

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
"CAMILO CIENFUEGOS"  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Caracterización y manejo de los principales factores edáficos  
limitantes de la agroproduktividad de los suelos.**

**Autor: Ing. Jorge Luis Alvarez Marqués.  
Profesor Auxiliar.**

Matanzas, Octubre del 2002.

## **Introducción:**

El desarrollo de los cultivos se ve limitado por toda una serie de factores limitantes de carácter directo e indirecto, los primeros se relacionan con las condiciones de luminosidad, temperatura y otras condiciones del medio ambiente de carácter no edáfico, mientras que los indirectos estarán vinculados fundamentalmente con las características del medio edáfico, tanto internas como externas.

Las plantas de cultivo poseen determinadas exigencias edáficas para lograr sus mayores rendimientos potenciales, de aquí el establecimiento de las categorías de aptitud por cultivos, acorde a sus factores limitantes. De esta forma mediante los resultados investigativos se confeccionan metodologías que de forma cualitativa o cuantitativa expresan el efecto de cada factor sobre los rendimientos de un determinado cultivo acorde a las características del suelo, ya que el comportamiento de las plantas cultivadas resultará variable en comparación a otros cultivos.

Pretendemos a continuación poner a su disposición un material resumen que de forma breve caracterice las principales limitantes agroproductivas y su manejo, las cuales pudiéramos evaluar en los suelos agrícolas, aplicables a la generalidad de los cultivos que requieren condiciones equilibradas de aire y agua en el suelo para lograr sus mayores producciones y no desde un punto de vista específico para determinado cultivo.

El material ha sido elaborado con fines fundamentalmente docentes para pre y postgrado, así también puede ser de interés práctico para los profesionales y técnicos vinculados de forma directa con la producción agrícola, ya que resulta útil para establecer de forma adecuada el uso y manejo sostenible de los suelos agrícolas.

## **Desarrollo:**

Nos limitaremos a continuación a realizar una síntesis de cada limitante agroproductiva que comprenda: su definición, efectos desfavorables, ¿ de que depende ?, ¿Cómo evaluarla? y ¿como manejar la recuperación y uso del suelo?.

## **PRINCIPALES LIMITANTES AGROPRODUCTIVAS DEL SUELO**

### **Limitantes químicas, físico-químicas y biológicas:**

- Baja fertilidad
- Elevada acidez
- Elevada salinidad.
- Elevada sodicidad.
- Suelo calcáreo.

### **Limitantes físicas e hidrofísicas:**

- Drenaje deficiente
- Aereación deficiente
- Compactación
- Baja retención hídrica.
- Elevada plasticidad.
- Escasa Profundidad efectiva.
- Riesgo de inundaciones.

### **Limitantes externas o superficiales:**

- Erosión
- Relieve
- Pedregosidad.
- Rocosidad.

## **LIMITANTE : BAJA FERTILIDAD**

**Definición:** La fertilidad en su concepción más amplia es el grado de fecundidad o capacidad del suelo de producir cosechas, en el presente trabajo se considera en su concepción más simple, la cual constituye la capacidad del suelo de retener o almacenar cationes intercambiables que pueden ser absorbidos por las plantas.

Por lo anterior se considera baja fertilidad, cuando la capacidad de cambio catiónico del suelo limita el desarrollo de los cultivos.

### **Efectos desfavorables:**

- Déficit de nutrientes disponibles para las plantas.
- Bajo poder amortiguador del suelo.
- Baja producción de biomasa.
- Decrece actividad biológica.

### **¿De que depende?**

Depende fundamentalmente de la absorción fisico-química (intercambio) del suelo, que a su vez esta determinada por el tipo de arcilla, el contenido de arcilla y el contenido y calidad del humus presente en el suelo.

La baja fertilidad de los suelos arenosos está causada por su textura ( muy pobre en coloides minerales ) y el pobre contenido de humus; mientras que en los suelos arcillosos del tipo Ferralítico generalmente la baja fertilidad es causada no por su textura que tiende a ser arcillosa, sino por la presencia de arcillas silicatadas del tipo 1:1 y arcillas hidroxídicas de baja capacidad de intercambio catiónico.

### **¿Como podemos evaluarla?**

Se evalúa a partir del valor T del suelo, el cual nos refleja la capacidad total de intercambio catiónico del suelo, mientras que el valor S y V nos permiten profundizar en el conocimiento del volumen actual de bases cambiables adsorbidas por el suelo. Cuando el valor T es menor de  $20 \text{ cmol.kg}^{-1}$  evalúa de bajo, pudiéndose considerar entonces como baja fertilidad.

Un suelo con valor V inferior al 75 % se considera desaturado en bases.

### **¿Como podemos mejorarla?**

Mediante la integración de diferentes medidas, tales como:

- Aplicación de abonos orgánicos.
- Favoreciendo el reciclaje de la materia orgánica en la unidad de producción, fundamentalmente prohibiendo las quemas y compostando los residuos de cosecha.
- Manejo adecuado del laboreo, la rotación de los cultivos y el riego.
- Aplicación de fertilizantes químicos de forma racional y biofertilizantes.
- Aplicación de minerales intercambiadores si se justifica económicamente, tales como la zeolita y la bentonita.

## LIMITANTE : ELEVADA ACIDEZ.

**Definición:** Se debe a la presencia de altas concentraciones de  $H^+$  y/o  $[Al(H_2O)_6]^{3+}$  en el suelo que propician efectos desfavorables en el desarrollo de los cultivos.

