



Memorias

CURSO
sobre
Adiestramiento
en Producción de
CEREALES

Marzo 8
Julio 8 de 1976

Estación Experimental
" Santa Catalina "

QUITO - ECUADOR

PRINCIPIOS DE LA PREPARACION DEL SUELO Y SU IMPORTANCIA PARA EL

DESARROLLO DEL CULTIVO

Ing. Brian G. Sims
Departamento de Mecanización Agrícola
Estación Experimental "Santa Catalina"

1. CONDICIONES QUE DEBE REUNIR EL SUELO PARA EL BUEN DESARROLLO DE LAS PLANTAS.

Para la germinación y desarrollo óptimo de las plantas, el suelo tiene que satisfacer varias condiciones. Los factores importantes son los siguientes:

1.1. Temperatura del suelo:

En general, la germinación de semilla es mejor en suelos calientes, la temperatura óptima varía entre 18°C y 24°C.

Las temperaturas mínimas para tres cultivos son:

Trigo y Cebada = 3.5°C

Maíz = 9°C

por lo tanto no existen problemas en las regiones agrícolas del Ecuador.

Para el crecimiento, la temperatura óptima para la mayoría de plantas es alrededor de 25°C. La incrementación del rendimiento de maíz se observa en la figura 2.

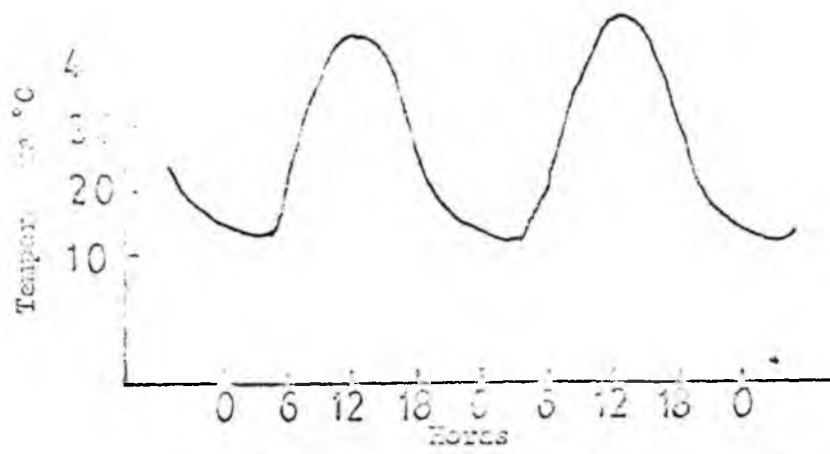


FIG. 1 Temperatura de un suelo en Italia durante 2 días.

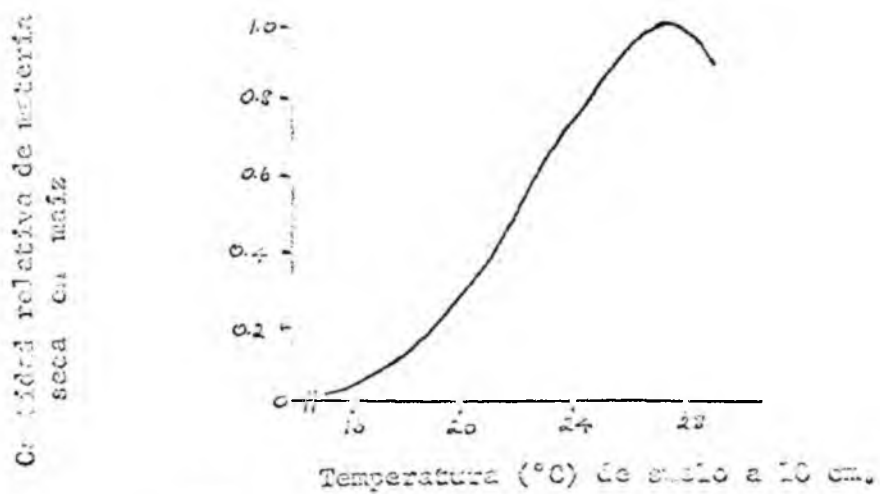


FIG. 2 Efecto de la temperatura sobre el crecimiento del maíz.

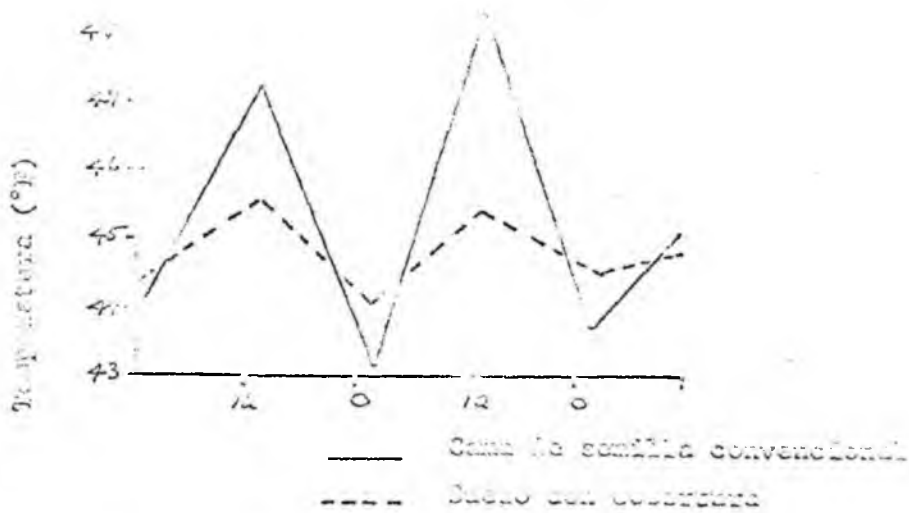


FIG. 3 Temperatura de suelo (a 10 cm. aprox.) sin y con cobertura.

La temperatura de un suelo obviamente depende de la insolación que recibe. En la Fig. 1 se puede observar los cambios de temperatura del suelo y aire durante el día. Fuera de este efecto básico, la temperatura del suelo depende del color de éste, su humedad, su cobertura y el ángulo que presente a los rayos del sol. Los suelos con colores claros (como arenas blancas por ejemplo) reflejan una mayor cantidad de la radiación del sol que suelos oscuros (ej.: suelo negro andino).

