

FÍSICA DE SUELOS. SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA.

INTRODUCCIÓN

La demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas; generalmente basada en la mecanización con tractores y arados inadecuados para una u otra condición de suelo. Lo que ha generado un agudo proceso de degradación, manifiesto en la pérdida de nutrientes y suelo, originado por el golpeteo de las gotas de lluvia y la escorrentía, causa fundamental de la pérdida de la capacidad productiva de los suelos cultivados (Pacheco, 2000).

FAO (1994), señala que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin dudas, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y, más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

Entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura cubana, la degradación de los suelos y el no prestarle la debida atención a los procesos que la ocasionan, comprometen seriamente el futuro del país. Hoy enfrentamos el reto de lograr establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la creciente demanda alimentaria de la población, reto consistente en detener los procesos que degradan los suelos. (Instituto de Suelos, 2001).

El 56% del fondo de suelo del territorio nacional está clasificado como potencialmente erosionable, Riverol (1985). El 40% de los suelos cultivables de Cuba están erosionados en mayor o menor grado, (Pérez et al., 1990); lo cual es alarmante en un país con tasa demográfica alta y en constante crecimiento.

El estudio sistemático de los procesos erosivos, en Cuba, se inicia con los trabajos desarrollados por Radkov et al. (1973), en la Estación Experimental del Tabaco, provincia Pinar del Río. En la década de los 80, comienzan trabajos de mayor envergadura (Bouza et al., 1981; Castro et al., 1989; Peña et al., 1995 y Riverol et al., 1998), que han generado

un paquete tecnológico para el uso y manejo de los suelos dedicados a tabaco fundamentalmente.

1. CONCEPTUALIZACION

1.1 Productividad: Es la medida de la capacidad que tiene un suelo para contener, en forma asequible para las plantas, todo aquello que estas necesitan para su crecimiento y desarrollo.

1.2 Necesidades vitales de las plantas, contenidas en el suelo: agua, aire, nutrientes, sostén y calor.

La disponibilidad en el suelo de todo aquello que es imprescindible para el crecimiento y desarrollo de las plantas, está en dependencia de las propiedades del suelo, sobre las cuales influyen los factores naturales y la actividad del hombre.

1.3 Agrupamiento de las propiedades del suelo.

- ▶ Propiedades físicas
- ▶ Propiedades químicas
- ▶ Propiedades físico-químicas
- ▶ Propiedades biológicas

Para el estudio de esas propiedades es necesario partir del hecho de que el suelo es un **cuerpo natural** en el cual concurren las fases sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está formada por partículas minerales, órgano-minerales y orgánicas; la fase líquida la constituye el agua del suelo y la fase gaseosa es el aire.

1.4 Principales propiedades físicas del suelo.

- ▶ Es un cuerpo altamente disperso, formado por partículas cuyo tamaño va desde 2 mm de diámetro hasta menores de 0.001 mm. Esta propiedad se sintetiza en la palabra **dispersión**, en virtud de la cual el suelo tiene una alta **superficie específica**.
- ▶ Las partículas, por lo general, no se encuentran separadas en el suelo, sino que están formando agregados, lo que se conoce como **agregación** y también como **estructura**.
- ▶ Como consecuencia de las dos propiedades anteriores, el suelo es un cuerpo poroso y el tamaño de los poros va desde 3 mm de diámetro hasta menores de 0.0002 mm. Esta propiedad se sintetiza en la frase **porosidad del suelo**.
- ▶ Como todos los cuerpos naturales, el suelo tiene un **peso por unidad de volumen**.

► Bajo la influencia de la fuerza de la gravedad, el suelo deja pasar el agua a través de los espacios que quedan en su interior, no ocupados por la fase sólida. Esta propiedad se sintetiza en la palabra **permeabilidad**.

► Bajo la influencia de fuerzas capilares, el agua se mueve desde los puntos donde el contenido es mayor hacia aquellos donde ese contenido es menor, lo que se conoce como **movimiento capilar del agua en el suelo**.

► El suelo retiene una cantidad determinada de agua en una parte de los espacios no ocupados por la fase sólida. Esta propiedad se sintetiza en la frase **retención de agua**.