### Efectos desfavorables:

- Presencia de toxicidad ( $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ )
- Disminuye disponibilidad de nutrientes ( $P_2O_5$  y Mo)
- Decrece actividad biológica

### ¿De que depende?

Depende de la alta concentración en el complejo absorbente de cationes responsables de dicha acidez, fundamentalmente  $H^+$  y  $Al^{3+}$ . Las causas que propician este fenómeno son complejas, pudiendo ser entre otras:

- Elevada intemperización y lavado de los suelos favorecidos por condiciones climáticas de abundantes precipitaciones y drenaje excesivo de los mismos.
- Aplicaciones fuertes y reiteradas de fertilizantes químicos acidificantes como el  $(NH_4)_2SO_4$ , fundamentalmente en suelos de bajo poder amortiguador.
- Alta extracción de bases por las cosechas bajo cultivos intensivos en regiones tropicales sin aportes de fertilizantes.
- Alto contenido de azufre en suelos costeros, como consecuencia de inundaciones con agua de mar, producto de la materia orgánica o de la existencia de pirita; donde por influencia del drenaje o labores ocurre la oxidación de los compuestos ricos en azufre que posibilitan la formación de  $H_2SO_4$ , el cual provoca la acidificación del suelo

### ¿Como podemos evaluarla?

Se evalúa mediante el conocimiento de los distintos tipos de acidez, o sea, la acidez activa del suelo (pH) y la acidez potencial expresada mediante la  $Y_1$ ,  $Y_2$  y  $Y_3$ .

Se consideran suelos con problemas de acidez aquellos que posean un pH menor de 5.5 en  $H_2O$ , una acidez hidrolítica y/o cambiante superior a  $2 \text{ cmol.Kg}^{-1}$  o presencia de acidez tóxica fundamentalmente a valores mayores de  $1 \text{ cmol.Kg}^{-1}$ .

### **¿Como podemos manejar o mejorar los suelos acidos?**

La elevada acidez del suelo se corrige generalmente mediante el **encalado** (ver pág. 36-53 del texto de Suelo, planta y abonado); solo cuando exista acidez perjudicial para las plantas, tambien su manejo debe ir encaminado a cultivar especies tolerantes y evitar las causas antropogénicas que provocan la acidez.

Cuando sea necesario realizar la enmienda debe tenerse respuesta a las siguientes interrogantes que recoge lo que debemos saber para realizar una correcta aplicación:

¿Cuando aplicar?

¿Cual material encalante aplicar?

¿Cuanto aplicar?

¿Como y donde aplicar?

A la hora de planificar el encalado de un área debe considerarse los posibles riesgos de realizar un **sobreencalado**, el cual es susceptible de ocurrir:

- cuando el poder amortiguador del suelo sea bajo o muy bajo, por lo que se recomienda para evitarlo: fraccionar en 2 o 3 aportes en el tiempo la cantidad de material encalante a aplicar según los cálculos efectuados.
- cuando se aplica el material encalante a una profundidad menor que la utilizada para el cálculo de la norma.

Se recomienda estudiar estos aspectos relativos a la acidez por el texto "Suelo, planta y abonado" Pág. 31-53 y Edafología pág. 140-152.

### **LIMITANTE: SALINIDAD**

**Definición:** Cuando el suelo posee suficientes sales solubles totales en la solución del suelo, como para afectar la mayor parte de las plantas de cultivo.

#### **Efectos desfavorables:**

- Exceso de solutos en la solución del suelo, independientemente de los tipos de iones que puedan ejercer un efecto perjudicial al desarrollo de las plantas, ya que limita la absorción de agua por la planta.

- Altera el adecuado equilibrio de los nutrientes en el suelo a nivel de la disolución del suelo y el complejo absorbente.
- Disminuye la actividad biológica.

### ¿De que depende?

Existen dos vías de salinización de los suelos: La **salinización primaria y secundaria**.

Las causas de la **salinización primaria** de los suelos (vía natural), son complejas y se relacionan entre sí, por lo que las siguientes condiciones propician la acumulación de sales en el perfil del suelo.

- Condiciones climáticas de escasas precipitaciones y altas temperaturas que favorecen el retorno del agua a la atmósfera a través de la evaporación y la transpiración de las plantas.
- Relieve característico de zonas de depresión y acumulación, tales como llanuras bajas, llanuras costeras, valles, zonas depresionales y otras.
- Régimen hídrico del suelo del tipo evaporítico, donde el lavado de las sales se encuentra limitado.
- Por la pulverización del agua del mar en las zonas costeras, donde las pequeñas gotas de agua salada que se producen al chocar las olas unas con otras o con la costa, son transportadas y depositadas por el viento a diferentes distancias del litoral.
- Manto freático salinizado cerca de la superficie del suelo (menor de 3 metros), dicha salinización del manto puede estar relacionado a su vez con la presencia de rocas de alto contenido de bases o con fenómenos de intrusión marina entre otras.

La salinización de los suelos provocada por la acción antropogénica, se conoce como **salinización secundaria**, la cual puede afectar seriamente terrenos de cultivos de buena productividad por efecto acumulativo de las sales durante la explotación agrícola de áreas susceptibles a la salinización cuando a través del tiempo el hombre desarrolla las siguientes acciones:

- Uso de aguas de riego con alto contenido de sales. El uso de aguas mineralizadas para el riego es una práctica agrícola nociva, sobretodo cuando el drenaje y las condiciones de lavado del suelo no son favorables. Se recomienda que las aguas de riego no posean más de 2 g.L<sup>-1</sup> de sales solubles y que la relación Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> de las mismas no exceda de 1.-

- La extracción excesiva de agua de los pozos en época de sequía, puede motivar un enriquecimiento de sales que hace inadmisibles su utilización.
- Las zonas arroceras son susceptibles de ser afectadas por la salinidad, en primer lugar por la utilización de suelos pesados de mal drenaje y por el método de regadío por aniego, con altos volúmenes de agua, que favorece la salinización cuando se hace continuamente con aguas con cierto grado de mineralización (sales), sin antes garantizar un sistema de drenaje para evacuar el agua excedente que evite el aumento continuado de las sales en el suelo.
- La práctica de aplicación de altas dosis de fertilizantes químicos en suelos de mal drenaje y con manto freático alto, favorece al aporte de gran contenido de cloruros, sulfatos y otras sales en suelos de alta susceptibilidad a la salinización.

