

SEPTIEMBRE 1971 MANEJO de SUELOS



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

Septiembre (Nº 1)
1971 (Nº 1)

Producción Vegetal

MANEJO de SUELOS



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTACION EXPERIMENTAL DE PAYSANDU

"Dr. Mario A. Cassinoni"

BOLETIN DE DIVULGACION

PRODUCCION VEGETAL

Manejo de Suelos - Setiembre de 1971 Número 1

Contenido Páginas

Laboreo

E. Beltramini y E. Marchesi 1

Erosión y conservación de suelos ..

E. Marchesi 45

Rotaciones

E. Marchesi 97

EROSION Y CONSERVACION DE SUELOS

Enrique Marchesi

I) Erosión

A) Definición, importancia y tipos de erosión.

1) *Definición:* Erosión, en su sentido más amplio, significa desgaste de las superficies expuestas y transporte del material desagregado. Los principales elementos que producen erosión son el agua (erosión hídrica) y el viento (erosión eólica).

La erosión hídrica predomina en las zonas de lluvias abundantes o intensas donde el volumen de agua que cae no puede ser absorbido en su totalidad por el suelo produciéndose, por lo tanto, escurrimiento superficial de agua.

La erosión eólica, en cambio, se produce principalmente en zonas áridas o semiáridas en donde, debido a la escasez de la vegetación, el suelo queda descubierto y, por lo tanto, expuesto a la acción del viento.

Toda la superficie de la Tierra está permanentemente expuesta a la erosión ya sea por agua, viento o una combinación de ambas pero en base a las condiciones y a la velocidad con que se produce, podemos distinguir dos clases:

- la erosión normal o geológica, y
- la erosión acelerada o inducida por el hombre.

La *erosión normal* es la que se produce en equilibrio con el medio natural mientras que la *erosión acelerada* es aquella que se produce como consecuencia del cultivo o del pastoreo intensivo que elimina del suelo una de sus protecciones: la vegetación.

Es claro que del punto de vista de la agricultura nos interesa la erosión acelerada pues es la que debemos controlar al máximo para asegurar la productividad futura de los suelos.

Quede claro entonces que erosión se produce siempre y lo que podemos y debemos hacer es reducirla a un mínimo razonable que asegure la productividad de los suelos por un largo período.

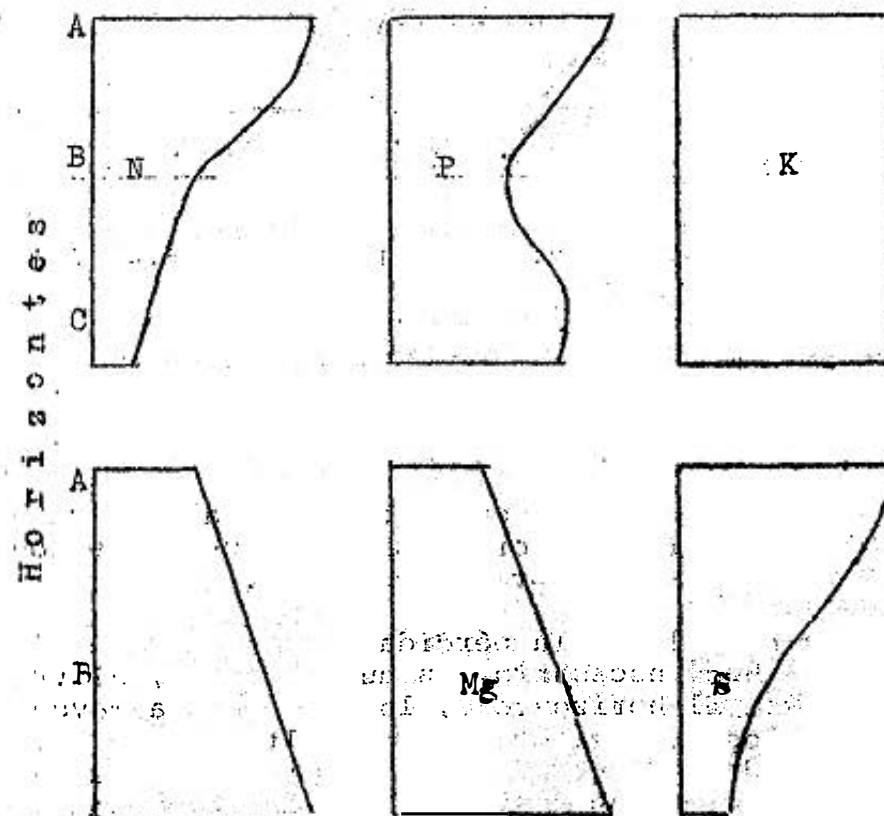
En este artículo solo trataremos la erosión hídrica por ser la más importante en nuestro país.