► Como consecuencia de las tres propiedades anteriores, en el suelo existe una **reserva de agua**, cuya magnitud varía constantemente, bajo la influencia de tres factores principales: las propias características del suelo, el clima y la vegetación.

► Dentro del suelo circula una cantidad determinada de aire, a través de los espacios no ocupados por la fase sólida ni por el agua. Esta propiedad se sintetiza en la frase **intercambio de aire suelo-atmósfera**.

1.5 Comportamiento físico del suelo

El conjunto de las propiedades físicas descritas, le confiere al suelo un **comportamiento físico** determinado, al cual le podemos dar las categorías de muy favorable, favorable, favorable con limitaciones, desfavorable y muy desfavorable, en correspondencia con las características del lecho que le proporcione el suelo a las plantas y otros organismos que viven en él.

1.6 Ejemplo de propiedad química del suelo

Existencia de componentes químicos que reaccionan entre sí y provocan cambios en el medio, como variaciones del pH, variaciones en la solubilidad de sustancias y otros.

1.7 Ejemplo de propiedad físico- química del suelo

Intercambio de iones entre la superficie de las partículas y el medio que las rodea.

Principalmente, el intercambio es de cationes, por lo que esta propiedad se conoce como **capacidad de cambio catiónico (CCC)**. Entre los cationes están las bases del suelo (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+) y otros como el Al^{+++} y el H^+ . El intercambio de cationes puede producirse en el **medio suelo**, debido a la alta dispersión de este, de donde deriva la alta superficie específica. Esto es un ejemplo de interrelación entre las propiedades físicas y las físico-químicas.

1.8 Ejemplo de propiedad biológica del suelo

Existencia de macro y microorganismos vivos que cumplen, como función principal, descomponer la materia orgánica y convertirla en humus, el cual se combina con la parte mineral del suelo y forma los compuestos órgano- minerales, de alta actividad química y físico-química.

Los organismos vivos del suelo necesitan de aire, agua y calor, los cuales son proporcionados, en dependencia de las propiedades físicas.

2. MEDIDA EN QUE SE MANIFIESTAN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

2.1 Aspecto general

En todos los suelos se manifiestan las propiedades que les son inherentes como cuerpo natural; no hay suelo que deje de tener una de las propiedades descritas, porque de ser así, dejaría de ser suelo. La cuestión esencial radica en el hecho de que existen muchos tipos de suelos diferentes, los cuales están recogidos en las clasificaciones.

Por ejemplo, la **Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba**, contempla 14 agrupamientos, 36 tipos genéticos y 174 subtipos.

2.2 Propiedades e índices físicos

Hasta aquí nos hemos referido al aspecto cualitativo del problema, pero resulta necesario conocer la medida en que se manifiesta cada propiedad del suelo, para lo cual se utilizan los **índices**. Por ejemplo, una medida en que se manifiesta la permeabilidad de un suelo dado, es la velocidad con que el agua pasa a través de él, bajo la influencia de la fuerza de gravedad; este índice se conoce como **velocidad de infiltración (Vi)** y se expresa como la cantidad de agua **Q** que pasa a través de una capa determinada en una unidad de tiempo **t**; entonces:

$$V_i = \frac{Q}{t}$$

De ahora en adelante nos referiremos a la medida en que se manifiestan las propiedades físicas del suelo como factor de su productividad, tomando como ejemplo tipos de suelos que contrastan en esas propiedades. Para ello partiremos de las principales propiedades físicas, ya descritas, y los principales índices físicos (Tabla 1).

2.3 Significado de cada índice

- ▶ **Composición mecánica:** Distribución porcentual de las partículas elementales del suelo (arena, limo y arcilla).
- ▶ **Superficie específica:** Sumatoria de la superficie de las partículas que está en contacto con el medio que las rodea.
- ▶ **Grado de agregación:** Parte del suelo que se encuentra formando agregados.
- ▶ **Índice de estabilidad de los agregados:** relación entre la cantidad de agregados que es estable en agua y el total de los agregados.
- ▶ **Peso específico:** Peso por unidad de volumen de la fase sólida del suelo.