### **¿Como podemos evaluarla?**

La salinidad de los suelos se puede evaluar mediante el conocimiento del contenido de sales solubles totales (SST), la profundidad del horizonte salino y por la composición de las sales (aniones y cationes).

La determinación más utilizada mundialmente es el contenido de sales solubles totales, el cual puede expresarse en ppm, % en peso y en conductividad eléctrica ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

De forma general se considera que existe la limitante agroproductiva salinidad en el suelo cuando el contenido de SST (sales solubles totales) en el mismo es superior al 1 % expresado en b.s.s. (base suelo seco). Debemos considerar lo anterior como un índice general, ya que resulta variable, debido a que todas las plantas no poseen el mismo grado de tolerancia a la presencia de sales y su concentración cambia con la textura, o sea, para iguales % de SST expresados en b.s.s., la concentración será mayor en los suelos arenosos y menor en los arcillosos, debido a que los primeros tienen una menor capacidad de retención de agua y por tanto una capacidad de campo con un % de humedad inferior a los arcillosos.

De lo anterior se deduce que para alcanzar mayor precisión en la valoración del grado de salinidad del suelo se toma en consideración la textura y las especies de las plantas cultivadas, por lo que la Dirección General de Suelos y Fertilizantes de MINAG

propone para el país los siguientes indicadores de evaluación por cultivos.

**NIVELES DE SALES SOLUBLES TOTALES PARA DIFERENTES CULTIVOS.** (según MINAG,1984) (valores de SST expresados en ppm.)

<b>Cultivos</b>	<b>Textura</b>	<b>Adecuados</b>	<b>Medianam. altos</b>	<b>Altos</b>	<b>Excesivo</b>
Citricos, pepino y rábano	Arena	< 400	400-450	550-750	>750
	Loam	< 600	600-900	900-1250	>1250
	Arcilla	<1200	1200-2500	1800-2500	> 2500
Caña de azúcar y maíz.	Arena	<600	600-850	850-1500	>1500
	Loam	<950	950-1400	1400-1900	>1900
	Arcilla	<1900	1900-2800	2800-3800	>3800
Arroz y Sorgo.	Arena	<450	450-1100	1100-1500	>1500
	Loam	<750	750-1800	1800-2500	>2500
	Arcilla	<1500	1500-3700	3700-5000	>5000
Aguacate.	Arena	<300	300-400	400-550	>550
	Loam	<450	450-700	700-900	>900
	Arcilla	<900	900-1350	1350-1800	>1800
Calabaza, papa cebolla, plátano, boniato.	Arena	<500	500-750	750-1000	>1000
	Loam	<800	800-1200	1200-1600	>1600
	Arcilla	<1600	1600-2400	2400-3200	>3200
Lechuga Tomate, col y coliflor	Arena	<700	700-1000	100-1350	>1350
	Loam	<1100	1100-1700	1700-2250	>2250
	Arcilla	<2250	2250-3400	3400-4500	>4500
Bermuda	Arena	<1200	1200-1800	1800-2400	>2400
	Loam	< 2000	2000-3000	3000-4000	>4000
	Arcilla	< 4000	4000-6000	6000-8000	>8000

## ¿Como podemos mejorarla?

Para proyectar la mejora de la salinidad de los campos de cultivo, lo primero que tenemos que hacer es determinar la causa de la salinización, si la misma es secundaria deben tomarse todas las precauciones para que en el futuro no se siga manifestando, de lo contrario la desalinización sería un proceso transitorio e incosteable.

En caso necesario con la utilización de los métodos mecánicos y biológicos se trataría de mejorar el drenaje interno del suelo antes de efectuar los lavados que podrían ser profilácticos en los períodos intercultivos y de control mientras que estemos cultivando los suelos.

Este proceso de desalinización es lento y solo se llevará a efecto si contamos con aguas de riego no mineralizadas para efectuar los lavados y con un contenido de  $\text{Na}^+$  intercambiable bajo en el suelo, para evitar fenómenos de sodicidad por un mal manejo de los métodos de mejora.

Deben ampliarse los conocimientos sobre los suelos halomórficos utilizando el libre de texto Suelo, planta y abonado pág. 55 - 61.

## LIMITANTE: SODICIDAD

**Definición:** La sodicidad se presenta cuando el % de  $\text{Na}^+$  intercambiable respecto al valor T es mayor del 15 %, lo cual afecta las propiedades del suelo y el desarrollo de las plantas cultivadas.

### Efectos desfavorables:

- Alcalinidad.
- Toxicidad (  $\text{Na}^+$  )
- Peptización de los coloides, la cual provoca la destrucción de la estructura del suelo y se empeora el drenaje interno.
- Disminuye la disponibilidad de nutrientes (  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Fe, Mn, Zn, B )
- Decrece la actividad biológica.

### **¿De que depende?**

Depende de la composición de las sales ( $\text{Na}^+$ ) que se acumulan durante el proceso de salinización y del grado de saturación por  $\text{Na}^+$  en el complejo absorbente, lo que ocurre a causa del: contenido de  $\text{Na}^+$  que llega al suelo a partir de las aguas del manto freático que ascienden a las capas superiores; del agua que se bombea durante el riego, así como por intrusión marina:

### **¿Como podemos evaluarla?**

Se evalúa mediante el conocimiento del contenido de  $\text{Na}^+$  intercambiable y el valor T del suelo. Para que se considere limitante la relación de  $\text{Na}^+$  intercambiable con respecto al valor T debe ser mayor del 15 % .