La erosión hídrica consiste en la desintegración de los agregados del suelo en partículas pequeñas y su posterior arrastre por el agua de lluvia.

2) *Importancia:* La importancia de las pérdidas de suelo por erosión es superior a la que significa el espesor de suelo perdido, porque lo que lleva el agua es la mejor parte del suelo. Lo que se pierde es, lógicamente, la parte superior del suelo (horizonte A) que es la zona de mejores propiedades físicas y de mayor concentración de algunos elementos nutritivos importantes. Además lo que se pierde preferentemente es la arcilla y el limo que es donde están los elementos nutritivos asimilables. Si tenemos en cuenta la distribución de los principales nutrientes en un perfil veremos clara-

mente la importancia de la pérdida de las capas superiores de suelo. En la Figura (1) se da la distribución del N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), Ca (calcio), Mg (magnesio), y S (azufre) en un perfil de suelo teórico.

FIGURA (1): REPRESENTA EN ESQUEMATICA DE LAS PROPORCIONES RELATIVAS DE N, P, Ca, Mg y S EN LOS HORIZONTES A, B Y C DE UN SUELO TIPO



Como se puede apreciar las pérdidas de N, P y K serán las más importantes. Si además tenemos en cuenta que el material transportado

es mucho más rico en N, P y K que el suelo original (debido al transporte de las fracciones más finas) vemos lo perjudicial que es la erosión para la fertilidad del suelo.

Durante 1930 se calcularon en U.S.A. las pérdidas de elementos nutritivos por erosión en comparación con lo extraído por las cosechas.

En el cuadro (1) se dan las cifras en Kg. por Ha.

CUADRO (1)

Pérdidas	N	P	K	Ca	Mg	S
Perdido por erosión.	24.2	10.6	141.1	152.2	73.0	6.1
Extraído por los cultivos	25.1	3.8	17.3	6.0	2.8	2.8

Como se puede ver en el cuadro, salvo para el N, las pérdidas por erosión son muy superiores a lo extraído por las cosechas.

Por otro lado, la pérdida de capas del horizonte A hace necesario, en muchos casos, el trabajar con el horizonte B, lo cual, en la mayoría de los suelos, es más dificultoso por ser más pesado y de estructura más gruesa. A su vez estas propiedades desfavorables del horizonte B dificultan el crecimiento de las plantas reduciendo por lo tanto las cosechas.

La erosión puede reducir muchísimo la pro-

ductividad de los suelos y si llega a ser muy intensa puede destruirlos completamente. La prosperidad de una zona agrícola depende en gran parte del control de la erosión, ya que depende de la productividad de sus suelos.

3) Tipos de erosión: El arrastre del suelo por el agua se puede producir de diferentes formas, lo que origina los tipos de erosión. Ellos son:

- a) erosión laminar,
- b) erosión en surcos,
- c) erosión en cárcavas.

La erosión laminar consiste en la pérdida de una capa más o menos uniforme de suelo. Este tipo de erosión es el más común y el más perjudicial porque no produce un efecto fácilmente visible que alarme al agricultor.

En general, la erosión laminar es el estado inicial del proceso de pérdida de suelo porque en cuanto el agua comienza a correr se forman pequeños surcos que la encauzan. Si ese proceso continúa, los surcos se profundizan y tendremos la erosión en surcos. La erosión laminar y en surcos puede ser corregida con las herramientas normales de laboreo del suelo.