Tabla 1: Principales propiedades físicas e índices físicos de los suelos

PROPIEDADES	INDICES	UNIDADES DE MEDIDA	RANGO DE VALORES
Dispersión	Composición mecánica ● ¹	%	10 - 75 ● ²
	Superficie específica	m ² .g ⁻¹	0.01-120
Agregación	Grado de agregación	%	10 - 100
	Estabilidad de los agregados	s /u	0.07-0.95
Peso por unidad de volumen	Peso específico	g . cm ⁻³	2.30-3.00
	Peso volumétrico	g . cm ⁻³	0.80-1.60
Porosidad	Porosidad total	% de vol.	40 - 65
	Porosidad de aireación	% de vol.	2 - 20
	Composición poral ● ³	%	7 - 27 ● _—
Permeabilidad	Velocidad de infiltración	mm . h ⁻¹	1 - 300
	Conductividad hidráulica	m . día ⁻¹	0.01 - 30
Movimiento capilar del agua	Elevación capilar	cm . día ⁻¹	
Retención de agua (f. e.)	Humedad higroscópica	%	1 - 15
	Humedad higroscópica máx.	%	3 - 20
Retención de agua (f.c.)	Humedad de marchitez	%	5 - 40
	Capacidad de campo	%	7 - 65
Almacenamiento	Reserva de agua en el primer metro de suelo	mm m ⁻³ . ha ⁻¹	100-520 1000-5200

●¹ Este índice incluye los valores de los % de arena, limo y arcilla.

●² Este rango de valores se refiere a los % de arcilla.

●³ Este índice incluye los valores de cada rango de tamaño de poros.

●_ Este rango de valores se refiere al rango de tamaño de poros en el cual se retiene el agua.

▶ **Peso volumétrico:** Peso por unidad de volumen del suelo, tal y como este se encuentra en la naturaleza.

▶ **Porosidad total:** Espacio en el interior del suelo, no ocupado por su fase sólida.

▶ **Porosidad de aireación:** Espacio no ocupado por agua en el interior del suelo, cuando este se encuentra en la capacidad de campo.

▶ **Composición poral:** Distribución porcentual de los diferentes rangos de tamaño de poros.

▶ **Velocidad de infiltración:** Velocidad con que el agua penetra en el suelo, a través de sus diferentes capas, bajo la influencia de la fuerza de gravedad.

▶ **Conductividad hidráulica:** Velocidad de filtración que se presenta en un medio poroso saturado y donde el movimiento esencial es en el sentido horizontal.

▶ **Humedad higroscópica:** Contenido de humedad del suelo en ambiente de laboratorio, cuando se ha perdido toda el agua capilar por evaporación y solo queda la que es retenida en la superficie de las partículas por fuerzas electrostáticas.

▶ **Humedad higroscópica máxima:** Similar a la anterior, pero determinada después que las muestras se han mantenido en ambiente saturado de vapor de agua, durante un tiempo suficiente para que se retenga el máximo posible de capas de moléculas en la superficie de las partículas.

▶ **Humedad de marchitez:** Humedad límite en la cual las plantas pueden extraer agua del suelo, de modo que si desciende el contenido de agua, las plantas se marchitan de modo irreversible.

▶ **Capacidad de campo:** Contenido de humedad del suelo en el momento en que ha cesado el movimiento vertical hacia abajo del agua bajo la influencia de la gravedad.

▶ **Reserva de agua:** Cantidad de agua contenida en una capa determinada del suelo, medida en altura de la lámina o en metros cúbicos por hectárea.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL CONOCIMIENTO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS

3.1 Delimitación de los problemas y las soluciones

A partir de que un suelo está caracterizado y se conocen los rangos de los valores de los índices en estado de poca o ninguna alteración por el hombre, se pueden establecer los problemas que existen en un área determinada, para lo cual debemos conocer el carácter de las variaciones de cada índice.

3.2 Carácter de las variaciones de los índices físicos

Hay un grupo de índices cuya variación en el tiempo es muy poco notable, un grupo de variación lenta y uno de rápida variación, como se expresa a continuación.

Grupo de variación muy poco notable en el tiempo.