De forma general se acepta un contenido de  $\text{Na}^+$  intercambiable permisible en el suelo del 10 % del valor T.

### **¿Como podemos mejorarla?**

Las medidas para corregir la sodicidad se basan en la acción combinada de métodos físicos, químicos, hidrotécnicos, químico-hidrotécnicos, y biológicos que se explican en la guía de la clase practica de Mejoramiento de la Salinidad y Sodicidad del suelo.

Para establecer la mejora de los suelos sódicos debemos conocer entre otros aspectos los siguientes:

- La causa de la sodicidad.
- Las características del suelo.
- Disponibilidad local de mejoradores químicos.
- Costo de adquisición y aplicación de los mejoradores.
- Tiempo requerido para la mejora.
- Calidad de las aguas de riego y métodos de riego disponibles.
- Vegetación que puede desarrollarse durante la mejora.

La mejora de los suelos sódicos resulta complicada y costosa en comparación con la recuperación de los suelos salinos, siendo la mejora química más común para la corrección de la sodicidad el enyesado, por lo que para llevar a cabo su aplicación debemos

conocer cuando, cuanto, como y donde aplicar el material enmendante.

### **LIMITANTE: SUELO CALCAREO.**

**Definición:** Suelos con alto contenido de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) libres de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  cuyo pH puede llegar hasta 8.5

#### **Efectos desfavorables:**

- Presencia de toxicidad en algunos cultivos.
- Disminuye la disponibilidad de nutrientes ( Fe,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Mn, Zn, B )
- Decece actividad biológica por elevación del pH.

#### **¿De que depende?**

La causa fundamental radica en la presencia de carbonatos libres de origen residual o secundario en el perfil del suelo, siendo su fuente principal la presencia de rocas sedimentarias ricas en carbonatos, sobre las cuales los procesos pedogenéticos no han logrado la eliminación de los mismos de las capas superiores del perfil, donde aún predominan.

Generalmente se relaciona con la presencia de suelos jóvenes, poco profundos y con régimen de poco lavado, formados sobre materiales calcáreos.

La deposición de materiales calcáreos arrastrados por la erosión desde las zonas altas también puede ser una causa de la presencia de carbonatos en la capas superiores de los suelos.

#### **¿Como podemos evaluarla?**

A nivel de campo al describir el perfil se puede detectar la presencia de carbonatos como limitante, mediante una fuerte reacción al HCl al 10 %.

En el laboratorio se puede determinar el % de carbonatos libres o carbonato activo, considerándose que valores superiores del 5 %

resultan suficientemente altos para limitar el desarrollo de algunos cultivos susceptibles como los agrios y el café.

### **¿Como podemos mejorarla?**

Para lograr actuar sobre la descomposición de los carbonatos y reducir el pH del suelo se practica el azufrado, pero los resultados en campos de cultivo son antieconómicos ya que muchos cultivos son tolerantes y pueden desarrollarse en suelos calcáreos, tales como el boniato, maíz, tomate, pastos y otros, por lo que resulta más recomendable sembrar cultivos que se adapten a esas condiciones y no realizar ninguna mejora.

Para complementar la información se debe estudiar los suelos calcáreos por el libro de texto Suelo, planta y abonado pág. 53 - 55.

## **LIMITANTE : DRENAJE DEFICIENTE**

**Definición:** Cuando existe baja capacidad para eliminar el exceso de agua de la superficie externa del campo y/o de la zona de desarrollo del sistema radical de los cultivos dentro del suelo.

### **Efectos desfavorables:**

- Deficiente aereación ( $O_2$ )
- Limita el desarrollo radical del cultivo.
- Altera actividad fisiológica de las plantas.
- Favorece condiciones reductoras que propician la presencia de especies químicas tóxicas. (  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  )
- Degrada la estructura del suelo
- Decrece la actividad biológica.

### **¿De que depende?**

El drenaje superficial del suelo está muy relacionado con la geomorfología del terreno, mientras que el drenaje interno, que se vincula al superficial, depende fundamentalmente del espacio macroporoso del suelo y el nivel del manto freático.

Las causas más generales que pueden determinar el carácter deficiente del drenaje del suelo lo podemos resumir como:

**Drenaje superficial:**

- Abundantes precipitaciones.
- Afluencia de agua que escurren de zonas más altas.
- Relieve llano o depresional.
- Cuencas cerradas y de gran tamaño.
- Suelos de mal drenaje interno.

**Drenaje interno:**

Suelos con hidromorfía superficial:

- Suelos arcillosos pesados muy dilatables.
- Suelos mal estructurados y de baja estabilidad estructural.
- Presencia de horizontes compactos en el perfil.
- Suelos de mal drenaje superficial.

Suelos con formación hidromórfica:

- Presencia de un manto freático cercano a la superficie del suelo ( < 3 m )
- Presencia de cualquiera de las características de los suelos con hidromorfía superficial.

**¿Como podemos evaluarla?**

Drenaje superficial: Se evalúa a partir de la posibilidad de inundaciones en épocas de lluvias, tomando en consideración las causas que lo provocan.

Drenaje interno: Se evalúa al describir los horizontes del perfil del suelo en el campo, cuando aparecen manchas grisáceas, verdosas o azulosas típicas de gley, también por la presencia de horizontes compactos y muy plásticos, así como a partir de la determinación de la velocidad de infiltración del agua. Por otra parte, niveles de macroporosidad menores de 10 % puede tomarse como un índice de mal drenaje interno.