La humedad de un suelo también influye en su temperatura porque la radiación tiene que evaporar el agua antes de que entre el aire caliente en los poros. Por lo tanto, mejorando el drenaje en un suelo puede permitir que se caliente.

La temperatura de un suelo es afectada por la cantidad de vegetación que tiene en su superficie. El efecto principal es nivelar el rango de temperaturas durante el día. Ver Fig. 3.

El efecto de la cobertura es disminuir la temperatura máxima del suelo en el día y elevarla un poco por la noche. Se puede producir el efecto con mulch (vegetación cortada y dejada en la superficie) o con plantas vivas.

El ángulo que presenta el suelo a los rayos del sol tiene un efecto. En el Ecuador, los suelos en camellones ubicados N-S calientan más en las mañanas y las tardes. Este efecto se produce porque los rayos de luz con un ángulo de incidencia de 90° ponen su energía en un área lo más reducida posible. Ver Fig. 4.

1.2. Aireación del suelo.

Los poros del suelo que no contienen agua contienen gases que se llaman atmósfera del suelo. Aquí es más rico el CO_2 que en el aire libre. Las raíces y microorganismos necesitan O_2 y producen CO_2 que debe salir del suelo. El desarrollo de raíces es afectado cuando el contenido de O_2 baja hasta 9 - 12% y su crecimiento se detiene en concentraciones menores al 5%. La demanda para O_2 de una raíz y su sensibilidad a CO_2 aumenta con un aumento de temperatura.

Estos rangos dependen del cultivo. Ej.: arroz y algunas especies de Salix pueden sobrevivir con muy poco O_2 alrededor de sus raíces.

Los factores que tienen algún efecto sobre la cantidad de aire que llega a las raíces son:

El ángulo que presenta el suelo a los rayos del sol tiene un efecto. En el Ecuador, los suelos en camellones ubicados N-S calientan más en las mañanas y las tardes. Este efecto se produce porque los rayos de luz con un ángulo de incidencia de 90° ponen su energía en un área lo más reducida posible. Ver Fig. 4.

1.2. Aireación del suelo.

Los poros del suelo que no contienen agua contienen gases que se llaman atmósfera del suelo. Aquí es más rico el CO_2 que en el aire libre. Las raíces y microorganismos necesitan O_2 y producen CO_2 que debe salir del suelo. El desarrollo de raíces es afectado cuando el contenido de O_2 baja hasta 9 - 12% y su crecimiento se detiene en concentraciones menores al 5%. La demanda para O_2 de una raíz y su sensibilidad a CO_2 aumenta con un aumento de temperatura.

Estos rangos dependen del cultivo. Ej.: arroz y algunas especies de *Salix* pueden sobrevivir con muy poco O_2 alrededor de sus raíces.

Los factores que tienen algún efecto sobre la cantidad de aire que llega a las raíces son:

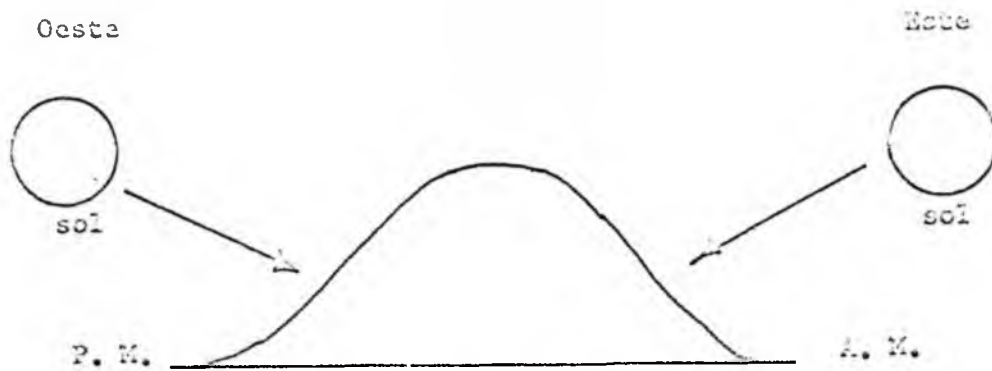


FIG. 4 Efecto del ángulo de incidencia de radiación solar sobre temperatura del suelo.