- ▶ Composición mecánica
- ▶ Superficie específica
- ▶ Peso específico
- ▶ Humedad higroscópica
- ▶ Humedad higroscópica máxima

Grupo de variación lenta

- ▶ Grado de agregación
- ▶ Porosidad total
- ▶ Conductividad hidráulica
- ▶ Humedad de marchitez
- ▶ Capacidad de campo
- ▶ Reservas de agua

Grupo de rápida variación

- ▶ Índice de estabilidad de los agregados
- ▶ Peso volumétrico
- ▶ Porosidad de aireación
- ▶ Composición poral
- ▶ Velocidad de infiltración
- ▶ Elevación capilar

3.3 Monitoreo de los índices físicos

Para los estudios en dinámica, los índices más factibles a monitorear y que pueden aportar mayor información sobre el estado de degradación de los suelos, son los siguientes:

- ▶ Índice de estabilidad de los agregados
- ▶ Peso volumétrico
- ▶ Velocidad de infiltración

3.4 Ejemplo de problema y su solución

Uno de los tantos problemas que pueden presentarse en un área determinada es **alta compactación en la capa de suelo comprendida entre los 15 y 40 cm de profundidad**, lo que da lugar a que se produzcan encharcamientos temporales y que el sistema radical de las plantas se desarrolle muy cerca de la superficie, desaprovechando el agua y los nutrientes de las capas inferiores.

Para el problema anterior, una solución a corto plazo sería la **subsolación**, la cual ejerce una acción mecánica sobre el suelo; sin embargo, hay que tener en cuenta que la compactación no es solo un problema de carácter mecánico, sino también de degradación por pérdida de materia orgánica, pérdida de agregación de las partículas y otros fenómenos, los cuales requieren medidas de mejoramiento a mediano y largo plazo, como la aplicación de materia orgánica, labores con tracción de bajo peso, introducción de plantas de sistema radical profundo, forestación y otras.

4. Efecto de la labranza sobre las características físicas de los suelos.

Los sistemas de cultivo, que son definidos por el conjunto de los sistemas de labranza y de manejo de los cultivos y de sus residuos, tienen una influencia importante en las propiedades físicas del suelo. En gran parte, el tipo y la magnitud de esta influencia depende de la labranza del suelo. La labranza del suelo es hecha con el propósito de alterar sus propiedades físicas y posibilitar a las plantas la expresión de todo su potencial. Las técnicas de labranza del suelo son utilizadas a fin de proporcionar una buena sementera y desarrollo de raíces, controlar malas hierbas, manejar los residuos de los cultivos, reducir la erosión, nivelar la superficie para el plantío, riego, drenaje, trabajos culturales y operaciones de cosecha e incorporar fertilizantes o pesticidas. La labranza incorrecta del suelo, causada por la falta de conocimiento de los objetivos y de las limitaciones de las técnicas de labranza, puede resultar negativa para el mismo. La labranza incorrecta del suelo es una de las causas de la erosión y de la degradación física del suelo.

La degradación física del suelo puede ser definida como la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Esa degradación estructural puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como bajo la capa arada, donde surgen capas

compactadas. Con esa degradación, las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía y de erosión aumentan (Cabeda, 1984).

5. Causas de la degradación física del suelo.

Las principales causas de la degradación de las características físicas del suelo son:

- Cobertura inadecuada de la superficie del suelo, que expone los agregados de la superficie del suelo a la acción de lluvias; como consecuencia ocurre el colapso estructural de estos agregados, formándose costras con espesor medio de un milímetro que reducen drásticamente la infiltración de agua.
- Excesiva labranza y/o labranza con humedad inadecuada: la labranza en exceso y superficial lleva a la rotura de los agregados, favoreciendo la formación de costras, escurrimiento y el transporte de partículas (erosión). La reducción de la rugosidad provocada por la labranza induce a una elevación de la velocidad del escurrimiento y a la disminución de la tasa de infiltración, aumentando los efectos erosivos por la mayor energía cinética del agua en la superficie del suelo. A su vez, la utilización de equipos inadecuados y pesados y el pasaje de maquinaria sobre el suelo cuando este presenta consistencia plástica lleva al surgimiento de capas compactadas subsuperficiales, normalmente situadas entre 10 y 30 cm de profundidad y con un espesor de 10 a 15 cm. Esas capas ofrecen fuerte resistencia a la penetración de las raíces de las plantas y restringen la capacidad de infiltración de agua y la aireación.
- Pérdida de la materia orgánica del suelo: el manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura.