## ¿Como podemos mejorarla?

La vía fundamental de mejora radica en los sistemas de drenaje, que serán estudiados como tal en la disciplina Riego y Drenaje, aunque de forma general según las causas del exceso de agua las medidas a recomendar pueden apoyarse en el siguiente esquema:

<b>Características del suelo</b>	<b>Medidas de drenaje a aplicar.</b>
a) Con manto freático alto y relieve depresional	Sistemas de canales profundos
	■ Canales colectores
	■ Drenaje por tubos, subsolación - topo, y canales abiertos.
	■ Modelado del campo y siembra en camellón.
b) Con baja infiltración del agua en el suelo	
• Capa a drenar permeable	
• Capa a drenar poco permeable.	
• Capa a drenar impermeable	
c) Exceso de agua proveniente de zonas aledañas.	Canales de desviación

Resumiendo, el sistema de drenaje a utilizar se determina entre otros sobre la base de:

- El origen del exceso de agua.
- Permeabilidad del suelo.
- Características del perfil del suelo.
- Pendiente del terreno.
- Cultivo a emplear.

## **LIMITANTE: AEREACIÓN DEFICIENTE.**

**Definición:** Cuando por estancamiento superficial del agua y pobre proporción de macroporos en el perfil del suelo, la magnitud del intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera no permite restablecer a niveles adecuados el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> del aire del suelo, afectando a los cultivos.

### **Efectos desfavorables:**

- Afecta el desarrollo radical del cultivo.
- Limita la actividad biológica.
- Activa formas móviles tóxicas .( Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>)
- Favorece reducción de compuestos minerales y orgánicos.

### **¿De que depende?**

La aereación del suelo depende del espacio macroporoso y del contenido de humedad, cuyas causas de variación en el perfil del suelo son semejantes a la enumeradas cuando se abordó las causas del drenaje interno deficiente del suelo.

### **¿Como podemos evaluarla?**

Se puede evaluar en el campo al describir el perfil y observar manchas u horizontes con síntomas de gleyzación, observación del estado fenológico del cultivo y su sistema radical, así como las especies de plantas espontáneas que se desarrollan.

A partir de los resultados analíticos de la porosidad diferenciada del suelo se puede precisar a través del perfil cuales son los horizontes que más limitan la aereación del suelo, valorando la variación de los macroporos totales y el volumen de poros que componen los poros gravitacionales de máxima percolación (Pg<sub>1</sub>), poros gravitacionales (Pg<sub>2</sub>) y los poros gravicapilares (Pgcap). De forma general se considera por algunos especialistas que cuando el nivel de macroporos totales desciende del 10 % el grado de aereación del suelo se torna limitante para los cultivos.

## ¿Como podemos mejorarla?

Las medidas que se aplican para mejorar la aereación del suelo deben ir orientadas a:

- Eliminar el exceso de agua, mediante la mejora del drenaje superficial e interno del suelo.
- Mejorar la agregación de las partículas para elevar el nivel de macroporosidad del suelo, mediante la aplicación de materia orgánica, realizando un manejo adecuado del laboreo y los residuos de cosecha, aplicando enmiendas cálcicas, rotación de cultivos, pastos permanentes y facilitando la cobertura de la superficie del suelo.
- Adaptación del cultivo al suelo. Siempre que no se logre un restablecimiento de los niveles de aereación del suelo o resulte imposible y/o antieconómico dicha mejora, se debe recurrir a utilizar dichos suelos en cultivos que no se vean afectados por esta limitante, como por ejemplo el cultivo del arroz o pastos naturales.

## LIMITANTE: COMPACTACIÓN

**Definición:** Cuando la estructura natural del suelo se ve alterada (degradada) en el sentido que provoque una disminución del volumen de poros en una capa u horizonte del suelo.

### Efectos desfavorables:

- Dificulta el movimiento en el perfil del agua y el aire.
- Limita el desarrollo radical, disminuyendo la profundidad efectiva.
- Destruye la estructura del suelo.

## **¿De que depende?**

Las causas de la compactación del suelo pueden ser diversas, pero de forma general puede tener un origen natural u antropogénico. En el primer caso debido al peso de las capas superiores del suelo constituye la forma menos espectacular y dañina de la compactación del suelo, ya que son las causas antropogénicas, o sea, las producidas por la acción del hombre las que registran los efectos más dañinos, dado a la creación de pisos de arado, compactación por la huellas de los equipos agrícolas (fundamentalmente en suelos húmedos) y de todas las acciones del hombre que contribuyan a la degradación de la estructura natural del suelo.

## **¿Como podemos evaluarla?**

A nivel de campo, cuando se describe la consistencia de los horizontes del perfil del suelo y estos resulten muy compactos y también a partir de los resultados analíticos, cuando conociendo el comportamiento de la textura del suelo en profundidad se evalúan los valores de la porosidad total y la macroporosidad a través del perfil. Cuando la profundidad de la capa compacta se encuentra por debajo de los 50 cm. de profundidad carece de importancia como limitante agroproductiva.

## **¿Como podemos mejorarla?**

En dependencia de la causa y la profundidad de la compactación se podrán desarrollar medidas tales como:

- Evitar o controlar la causa que la origina.
- Labores profundas. (subsoleo)
- Laboreo superficial del suelo sin invertir el prisma.
- Aplicación de materia orgánica.
- Controlar el tráfico de equipos en el campo y evitar que el mismo se realice cuando los suelos están húmedos.

## **LIMITANTE: ELEVADA PLASTICIDAD**

**Definición:** Cuando el rango en contenido de humedad del suelo, en el cual aparece la consistencia plástica, es muy alta.

### **Efectos desfavorables:**

- Proporciona un tempero muy corto.
- Se dificultan las labores agrícolas.
- Se agrieta mucho el suelo en sequía.
- El drenaje y la aireación en período húmedo tiende a ser deficiente.