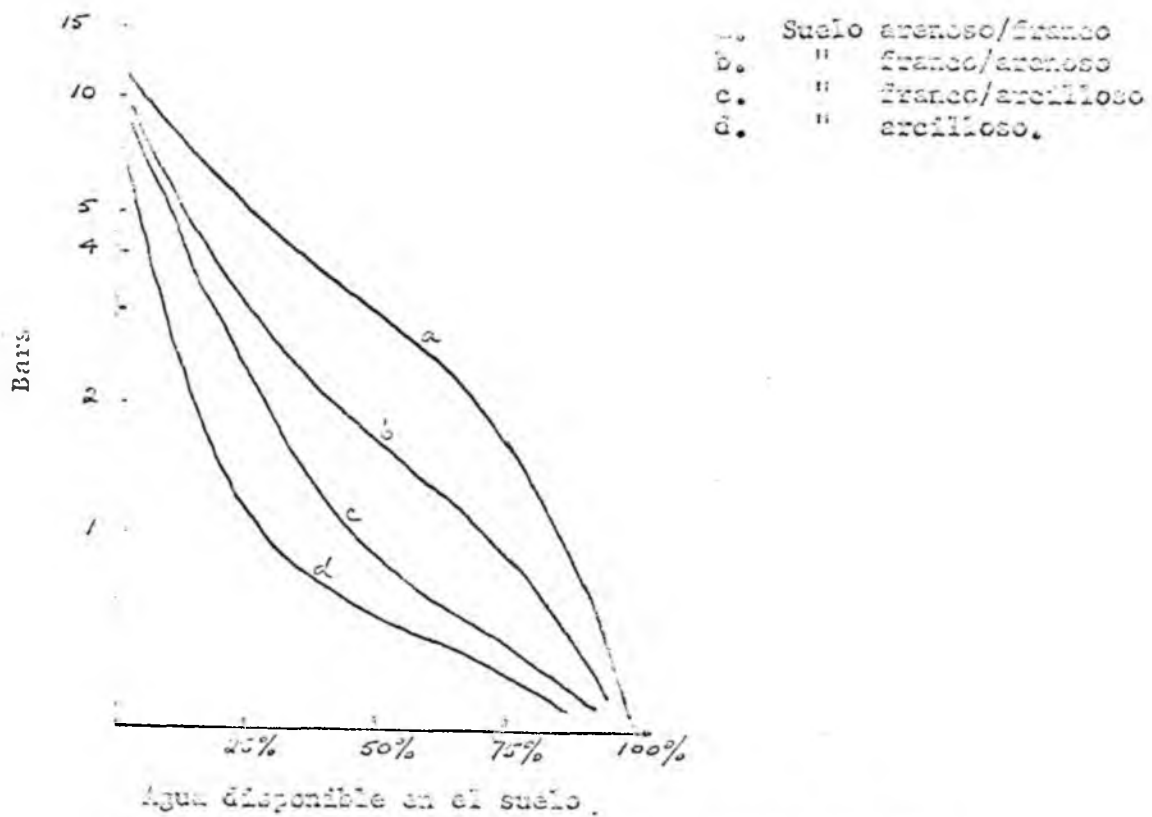


FIG. 5 Características del agua en varios suelos.
(Un bar = Una atmósfera)

- a. El número de poros del suelo y su tamaño
- b. La cantidad de poros llenos de agua
- c. La existencia de capas del suelo
- d. La existencia de estratos impermeables

Como regla general, la mayoría de cultivos deben tener por lo menos 10% de los poros llenos de aire. Capas impermeables producidas por la acción de gotas de lluvia o el paso de las ruedas, generalmente rompen y son rayadas permitiendo un intercambio de gases. Con una capa completa y 10% de los poros llenos de aire, raíces pueden existir hasta 4 días.

Estratos impermeables (producidos naturalmente o por el mal uso de maquinaria) tienen un gran efecto sobre el paso de gases, especialmente en condiciones húmedas.

1.3. La capacidad retentiva de agua del suelo.

Esta capacidad es afectada por la porosidad, la distribución y el tamaño de los poros. El requerimiento de agua por parte de la planta es inmenso. El agua es necesaria para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta porque es el vehículo con que la planta toma sus nutrientes del suelo.

Las plantas absorben el agua del suelo y es progresivamente más difícil sacar ésta agua como baja el contenido de ella en el suelo. Ver Fig. 5.

El rango de agua disponible a la planta es entre la capacidad del campo del suelo y su punto de marchitamiento. Para la gran mayoría de plantas esta posición es alrededor de 15 bars.

La infiltración de agua en el suelo depende de su textura y su estructura. Básicamente lo importante es el número y tamaño de los poros en la superficie del suelo. La velocidad sería reducida si los poros superficiales están llenos de lodo o si los terroncitos están rotos por la acción de gotas de lluvia. También sería reducida si existe una mesa de agua cerca de la superficie del suelo o un estrato impermeable en el perfil del suelo. Ver Fig. 6.

La infiltración está afectada por el contenido de humedad del suelo. Cuanto más seco es el suelo, más rápida es la infiltración.

La compactación del suelo por el paso de implementos, tiene el efecto de reducir la infiltración. Ver Fig. 7.

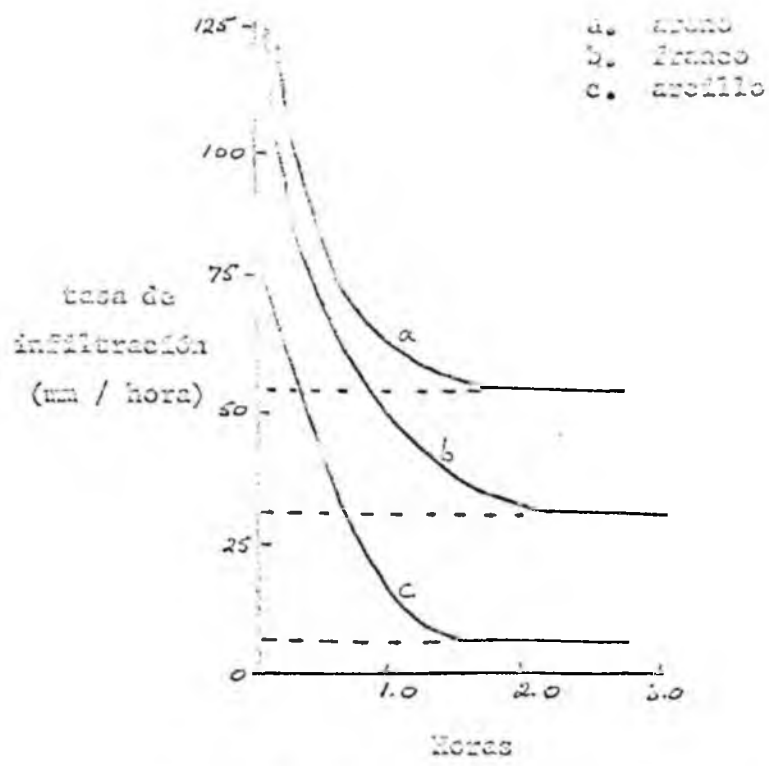


FIG. 6 Tasas de infiltración para varios suelos.