6. Etapas del proceso de degradación física del suelo.

La degradación de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas (Mielniczuk y Schneider, 1984):

- **Etapas 1** Las características originales del suelo son destruidas gradualmente; la degradación es poco perceptible debido a la poca intensidad de los procesos y al mantenimiento de la productividad por el uso de correctivos y fertilizantes.
- **Etapas 2** Ocurren pérdidas acentuadas de la materia orgánica del suelo, con fuerte daño de la estructura (colapso estructural). Hay, además de encostramiento superficial, compactación subsuperficial, que impide la infiltración del agua y la penetración de raíces. De esta forma, la erosión se acentúa y los cultivos responden menos eficientemente a la aplicación de correctivos y fertilizantes.

- **Etapa 3** El suelo está intensamente dañado, con gran colapso del espacio poroso. La erosión es acelerada y hay dificultad de operación de la maquinaria agrícola. La productividad cae a niveles mínimos. El tiempo para llegar a esa tercera etapa de degradación depende de la intensidad de uso de prácticas inadecuadas de labranza y manejo, de la pendiente de las tierras, de la textura del suelo y de la resistencia del suelo a la erosión hídrica (Mielniczuk y Schneider, 1984).

7. Principales características físicas afectadas por la labranza.

La pérdida de la calidad física de un suelo puede ser evaluada por la alteración de algunas de las más importantes características físicas del suelo, tales como la densidad, la porosidad, la distribución del tamaño de poros, la estructura y la tasa de infiltración de agua en el suelo.

7.1 Densidad y porosidad del suelo.

Los suelos poseen naturalmente diferentes densidades debido a variaciones de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica. Brady (1974) cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm³ y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm³ y una porosidad de 40 a 60%. Sin embargo la densidad y la porosidad del suelo son características que pueden variar en función del tipo y de la intensidad de labranza, siendo por eso buenos indicadores de lo adecuado de los sistemas de labranza del suelo, indicando la mayor o menor compactación que estos promueven.

Los valores adecuados de la densidad del suelo fueron definidos por Archer y Smith (1972), como aquellos que proporcionan la máxima disponibilidad de agua y por lo menos 10% de espacio de aire en un suelo sometido a una succión de 50 mb. Según esos autores, las densidades del suelo oscilan alrededor de 1,75 g/cm³ para suelos de textura arena franca, 1,50 g/cm³ para suelos franco arenosos, 1,40 g/cm³ para suelos franco limosos y 1,20 g/cm³ para franco arcillosos.

Las modificaciones de las propiedades físicas del suelo a causa de los sistemas de labranza pueden dar origen a una elevación de la densidad del suelo, una mayor resistencia a la penetración de las raíces y a una disminución en la porosidad, caracterizándose por una capa compactada abajo de la capa arada. Esa capa compactada afecta el movimiento del agua y el desarrollo del sistema radicular por el impedimento mecánico, por la deficiencia de aireación, por la menor disponibilidad de agua y por alteraciones en el flujo de calor.

La capa compactada tiene origen en la base de la capa arable. La profundidad

en la que esa se encuentra tiene mayor o menor efecto sobre el desarrollo del cultivo; capas compactadas a diferentes profundidades tienen efecto negativo diferenciado sobre el rendimiento de los cultivos: el efecto es más negativo a 10 cm que a 20 o 30 cm de profundidad. (Lowry *et al.*, 1970).

Como consecuencia de la elevación de la densidad, hay una elevación de la resistencia a la penetración de las raíces mucho más significativa que el aumento de la densidad. Voorhes *et al.* (1978), trabajando en un suelo franco arcillo-limoso, observó, bajo el mismo peso de vehículos, que la densidad del suelo aumentó 20%, mientras que la resistencia a la penetración aumentó más de 400%. Los valores de resistencia a la penetración de las raíces que limitan el desarrollo de las plantas varían de un cultivo a otro.