### **¿De que depende?**

Su causa es natural y depende de la textura del suelo y los tipos de arcilla predominantes en el suelo, siendo mayor cuando se presentan arcillas silicatadas del tipo 2:1

### **¿Como podemos evaluarla?**

En el campo a partir de la descripción del perfil y mediante la determinación del límite superior e inferior de plasticidad y el índice de plasticidad del suelo, considerándose limitante agroproductiva cuando el índice evalúa de muy plástico.

El valor del límite inferior de plasticidad nos permite conocer el valor máximo de humedad por debajo del cual hasta cierto punto se recomienda las labores agrícolas, ya que la consistencia del suelo se encuentra en condición de tempero.

### **¿Como podemos mejorarla?**

La medida principal es adaptar el cultivo al suelo, fundamentalmente evitando aquellos que requieren muchas labores agrícolas y de preparación de suelo. Los efectos de una elevada plasticidad en la consistencia del suelo se pudieran atenuar en parte, aunque de forma antieconómica, mediante:

- La aplicación de materia orgánica.
- La eliminación del exceso de sodio.
- Mejorando el drenaje superficial e interno.

## LIMITANTE : ESCASA PROFUNDIDAD EFECTIVA

**Definición:** Cuando se considera que existe limitante para el desarrollo radical de los cultivos a una profundidad inferior a los 50 cm. en el perfil.

### Efectos Desfavorables:

- Restringe la zona de exploración del sistema radical de los cultivos.
- Disminuye el contenido de agua disponible y la accesibilidad nutricional de los cultivos.

### ¿Como podemos evaluarla?

Se evalúa fundamentalmente al describir el perfil del suelo, donde el especialista determina por su consistencia o composición, si existe alguna capa u horizonte en el perfil que limite el buen desarrollo del sistema radical de los cultivos, determinando la profundidad a la que se encuentra, si esta es menor de 50 cm. constituye una limitante agroproductiva.

Escala evaluativo utilizada en el campo:

Profundidad efectiva (cm.)	Calificación
< 25	Muy poco profundo
26 - 50	Poco profundo
51 - 90	Medianamente profundo
91 - 150	Profundo
> 150	Muy profundo

### ¿Como podemos mejorarla?

Para acometer su mejora debemos tener presente en primera instancia la causa que la provoca y sobre esa base plantear las medidas más convenientes y económicas para su rehabilitación. En principio se pueden tomar de forma general la siguiente estrategia:

- Profundidad efectiva restringida por capas compactas, concrecionarias o pisos de arados:
  - Seleccionar cultivos que se adapten a éstas condiciones de acuerdo a la profundidad de la misma.
  - Realizar labores de subsoleo, siempre que resulten económicas por la calidad del suelo.
  
- Profundidad efectiva restringida por materiales consolidados ( piedras, rocas, etc):
  - Establecer pastizales si existe cierta profundidad efectiva de forma uniforme en el campo.
  - Plantar árboles frutales o forestales fundamentalmente cuando es irregular la profundidad efectiva en el campo, pudiéndose utilizar explosivos y martillos neumáticos para hacer los nichos de siembra.
  
- Profundidad efectiva restringida por presencia de carbonatos u otras sustancias tóxicas, así como el limite superior de influencia del manto freático.
  - Seleccionar cultivos que se adapten a éstas condiciones.
  - La realización de otras medidas dependerá de la causa, características del suelo y su factibilidad económica.

## **LIMITANTE: RIESGO DE INUNDACIONES**

**Definición:** Son los campos de cultivo que por su posición baja en llanuras costeras o valles anegadizos, zonas de relieve depresional o estar situado en las márgenes de corrientes fluviales con peligro de inundación, se presume que son susceptibles de sufrir inundación en épocas de lluvias..

### **Efectos desfavorables:**

- Condiciones de anegamiento durante varios días que afectan a los cultivos y la estructura del suelo.
- Daño mecánico a los cultivos por las corrientes de agua y la sedimentación.

- Limita las labores agrícolas.
- Propician fundamentalmente la destrucción de las plantas jóvenes. (semilleros)

### ¿ De que depende ?

Depende de la posición geográfica y geomorfológica de los suelos de las áreas de cultivo, en las cuales existe peligro de inundación en alguna época del año.

### ¿ Como podemos evaluarla?

Se evalúa en el campo, tomando en consideración las condiciones del lugar y los registros históricos de inundaciones de la zona, por lo menos en los últimos 10 años.

### ¿Como podemos evitarla?

Resulta muy difícil evitar algunos de estos accidentes que pueden producirse o no en determinadas épocas del año

## LIMITANTE : EROSION

**Definición:** Es el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas sobre la superficie del suelo.

### **Efectos desfavorables:**

La manifestación de la erosión provocada por el agua o por el viento se conoce respectivamente como erosión hídrica y eólica, siendo sus efectos desfavorables los siguientes:

Erosión hídrica:

- Perdida de fertilidad
- Disminuye espesor del suelo.
- Provoca esqueletabilidad del suelo.
- Destruye paisaje natural
- Dificulta labores agrícolas.

Erosión eólica:

- Desecación del suelo
- Afloramiento del sistema radical.
- Pérdida de fertilidad.
- Daño mecánico a las plantas.
- ( Deformación eólica de la vegetación )

### **¿De que depende?**

Depende de la acción conjunta de las causas y factores erosivos, manifestándose sus formas aceleradas por la intervención del hombre sobre el medio natural.

Según Febles (1988) las causas de la erosión son la lluvia, la escorrentía, el viento y la gravedad, mientras que los principales factores erosivos son: el régimen climático, las rocas formadoras, el relieve, la vegetación , el suelo y el hombre.

### **¿ Como evaluarla ?**

Para evaluarla nos basamos fundamentalmente en los índices de diagnóstico de la erosión y la implementación conjugada de diferentes métodos de investigación de la erosión.