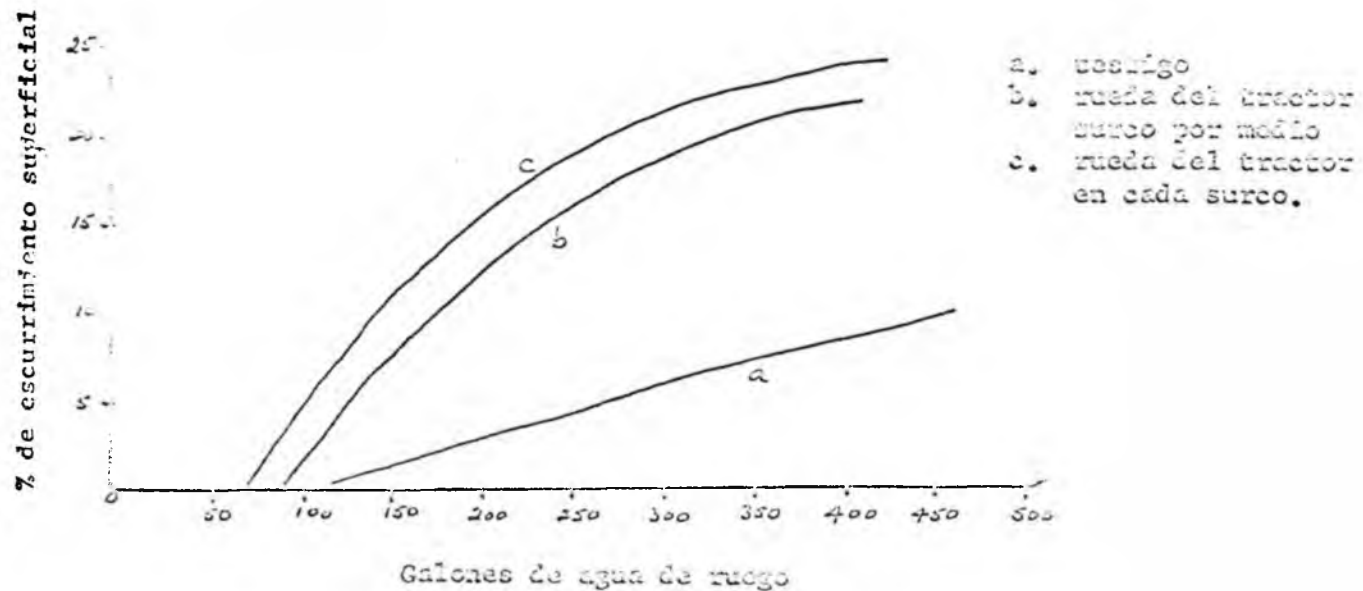


FIG. 7 Efecto del paso de las ruedas del tractor sobre la permeabilidad del suelo.

El desarrollo de raíces de las plantas en las regiones superficiales del suelo, proveen entradas para el agua, especialmente en suelos arcillosos donde su estructura es rota por la acción de las raíces. El efecto de materia orgánica sobre infiltración depende de la textura del suelo. En suelos arenosos, tendríamos una infiltración reducida y en suelos arcillosos aumentaríamos la infiltración. Ambas cosas son beneficiosas.

1.4. Nutrientes en el suelo.

Los requerimientos de la planta en términos de nutrientes será discutida en detalle en otras partes de este curso. Aquí será suficiente decir que la planta puede aprovechar los nutrientes del suelo, solamente cuando esten disueltos en agua, por lo tanto, el contenido de humedad del suelo tiene su importancia en este aspecto.

Las fuentes de nutrientes son artificiales y naturales. Si sólo podemos contar en fuentes naturales todos los factores que afectan la actividad de los microorganismos, tendrían su efecto sobre la cantidad de nutrientes disponible, es decir, la aereación del suelo y su temperatura. El desarrollo de las raíces es importante para que las plantas aprovechen un mayor volumen de suelo.

Por lo tanto cualquier restricción al crecimiento de las raíces tendrá un efecto sobre la cantidad de nutrientes disponibles.

En condiciones donde la estructura del suelo limite la exploración de las raíces, entonces, el ingreso de nutrientes por la planta es disminuído. En la práctica, sólo N y P están involucrados. Cuando los cultivos están sembrados en suelos mal drenados o en suelo compactado y húmedo, P fertilizante debe ponerse con la semilla para asegurar que la planta tenga ese nutriente. En el caso de N en suelos en la misma condición, frecuentemente es necesario aplicar más N por razón de que las raíces no exploran el suelo tanto y NO_3 está perdido por denitrificación por medio de bacterias anaerobicas.

1.5. Impedimentos mecánicos.

Se entienden como impedimentos mecánicos a aquellos factores físicos del suelo que impiden o afectan el crecimiento de las plantas directa o indirectamente.

La compactación de un suelo disminuye su porosidad y aumenta su densidad (en masa).

La compactación es causada más que nada por el paso de tractores. El primer paso hace hasta el 90% de la compactación total. Ver Fig. 8.

Entonces es importante disminuir y controlar el número de pasos. Se puede ver el número de pasos hechos durante el sistema tradicional de preparar camas de semilla en la Fig. 9.

Una cierta cantidad de compactación es necesaria alrededor de la semilla cuando germina para que pueda sacar la humedad del suelo. Pero esta compactación es necesaria solamente a la profundidad de la semilla. Si compactamos la superficie tal vez no ayudemos a la planta y estemos ayudando a la formación de una capa impermeable. Esta capa compactada afectará el nacimiento de las plántulas y en este caso es recomendable aumentar el número de semillas con el objeto de obtener mayor fuerza en la emergencia y quebrar así esta capa compactada.

El continuo humedecimiento y posterior secado de la capa de suelo puede aumentar su resistencia dos o tres veces. Pero la resistencia disminuye con un aumento de la humedad del suelo, entonces el problema casi no existe cuando el suelo está a su capacidad de campo.

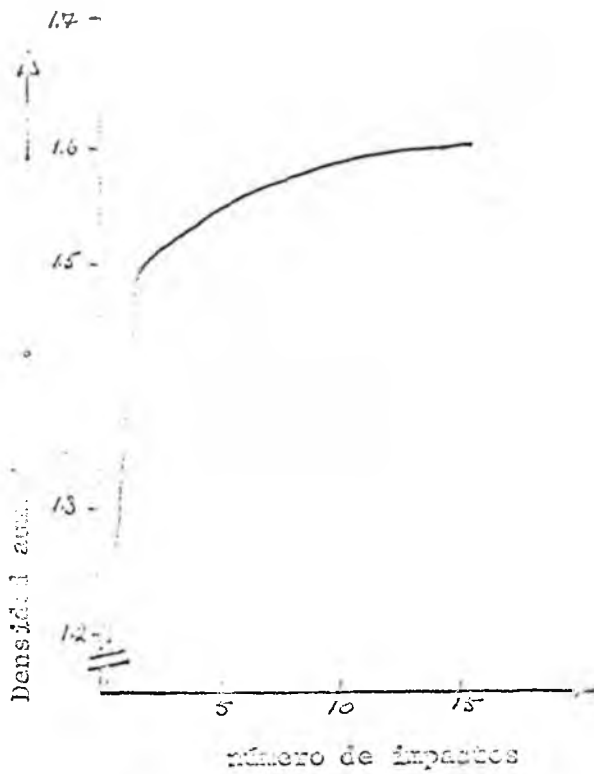


FIG. 8 Efecto del número de impactos sobre la densidad de un suelo franco/arcilloso en el laboratorio.