La importancia de las alteraciones producidas por los sistemas de cultivo sobre la densidad del suelo, porosidad y resistencia a penetración es destacada en el trabajo de Cintra (1980), que observó que el suelo en un monte, comparado con el mismo suelo bajo sistemas de labranza convencional, tiene mayor porosidad y menor densidad y resistencia a la penetración de raíces. França da Silva (1980) encontró una disminución en la porosidad y aumento en la densidad del suelo y en la resistencia a la penetración, en el siguiente orden: suelo bajo bosque, área cultivada con tracción animal, área bajo plantío directo, área desbrozada con tractor con tapadora y área bajo cultivo convencional. Cannell y Finney (1973) afirman que, generalmente, la densidad del suelo es mayor bajo plantío directo que bajo cultivo convencional, pudiendo no ocurrir eso debido a la textura grosera y/o al alto tenor de materia orgánica de estos suelos. Por eso, se observa que estos índices son útiles para la evaluación del efecto de los diferentes sistemas de cultivo e identifican las condiciones físicas actuales de un suelo.

7.2 Estructura del suelo.

La estructura del suelo está dada por la ordenación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) en la forma de agregados en ciertos modelos estructurales, que incluyen necesariamente el espacio poroso. Aunque no sea considerada un factor de crecimiento para las plantas, la estructura del suelo ejerce influencia en el aporte de agua y de aire a las raíces, en la disponibilidad de nutrimentos, en la penetración y desarrollo de las raíces y en el desarrollo de la macrofauna del suelo.

Desde el punto de vista del manejo del suelo, una buena calidad de la estructura significa una buena calidad del espacio poroso, o sea, buena porosidad y buena distribución del

tamaño de poros. Así, la infiltración del agua, juntamente con la distribución de raíces en el perfil son los mejores indicadores de la calidad estructural de un suelo (Cabeda, 1984).

El tamaño y la estabilidad de los agregados pueden ser indicativos de los efectos de los sistemas de labranza y de cultivo sobre la estructura del suelo. Suelos bien agregados proporcionan mayor retención de agua, adecuada aireación, fácil penetración de raíces y buena permeabilidad.

La distribución de los tamaños de los agregados es uno de los factores importantes en el desarrollo de los cultivos. Según Larson (1964), los agregados deben ser de tamaño reducido alrededor de las semillas y raíces de plantas nuevas, con la finalidad de proporcionar una adecuada humedad y un perfecto contacto entre el suelo, la semilla y las raíces. Sin embargo, los agregados no deben ser tan pequeños al punto de favorecer la formación de costras y capas compactadas. Para Kohnke (1968), el tamaño ideal de agregados está entre 0,50 y 2,00 mm de diámetro; agregados mayores restringen el volumen de suelo explorado por las raíces y agregados menores originan poros muy pequeños y no drenables por acción de la gravedad. La desagregación del suelo es causada por el movimiento intenso del suelo a causa de las prácticas de labranza, por la reducción del tenor de materia orgánica, por el intenso pisoteo del ganado y por el impacto de la gota de lluvia sobre la superficie desprotegida.

El contenido de humedad del suelo en el momento de la labranza es un factor que determina la intensidad de desagregación del mismo. El efecto perjudicial del peso de la maquinaria agrícola y la labranza excesiva del suelo, bajo condiciones de humedad desfavorables, tiende a ser acumulativo, intensificándose con la secuencia de labranzas anuales.

La desagregación del suelo puede ser reducida por su menor labranza, por la rotación de cultivos y por la protección de la superficie del suelo con residuos de cultivos. Así, las pasturas facilitarán una mejor agregación del suelo, seguida por el plantío directo y por el cultivo convencional.