Principales índices de diagnóstico de la erosión:

- Erosión de los horizontes genéticos.
- Coloración del suelo.
- Profundidad total del suelo.
- Esqueletabilidad del suelo.
- Resultados analíticos de diferentes parámetros físicos, químicos, físico - químicos y biológicos.
- Estado de desarrollo de los cultivos.

Principales métodos utilizados en la investigación de la erosión:

- Morfológico.
- Genético. ( Ver texto: Manual de Erosión y Conservación de Suelos de J.M. Febles y J.L.Duran pag. 107 -114)
- Morfométrico.

- Paramétrico. (Ver texto: Manual de Erosión y Conservación de Suelos de J.M. Febles y J.L. Duran pag. 312 - 316, así como el folleto Pérdidas por erosión hídrica de los suelos de Cuba de Planas 1990)

Una de las escalas utilizadas para evaluar la erosión.

Gama	Calificación.
Pérdida del horizonte A menor del 25 %	Poca
Pérdida del horizonte A entre un 25 – 75 %	Mediano
Pérdida del horizonte A desde el 75 % hasta el 25 % del horizonte B.	Fuerte
Pérdida del horizonte B del 25 – 75 %	Muy fuerte

### ¿Como podemos evitarla o controlarla?

Lo primero que es necesario determinar para acometer el control de la erosión es su causa, ya que las medidas que se puedan tomar deben ir encaminadas a desaparecer o atenuar la misma, de lo contrario no será efectivo su control.

Manejar adecuadamente el uso del suelo, su cobertura y laboreo resulta de vital importancia para resolver los problemas erosivos menos severos, ya que el impacto de las gotas de lluvia o la acción del viento sobre la superficie desnuda de los suelos es la causa principal de manifestación de los procesos erosivos.

En el presente trabajo se hace énfasis en la manifestación de la erosión hídrica, por ser la predominante en nuestro país, así que con el manejo adecuado de la vegetación y las prácticas agrícolas (**Métodos Culturales y Agronómicos**) se puede evitar o controlar la mayoría de los procesos erosivos en los campos de cultivo y fundamentalmente la erosión laminar, sin embargo cuando dichos métodos no logran controlar la situación porque la escorrentía superficial es mucha y alcanza fuerza erosiva para socavar el suelo, se manifiesta con más intensidad la erosión en surcos y en cárcavas, por lo que se requiere disciplinar dichas aguas y aplicar en combinación con los anteriores **Métodos Mecánicos** que establecen sistemas de terrazas, canales u otros para disminuir la cantidad de agua que escurre y su velocidad, extrayendo de los campos de cultivo el exceso de las aguas de escorrentía.

Cualquier medida antierosiva que se recomiende debe ir orientada hacia el uso de los Métodos Culturales y Agronómicos en primera instancia, recurriendo a los Métodos Mecánicos solo cuando las condiciones lo requieran, ya que resultan muy costosos en su implementación y mantenimiento.

Los principales métodos de conservación de suelos que podemos implementar son:

### **Métodos Culturales y Agronómicos:**

- Distribución de cultivos
- Cultivos en contorno.
- Cultivos en fajas.
- Barreras vivas.
- Rotación de cultivos.
- Plantas de cobertura o abonos verdes.
- Labranzas de conservación.

### **Métodos Mecánicos:**

- Canales de desviación.
- Terrazas de canal o doble curvatura.
- Terrazas en escalera.
- Terrazas de banco.
- Terrazas de plataforma constante.
- Terrazas individuales.
- Acequias de ladera.

En biblioteca existe una variada información sobre algunos de estos métodos antierosivos y otros no contemplados. Para el estudio por los textos a disposición de los estudiantes se recomienda, para los Métodos Culturales y Agronómicos el Manual de Erosión y Conservación de Suelos de J.M. Febles y J.L. Duran (1988) pag. 317 – 340 y Estrategias Agroecológicas para la Conservación de los suelos de J.M. Febles (1999).

Los Métodos Mecánicos se estudiarán por el Manual de Erosión y Conservación de Suelos de J.M. Febles y J.L. Duran (1988) pag. 372 – 403.

Para el estudio de lo anterior se recomienda realizar un resumen de cada método a partir de la bibliografía consultada donde se recoja fundamentalmente:

- El objetivo de su empleo.
- Las condiciones que justifican su empleo.
- En que consiste la ejecución del método o practica antierosiva.
- Efectividad del método e importancia práctica.

## **LIMITANTE : RELIEVE**

**Definición:** Cuando resulta desfavorable para la actividad agrícola la pendiente excesiva del terreno, así como su forma depresional o posición topográfica con relación al nivel del manto freático.

### **¿De que depende?**

La causa fundamental de limitación de la capacidad agroproductiva del suelo por el relieve radica en el incremento de su accidentalidad, o sea, cuando las formaciones del relieve se tornan onduladas, alomadas o montañosas, las cuales limitan las labores agrícolas a la vez que incrementan la susceptibilidad a la erosión.

Por otra parte el relieve modifica las condiciones climáticas redistribuyendo las aguas de lluvia sobre el terreno, siendo las áreas bajas con relieve depresional las más limitadas agroproductivamente por su susceptibilidad a la inundación y sedimentación.

### **¿Como podemos evaluarla?**

Se evalúa en el campo y fundamentalmente a partir de la pendiente predominante, considerándose limitante con incremento de su intensidad a partir de un 2 - 3 % de pendiente (ligeramente ondulado) , según la escala evaluativa que aparece a continuación:

<b>Pendiente predominante. ( % )</b>	<b>Calificación.</b>
< 0.5	Muy llano
0.5 - 1.0	Llano
1.1 - 2.0	Casi llano
2.1 - 4.0	Ligeramente ondulado
4.1 - 8.0	Ondulado
8.1 - 16.0	Fuertemente ondulado
16.1 - 30.0	Alomado
30.1 - 45.0	Fuertemente alomado
45.1 - 60.0	Muy fuertemente alomado
> 60.0	Estrictamente alomado

### **¿Como podemos manejar su incidencia?**

En dependencia de la intensidad de la pendiente predominante en los campos de cultivo debemos adecuar su uso y manejo, a fin de mantener la protección de los suelos.