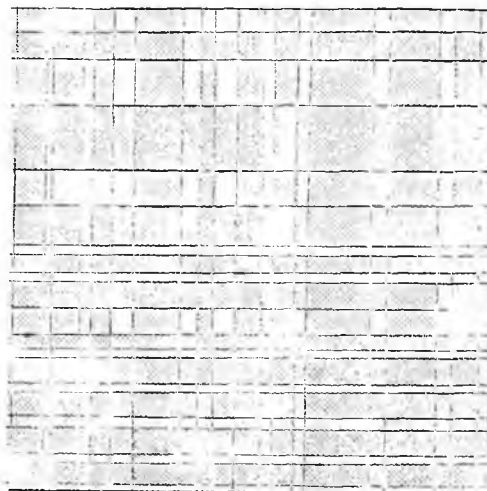


FIG. 9 Ejemplo del número de pasos de un tractor durante la preparación de una capa de semillas estratificada. (capacidad 1m, x 1m.)

Si se forma estratos compactados bajo la semilla se presentarán problemas en el crecimiento radicular, distorsionando las raíces. Esto afecta especialmente los cultivos cuyo producto final es raíces, tubérculos, etc.

La capacidad de las raíces para romper capas compactadas depende de la disponibilidad de aire, temperatura y humedad; si hay deficiencia de alguno de éstos factores existirán dificultades para romper las capas. En la Fig. 10 se muestra el efecto del contenido de O₂ en la tasa de crecimiento de las raíces cuando enfrentan impedimentos mecánicos.

En suelos compactados las raíces encuentran dificultades para penetrar y el movimiento se logra aumentando el grosor del extremo de la raíz, lo cual deforma el suelo y permite el crecimiento y avance del sistema radicular.

Se ha comprobado que en suelos compactados la dificultad de penetración tiene relación con el desarrollo de la planta. En la Fig. 11, se presenta una relación de materia seca en cebada a distintas presiones sobre la raíz.

Se produce una notable disminución en la producción de materia seca cuando la raíz ejerce presiones sobre 5 lb./pulg.²

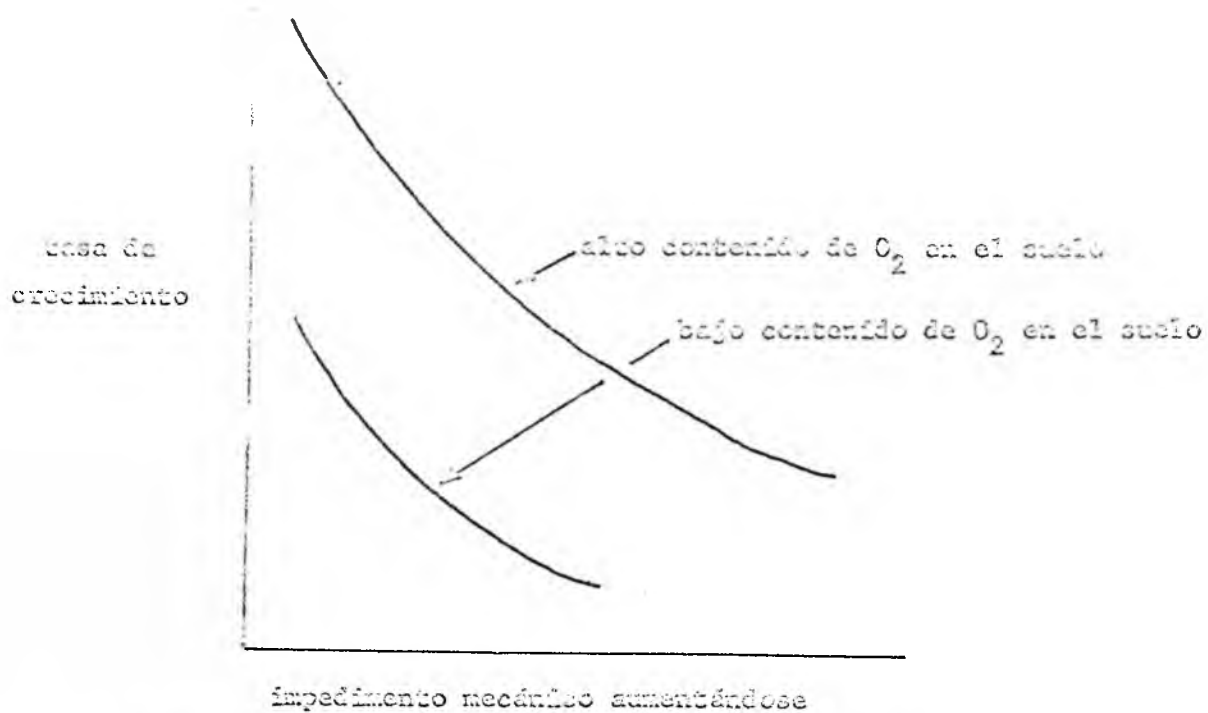


FIG. 10 Efecto de impedimentos mecánicos en el suelo sobre la tasa de crecimiento de la planta.

