Los requerimientos de temperatura y humedad para la germinación, también son dependientes de la especie.

La temperatura del suelo puede ser afectada por el laboreo a través de sus influencias sobre la porosidad y la humedad.

Por medio de cambios en la porosidad, puede cambiar el contenido de aire del suelo, y por lo tanto su calor específico y conductividad térmica. Un suelo con la porosidad aumentada por el laboreo tiene más diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diurnas y un mayor retraso entre la temperatura del aire y la del suelo en profundidad, que el suelo con su porosidad normal.

El aumento de la aereación del suelo, hace que se caliente más rápido en su superficie por menor calor específico, y más lento en profundidad por menor conductividad térmica.

El contenido de humedad del suelo hace variar su calor específico y su conductividad térmica. Un suelo húmedo requiere mayor cantidad de calor para elevar su temperatura en comparación con un suelo seco, pero a igualdad de calor recibido, el suelo húmedo se calienta más en profundidad. Por lo tanto, la disminución del contenido de agua del suelo hace que se caliente más rápido. Esto se puede lograr con labores que aumenten el drenaje del suelo, tanto superficial como profundo.

El manejo de los residuos de los cultivos (rastros) también puede afectar la temperatura del suelo. Si no se los entierra y se dejan en la superficie, disminuyen la temperatura del suelo a través de los efectos siguientes:

- Reciben la mayor parte de la radiación directa y evitan que la reciba el suelo.
- Tienen más calor específico que el suelo y requieren mucha energía para calentarse.
- Disminuyen la evaporación del suelo y el escurrimiento cuando llueve. Como resultado el suelo aumenta su calor específico y tarda más en calentarse.

En el próximo número continuaremos con el mismo tema tratando los siguientes puntos:

- Propiedades químicas
- Época y número de aradas

- Profundidad de la arada
- Tipo de herramienta utilizada en el laboreo primario
- Manejo del rastros
- Mínimo laboreo
- Subsolación

BIBLIOGRAFIA

- Baver, L.D. (1956) Soil Physics. Ed. John Wiley and Sons. New York, London, Sydney.
- Baver, L.D. Gardner, W.R. Gardner (1973). Física de Suelos. Ed. UTEHA, México.
- Beltramini, E. y E. Marchesi (1971). Laboreo en Manejo de Suelos. Boletín de divulgación N°1, E.E.M.A.C., Fac. de Agronomía, Paysandú.
- Black, C.A. (1975). Relaciones suelo-planta, tomo I. Ed. Hemisferio Sur, B. Aires.
- Capurro, E. (1975). Cultivos de invierno después de sorgo. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos, N° 3, Segunda época.
- CIAA Boerger (1974). Sorgo granífero, Boletín de divulgación N°25 CIAA Boerger, M.G.A. Colonia.
- CIAA Boerger (1972). Cultivo de la papa en suelos arenosos. Boletín de divulgación N° 14 CIAA Boerger, M.G.A. Colonia.
- Couto, W. (1974). Efecto del subsolador y los fertilizantes en el cultivo del maíz en suelo de la Estanzuela. Boletín técnico N° 17, CIAA Boerger, M.G.A., Colonia.
- Domínguez, J.E. y E. Lazbal (1976). Evaluación del efecto del manejo anterior del suelo sobre macroporosidad, densidad aparente y rendimiento del cultivo de papa. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Fac. de Agronomía.
- Durán, A. y Kaplan, A. (1965). Determinación de la densidad aparente, macroporosidad y microporosidad en algunos suelos del Uruguay. Archivo del Dep. de Suelos de la Fac. de Agronomía, Montevideo.
- Foth, H.D. y L.M. Turk (1975). Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Cía. Editorial Continental, México.
- García, F. y F. Canale (1975). Importancia de algunas propiedades físicas del suelo en los rendimientos y calidad del cultivo de papa. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos, N° 2, segunda época.
- García, F. y A. Kaplan (1974). Evaluación de un método para determinar densidad aparente, macroporosidad y microporosidad en el suelo. P.E.L.S., Ed. interna.
- Hénin, H. Gras, R. y G. Monnier (1972). El perfil cultural. Ed. Mundi-Prensa, Madrid
- Labella, S.J. (1974). Laboreo para trigo. Boletín técnico N° 14, CIAA Boerger, M.G.A. Colonia.
- Marchesi, E. (1971). Laboreo. En el trigo en el Uruguay. Univ. de la Rep., Montevideo.
- Reynaert, E. (1967). Preparación del suelo: cuándo y cómo. Invest. Agrícola N° 3, CIAA Boerger, M.G.A., Colonia