En campos de cultivo con pendientes superiores al 3 - 4 %, las siembras en rotación de cultivo deben hacerse en contorno o en fajas, siendo conveniente introducir más cultivos densos que limpios acorde al incremento del grado de las pendientes.

Generalmente no se debe recomendar el uso de cultivos en rotación en los campos con pendientes superiores al 12 - 15 %, siendo aconsejable entonces el cultivo de la vegetación permanente de pastos, frutales o forestales en dependencia de la intensidad de la pendiente y las condiciones de los suelos.

### **LIMITANTE: ROCOSIDAD**

**Definición:** Cuando en la superficie del suelo afloran el diente de perro o fragmentos rocosos de forma consolidada.

#### **Efectos desfavorables:**

- Afecta el desarrollo radical de los cultivos.
- Disminuye la fertilidad y retención de agua del suelo.
- Obstaculiza las labores agrícolas.

## ¿De que depende?

La causa fundamental de la rocosidad de los suelos se relaciona con la juventud relativa de los suelos en su formación sobre rocas de reciente afloramiento y también se relaciona con procesos erosivos severos en suelos poco profundos.

## ¿Como podemos evaluarla?

La presencia de rocosidad en la superficie del suelo siempre constituye una limitante a las labores agrícolas, por lo que disminuye su capacidad productiva, siendo más importante a partir de un 2 % de rocosidad superficial.

Escala evaluativa utilizada en el campo:

<b>Rocosidad %</b>	<b>Calificación</b>
> 50	Extremadamente rocoso.
25 - 50	Muy rocoso
11 - 24	Rocosos
2 - 10	Medianamente rocoso
< 2	Poco rocoso

## ¿Como podemos mejorarla?

De acuerdo a los bajos niveles de rocosidad en el suelo y las características del mismo, será la factibilidad económica de lograr mejorar su capacidad productiva, la cual es muy costosa por requerir explosivos, martillos neumáticos, equipos pesados y extracción de piedras para dedicarlos generalmente a vegetación permanente, ejemplo: frutales y henequén.

Cuando los niveles de rocosidad son importantes se limita al máximo la capacidad de explotación agrícola de los suelos, debiéndose mantener con la vegetación natural.

## **LIMITANTE: PEDREGOSIDAD**

**Definición:** Cuando en la superficie del suelo afloran fragmentos de rocas sueltas mayores de 2 cm. de diámetro.

### **Efectos desfavorables:**

- Afecta el desarrollo radical de los cultivos.
- Disminuye la fertilidad y retención hídrica del suelo.
- Obstaculiza las labores agrícolas.
- Disminuye la actividad biológica de la masa del suelo.

### **¿De que depende?**

El afloramiento de las piedras en el perfil del suelo se relaciona fundamentalmente con procesos erosivos y denudativos de las partes superiores de las pendientes y el poco desarrollo del perfil de algunos suelos formados sobre rocas consolidadas.

### **¿Como podemos evaluarla?**

Se evalúa a partir del porcentaje de superficie del suelo cubierta por piedras, considerándose limitante a partir de un 0.01 % de pedregosidad, incrementándose su intensidad en la medida que aumenta dicho valor.

Escala evaluativo utilizada en el campo:

<b>Pedregosidad %</b>	<b>Calificación.</b>
16 - 90	Excesiva pedregosidad
4 - 15	Muy pedregosa
0.2 - 3	Pedregosa
0.01 -0.02	Medianamente pedregosa
< 0.01	Sin piedras

### **¿Como podemos mejorarla?**

Los suelos que poseen alguna pedregosidad superficial, pero poseen 50 cm más de profundidad del solum o adecuada profundidad efectiva, pueden mejorarse por medio de la extracción de piedras para lograr su explotación más intensiva, la cual se realiza preferiblemente con máquinas destinadas a dicho fin y si no

son abundantes y su tamaño es manuable pueden extraerse a mano, facilitando así las labores agrícolas, aunque resulta difícil su eliminación total de la superficie del suelo .

### **Bibliografía utilizada:**

- Febles J.M. Estrategias agroecológicas para la conservación de suelos. Programa de maestría. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” 1999
- Febles J.M. y Duran J.L. Manual de Erosión y Conservación del suelo. Instituto Superior Agropecuario de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” 1988
- Dirección General de Suelos y Fertilizantes MINAG. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial Científico-Técnica. 1984.
- Planas G. Pérdidas por erosión hídrica de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. La Habana (1990)

### **Bibliografía consultada:**

- Adams Meliton. Fundamentos de química de Suelos Universidad Central de Venezuela. Anauco Ediciones C.A. 1995.
- Bonneau M. and Souchier B. Constituents and properties of soils. Editorial Academic Press Inc. London. 1982
- Cairo P. y Fundora O. Edafología. Editorial Pueblo y Educación 1994.
- Plaster E. J. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. 419 p. 2000.
- Porta J., Lopez-Acevedo M. y Roquero C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-prensa 2da. Edición 1999.

- Servicio de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas SERFE. El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar. INICA. Nov. 1999.
- Unger P.W. Common soil and water conservation practices. p 239-266. Soil erosion, conservation and rehabilitation. Edited by Menachem Agassi. 1996.
- United State Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Natural Resources Conservation Service and Soil Quality Institute. Soil quality. Test kit Guide. August 1999.