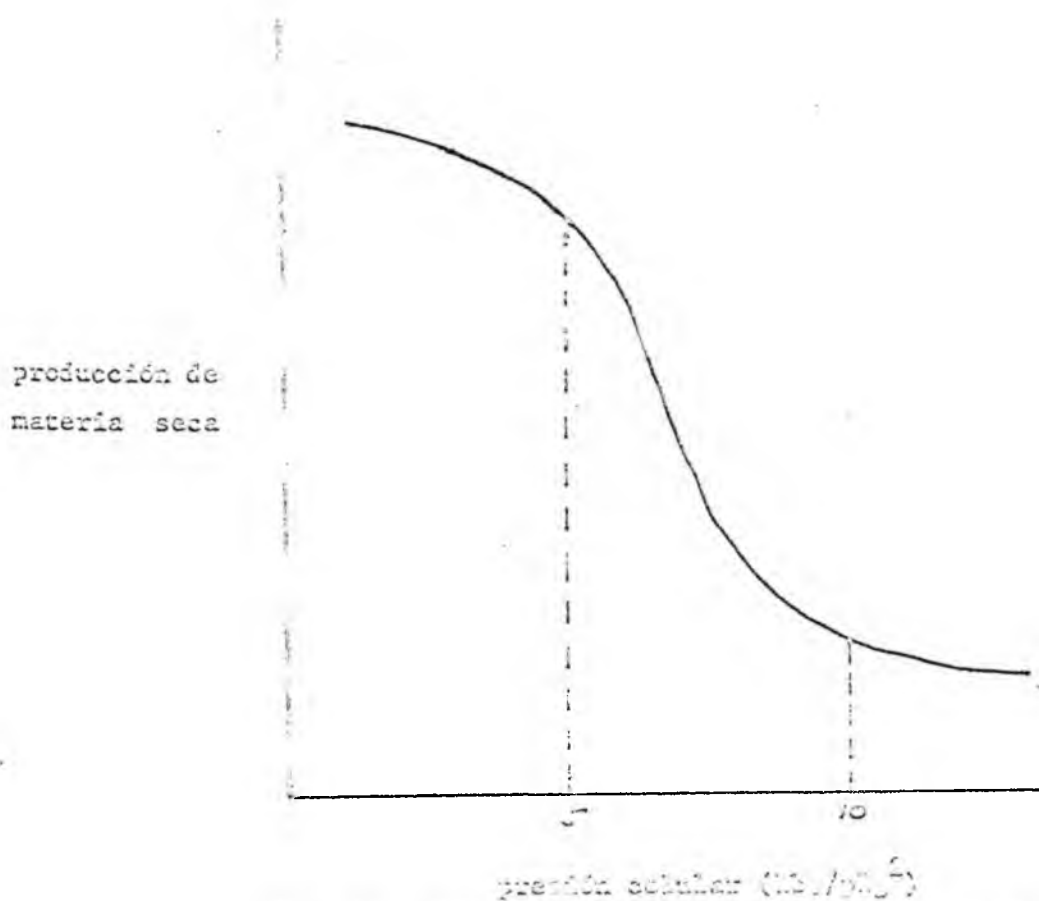


FIG. 11 Efecto de la presión celular en el suelo sobre la producción de materia seca.

2. PAPEL DEL LABOREO DEL SUELO EN LA PROVISION DE LOS REQUERIMIENTOS FISICOS DEL CULTIVO.

2.1. Temperatura.

La temperatura del suelo es función de:

- Conductividad térmica del suelo
- Calor específico del suelo
- Radicación solar recibida

La conductividad térmica es función de:

- Densidad del suelo
- Contenido de humedad

Por lo tanto, bajando la densidad y/o la humedad de un suelo, resultaría una disminución de la conductividad térmica.

En la Fig. 12, se grafica la relación entre el contenido de humedad y conductividad térmica del suelo, la cual aumenta rápidamente con pequeñas elevaciones del porcentaje del agua para los rangos de humedad, tendiendo a estabilizarse para altos contenidos de humedad.

El calor específico es función de:

- Contenido de humedad del suelo
- Composición del suelo.

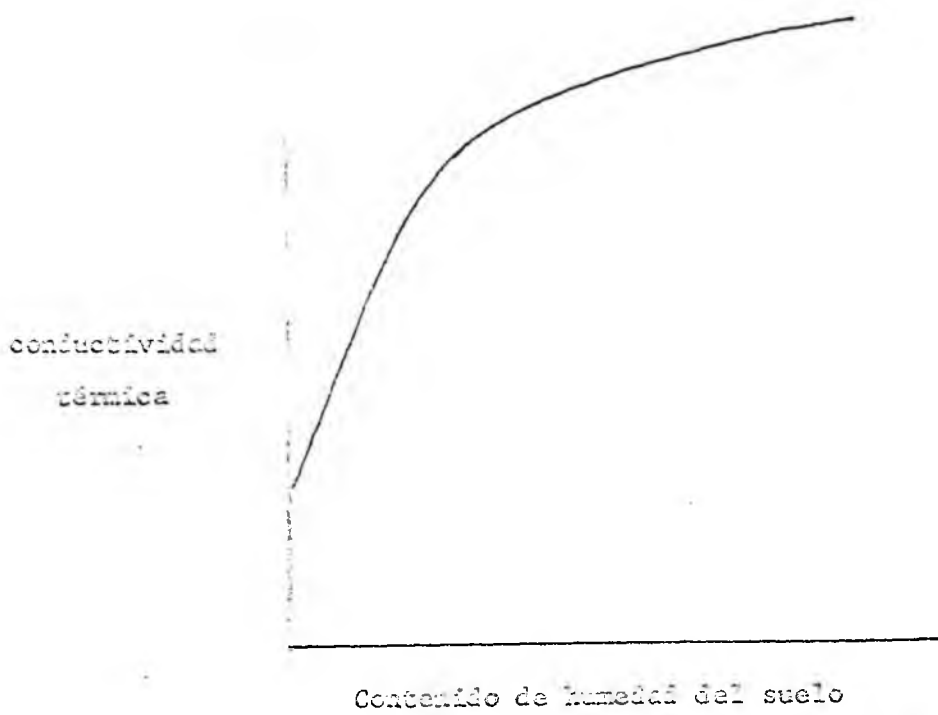


FIG. 12 Relación entre el contenido de humedad del suelo y su conductividad térmica.

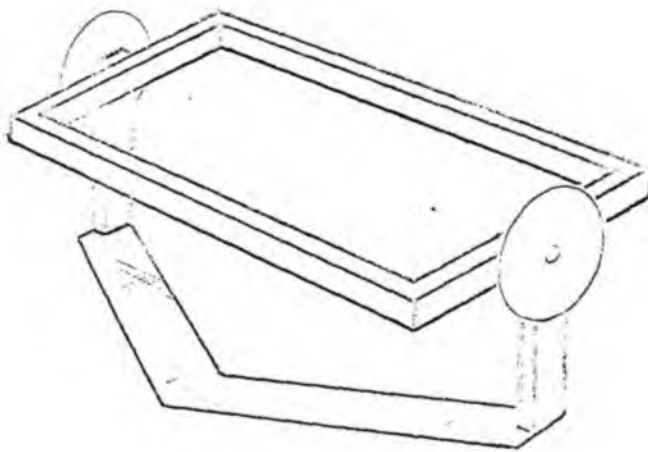


FIG. 13 Cuchillo ancho usado para cortar malezas sin invertirlos.