7.3 Tasa de infiltración de agua en el suelo.

La tasa de infiltración de agua en el suelo determina la rapidez de infiltración del agua en el mismo y, como consecuencia, el volumen de agua que escurre sobre la superficie. Cuando la tasa de infiltración es baja, la disponibilidad de agua en la zona de las raíces puede ser limitante. La tasa de infiltración de agua en el suelo es condicionada por los siguientes factores: estado de la superficie del suelo, tasa de transmisión de agua a través del suelo, capacidad de almacenamiento y características del fluido. La infiltración de agua en el suelo

refleja las condiciones de las propiedades físicas. Los sistemas de cultivo y labranza influyen la tasa de infiltración final del agua en el suelo, tanto por la modificación de la rugosidad y cobertura de la superficie, como por la alteración de la estructura, de la densidad y de la porosidad.

La labranza del suelo puede, inicialmente, mejorar la infiltración y, algunas veces, beneficiar el drenaje. Pero, con el tiempo, la labranza favorece la degradación de la estructura y la reducción de la tasa de infiltración.

CONCLUSIONES.

- La aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas sin dudas conlleva al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución del rendimiento agrícola y, más importante aún, el deterioro del medio ambiente.
- El conjunto de las propiedades físicas del suelo, le confiere al mismo un comportamiento físico determinado, al cual le podemos dar las categorías de muy favorable, favorable, favorable con limitaciones, desfavorable y muy desfavorable, en correspondencia con las características del lecho que le proporcione el suelo a las plantas y otros organismos que viven en él.
- Para los estudios en dinámica, los índices físicos más factibles a monitorear y que pueden aportar mayor información sobre el estado de degradación de los suelos, son los siguientes: índice de estabilidad de los agregados; peso volumétrico y velocidad de infiltración.
- La degradación física de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas.
- Las principales propiedades físicas afectadas por la labranza son: densidad y porosidad del suelo; estructura del suelo y tasa de infiltración de agua en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bouza, H., L. M. Herrera, C. Torres, E. Iznaga y V, E. Vladimirov. 1981. Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la Provincia de Pinar del Río, Ciencias Agrícolas 10: 76 - 84.
- Castro, N. C. Ronzoni, J. M. Llanes, M. Riverol y E. Valero. 1989. Comprobación de la eficacia de la dirección de los surcos en el control de la erosión en el cultivo del tabaco. Inédito. Instituto de suelos. La Habana. 8 p.
- FAO. 1994. Erosión de suelos en América Latina. Suelos y Aguas. p. 33-52.
- Instituto de Suelos. 2001. Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos. Principales factores edáficos limitantes y áreas afectadas en Cuba; p. 8.
- Pacheco, B, O. 2000. Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables de relieve llano a ondulado. Tesis en opción al título de Master en Fertilidad del Suelo, 50 pp.
- Peña, F. y Colectivo de autores. 1995. Influencia de las medidas antierosivas en condiciones estacionarias y de cuencas en el mejoramiento y manejo de suelos erosionados. Informe de etapa del Resultado 00509. Inst. de Suelos. MINAG. 36 p.
- Pérez , J. M. et., al. 1990. Mapa de erosión actual de los suelos de Cuba a escala 1: 250000. Instituto de Suelos. MINAG. 19 p.
- Radkov, D. P., E. Iznaga, A. Esnart, R. Escull y L . M. Herrera. 1973. Estudio sobre la erosión en la Estación Experimental del Tabaco. San Juan y Martínez. Inst. de Suelos. La Habana. 8 p.
- Riverol, M; Alfonso, C. A; Cabrera, E; Porras, P; Llanes, J. M y Otero, A. 1998. Bordos de desagüe, una tecnología para reducir las pérdidas de suelo. Profrijol para Centroamérica Méjico y el Caribe. Generación de tecnologías para una producción sostenible. Boletín # 1. Inst. suelos. MINAG.

- Riverol, M. 1985. La erosión potencial de los suelos de Cuba y los métodos para su mapificación. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícola. C. Habana 120 pp.
- http://www.fao.org/ag/agse/AGSE/agse_s/7mo/iita/C7.htm

Datos del autor.

Ing. Agrónomo: Edenys Miranda Izquierdo

Universidad de Pinar del Río “Hnos Saíz Montes de Oca”, Cuba

Fecha de confección: 5 de Mayo de 2007

Palabras claves:

Agroproductividad; estructura; velocidad de infiltración; tasa de infiltración; degradación; labranza; densidad; porosidad.

Email: emiranda@af.upr.edu.cu