Aumentando la humedad del suelo, tendría el efecto de aumentar su calor específico. El calor específico de un compuesto está determinando su capacidad calórica. El agua tiene un calor específico igual a 1; la mayoría de los componentes del suelo aproximadamente 0.2, y el humus 0.4 - 0.5.

Analizando estos valores se aprecia fácilmente la influencia determinante del contenido de humedad en la capacidad calórica del suelo.

La radiación solar recibida es función de:

- Angulo de incidencia de los rayos solares
- Naturaleza de la cubierta superficial
- Elevación o altura

Soltando el suelo, tiene el efecto de modificar algunos de los factores que condicionan la temperatura del suelo.

El primer efecto es disminuir la densidad aparente y aumentar la evaporación. Con la siguiente reducción en humedad tendríamos una reducción en calor específico y, por lo tanto el suelo se calentará más rápido. Este sería el efecto superficial porque la reducción en conduc

tibilidad térmica (resultado de la reducción de humedad) significaría un aumento de la temperatura del suelo más lenta a profundidad.

Una cobertura del suelo (mulch) tiene el efecto de disminuir la temperatura del suelo porque la radiación solar es detenida antes de que llegue a la superficie del suelo.

En resumen podemos decir que en regiones donde sea importante podremos aumentar la temperatura de la cama de semilla para prolongar la época disponible para los cultivos. Para lograr este efecto, es necesario sacar agua del suelo; si queremos conservar el agua y nivelar las fluctuaciones en la temperatura del suelo, sería mejor dejar una cobertura vegetativa sobre la superficie del suelo

2.2. Aireación.

Como ya se ha visto, el intercambio de gases entre suelo y atmósfera, depende de:

- La porosidad
- Tamaño y distribución de los poros
- Contenido de humedad

Por medio de labores en el suelo es posible alterar el tamaño de los agregados y disgregar los aglomerados, y por lo tanto modificar la aireación del suelo. En suelos sueltos se han observado que el consumo de oxígeno aumenta (pero es muy probable que este consumo sobrepase las necesidades de las plantas).

Si existen problemas de aireación debido a que los poros están llenos de agua, un sistema para mejorar la situación es drenar el suelo.

2.3. Contenido de humedad.

La capacidad de un suelo para retener agua es afectada por la porosidad y el tamaño y distribución de los poros.

En suelos compactos, las labores de suelo pueden mejorar la porosidad y por lo tanto la infiltración del agua.

El drenaje interno puede ser mejorado mediante labores que destruyen los estratos impermeables (pero una forma de iniciar dichos estratos es por el uso de maquinaria).

Las labores que eliminan las malezas pueden ser valiosas evitando así la competencia por agua entre las malezas y el cultivo. Durante el proceso de sacar malezas, son cortadas y elevadas, al mismo tiempo las raíces del cultivo pueden ser cortadas y la capacidad de ellas para absorber agua sería reducida.

Además el suelo está suelto y por evaporación tendríamos un contenido de humedad reducido en el suelo.

Cuando germinan las semillas es importante tener el suelo compactado alrededor de éstas para que ellas puedan absorber el agua. La producción de una cama de semillas donde no están las semillas, sirve solamente para las semillas de malezas, además puede producir capas que impiden la infiltración de agua.

Pensando en estos puntos, parece que la solución sería producir una cama de semilla alrededor de éstas y dejar el suelo, donde no hay semillas, con sus terrones.

2.4. Elementos nutritivos y materia orgánica.

La liberación y disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo, está ligada en gran medida a la actividad de los microorganismos la que a su vez está relacionada con la humedad, aireación y temperatura. La materia orgánica es reducida por los microorganismos y la velo-

cidad de esta reacción depende de las condiciones del medio en que se encuentran.

El laboreo del suelo puede mejorar las condiciones de humedad, temperatura y aireación, promoviendo la actividad biológica y por lo tanto favoreciendo el desarrollo de las plantas.

La presencia de malezas presenta competencia para nutrientes y labores al suelo pueden eliminarlas.

2.5. Impedimentos mecánicos.

Como ya hemos mencionado, la gran mayoría de capas y estratos impermeables son causados por la sobremecanización del suelo.

Sin embargo, una vez formadas el uso de la mecanización puede destruir estas capas para proveer un ambiente más favorable para el desarrollo del cultivo.

3. SISTEMAS PARA PREPARAR EL SUELO.

3.1. Introducción y el uso del arado.

Tradicionalmente, los implementos empleados para la preparación del suelo eran el arado (de disco o de vertedera) y la rastra (de discos o de rejas). Existe un rango

muy amplio de implementos para la preparación final de la cama de semilla, pero la gran mayoría tienen el objeto de compactar el suelo desmenuzado para que la semilla tenga un ambiente óptimo para su germinación.

Indudablemente, con estos implementos podemos satisfacer los requerimientos del cultivo, pero es muy probable que en muchos años y para muchos cultivos estemos sobrecultivando el suelo.

La labranza excesiva de los suelos es una de las principales causas que produce erosión y éste problema se agrava mayormente en la Sierra ecuatoriana en donde la mayor parte de la tierra cultivable se encuentra en pendientes. Al realizar las labores tradicionales de preparación de éstos suelos, quedan sueltos y desprovistos de vegetación y al llegar las lluvias es arrastrada gran cantidad el suelo.

Ahora bien, analizando las razones para arar y cultivar, podemos ver si son realmente necesarias o nó. Las razones son:

a. Controlar malezas.

Es cierto que el arado de vertedera es capaz de efectuar un buen control de malezas. Hoy existe un ran

go de herbicidas suficiente para controlar casi todas las malezas que hay y el uso de herbicidas quiere decir que no estamos trayendo semillas de malezas de estratos profundos cada vez que enterramos la capa superficial del suelo. El uso de implementos para el control de malezas durante la vida de las plantas pueden tener efectos perjudiciales al cultivo como resultado de la poda de las raíces y la pérdida de la humedad del suelo.

b. Enterrar vegetación o residuos de la cosecha.

Ahora con nuevos sistemas de cultivación es reconocida la importancia de éstos como mulch protector de erosión y conservador de humedad.

c. Prover aereación al suelo.

En la gran mayoría de las regiones que producen cereales, la necesidad para un aumento de la aereación natural del suelo es dudosa. El uso del arado produce un estrato superficial del suelo y que tiene menos estructura que el suelo no tocado y el sistema natural de canales efectuados por raíces, animales y microorganismos, está destruido. En muchos suelos estos canales permiten un buen intercambio de gases con la atmósfera.

go de herbicidas suficiente para controlar casi todas las malezas que hay y el uso de herbicidas quiere decir que no estamos trayendo semillas de malezas de estratos profundos cada vez que enterramos la capa superficial del suelo. El uso de implementos para el control de malezas durante la vida de las plantas pueden tener efectos perjudiciales al cultivo como resultado de la poda de las raíces y la pérdida de la humedad del suelo.

b. Enterrar vegetación o residuos de la cosecha.

Ahora con nuevos sistemas de cultivación es reconocida la importancia de éstos como mulch protector de erosión y conservador de humedad.

c. Provoer aereación al suelo.

En la gran mayoría de las regiones que producen cereales, la necesidad para un aumento de la aereación natural del suelo es dudosa. El uso del arado produce un estrato superficial del suelo y que tiene menos estructura que el suelo no tocado y el sistema natural de canales efectuados por raíces, animales y microorganismos, está destruido. En muchos suelos estos canales permiten un buen intercambio de gases con la atmósfera.

d. Preparar una cama de semilla.

Ahora con los resultados de ensayos y por observación es reconocida que muchos cultivos no necesitan una cama de semilla tradicional. Es seguro que la preparación de una cama de semilla entre las hileras de semilla es completamente inútil.

e. Controlar insectos y enfermedades.

Antes de la introducción de productos químicos y de los avances en fitomejoramiento, era una necesidad arar el suelo para controlar ciertos insectos y enfermedades. En ensayos en Europa, la incidencia de Ophiobolus graminis (take-all) y Cercospora herpotrichoides (Eye-spot), fué disminuída en trigo sembrado en suelos no preparados.

f. Incorporar fertilizantes o cal.

Ensayos realizados por muchos años han indicado que el rendimiento de un cultivo es perfectamente bueno cuando éstos productos son puestos sobre la superficie después de sembrar o con la semilla en el momento de la siembra.

g. Ayudar en el desarrollo de las raíces.

Cultivos sembrados en suelos no arados, mejoran cada año como resultado del mejor sistema de canales naturales dejados por las raíces del año anterior.

3.2. Métodos de reducir el número de labores hechas al suelo.

Una regla básica es:

- Solamente hacer lo mínimo al suelo, lo necesario para que crezca el cultivo.

Algunos sistemas de labranza mínima han sido desarrollados con el fin de reducir el costo de cultivación, el tiempo requerido y las pérdidas del suelo. Entre otros, los sistemas son:

a. Arar y sembrar en dos operaciones.

Este sistema consiste en arar y sembrar inmediatamente después. Resulta en una reducción del número de pasos sobre el terreno y la erosión debida a agua y viento es reducida. Pero todavía necesitamos mucha potencia.

b. Rotavator y sembradora combinada.

Este sistema consiste en un Rotavator que forma una cama de semilla y la semilla es sembrada inmediatamente por medio de una sembradora montada sobre la máquina.

Otro sistema es preparar el suelo en fajas con un Rotavator especial, de esta manera dejamos el suelo sin tocar entre hilera.

Este sistema representa una disminución de pasos sobre el suelo y deja materia orgánica en la capa superficial del suelo donde tiene el efecto de proteger un poco el suelo contra la erosión.

c. Arado de cincel.

Un sistema que reduce un poco el número de operaciones es el uso del arado de cincel, que no invierte el suelo, seguido por la sembradora.

El sistema es ahora muy popular en los Estados Unidos y Europa, aunque es solamente un poco mejor que el sistema tradicional en cuanto se refiere a costos de operación, número de pasos, inversión en maquinaria, requerimiento de potencia y mano de obra. Las ventajas son una disminución de erosión (de agua y viento) y una mejor infiltración del agua al suelo.

d. "Stubble Mulch Planting" ó el uso del implemento de discos ó cuchillos seguidos por la sembradora.

Este sistema utiliza los residuos del cultivo anterior como mulch y el número de pasos es reducido.

Básicamente la vegetación está cortada y dejada en la superficie del suelo usando cuerpos largos de discos pequeños o cuchillos trabajando debajo de la superficie del suelo. Ver Fig. 13.

3.3. Cero labranza.

Ahora hemos llegado al punto donde para muchos cultivos y en muchos tipos de suelos es posible sembrar directamente en el rastrojo del cultivo anterior.

El sistema consiste básicamente en matar la vegetación con un químico "Gramaxone" y después de dos o tres días, sembrar directamente. El control de malezas, plagas y enfermedades es efectuado por medio de químicos y, por lo tanto la maquinaria necesaria consiste de una sembradora y una pulverizadora (y, por supuesto maquinaria para cosechar).

Este sistema nuevo tiene las siguientes ventajas:

1. Rendimientos más altos
2. Costos de producción reducidos
3. Mejor retención del agua en el suelo
4. Menos erosión del suelo por agua y viento
5. Menos daño al suelo por parte de la maquinaria
6. Labores hechas al tiempo correcto, y tal vez la producción de más cosechas por año
7. Ahorros en mano de obra

R E F E R E N C I A S

1. DAVIES, B., EAGLE, D., FINNEY, B. (1972). Soil Management
Ipswich. Farming Press Ltd.
2. HUDSON, N. (1971). Soil Conservation. London; Batsford.
3. PHILLIPS, S.H. and YOUNG, H.M. (1973). No Tillage Farming.
Milwaukee. Reiman Associates.
4. RUSSEL, E.W. (1961). Soil Conditions and plant growth.
London. Longmans.

- o -

/ldeb.