Cuando la erosión es muy grave se producen grandes canales o cárcavas en los lugares donde se concentra el agua; entonces le llamaremos erosión en cárcavas. Las cárcavas pueden ser eliminadas o corregidas solamente por prácticas especiales.

B) Factores que producen la erosión.

El mecanismo de la erosión hídrica consta de dos etapas fácilmente separables:

- a) La desintegración de los agregados del suelo por el impacto de las gotas de lluvia.
- b) El transporte de las partículas desagregadas por el agua de escurrimiento superficial.

El impacto de las gotas de lluvia en el suelo es de primordial importancia para desagregarlo en pequeñas partículas que luego puedan ser transportadas por el agua de escurrimiento. El agua corriente sola, sin la ayuda del golpeteo de la lluvia, no es capaz de desprender mucho suelo de la superficie. Cuanto más intensa la lluvia (o sea: cuanto más agua caiga por minuto) de mayor tamaño son las gotas y con más fuerza llegan al suelo haciéndose más destructivo su efecto.

Las partículas de suelo dispersadas por el "martilleo" de la lluvia también son arrastradas hacia el interior del suelo con el agua de infiltración tapando los poros y dando como resultado una disminución en la permeabilidad del suelo y por lo tanto un aumento del agua de escurrimiento.

Como conclusión podemos decir que para que haya erosión es necesario que haya suelo desagregado en pequeñas partículas y que exista movimiento de agua capaz de transportarlas. Si se da uno solo de los dos procesos la erosión no ocurre.

El mecanismo de la erosión hídrica se puede ver acelerado o enlentecido por una serie de factores que entraremos a discutir en la próxima sección.

C) Factores que afectan la intensidad de las -- pérdidas.

Todas aquellas variables capaces de modifi-

car la acción de la lluvia sobre los agregados del suelo y la cantidad y velocidad del agua de escurrimiento superficial afectan la intensidad de las pérdidas de suelo.

Los principales factores que cumplen estas condiciones son:

- a) Clima,
- b) Topografía,
- c) Suelo,
- d) Vegetación.

Los efectos de la acción del hombre a través del manejo del suelo, del sistema de cultivos y de las imprevisiones o precauciones que tome -- particularmente para la conservación del suelo serán considerados junto con las medidas para el control de la erosión.

a) Clima - Los factores climáticos que afectan la intensidad de la erosión son: lluvia, temperatura y viento.

La lluvia es el factor principal y sobre él nos extenderemos más adelante.

La temperatura determinará el tipo de precipitación (agua o nieve), el estado del suelo -- (congelado o no) y la evaporación del agua del suelo que indirectamente afectará la capacidad de infiltración del suelo (cuanto más seco esté el suelo más agua podrá almacenar y mayor será la reducción en el escurrimiento superficial).

El efecto del viento estará primordialmente relacionado con la aceleración que le puede dar a la lluvia aumentando la fuerza del impacto con el suelo.

Tradicionalmente se han considerado tres características de las lluvias como importantes --

en cuanto a su efecto en las pérdidas de suelo. Ellas son: cantidad total, intensidad y distribución. A primera vista parece lógico que cuanto más llueva será mayor la erosión producida, pero esto no es siempre así. Si la lluvia es muy suave, a pesar de ser de gran volumen total, dará tiempo a que el agua se infiltre en el suelo y poca será el agua que corra sobre la superficie. A su vez, el agua que corra lo hará a baja velocidad y por lo tanto tendrá poca fuerza de arrastre. Por otro lado, la poca fuerza del choque del agua con el suelo producirá poca desagregación y no habrá partículas pequeñas para transportar.

Si consideramos la intensidad de la lluvia, o sea la cantidad de agua que cae en un minuto o en una hora, vemos que es más probable que afecte más a las pérdidas de suelo.

Por ejemplo, si una lluvia es de corta duración pero muy fuerte, la fuerza del choque del agua con el suelo será grande produciendo mucho material desagregado que podrá ser transportado.

Por otro lado, como la lluvia cae de golpe no da tiempo a que el suelo la absorba y habrá mucho escurrimiento superficial lo que facilitará el transporte de la tierra.

En los últimos años, basándose en gran cantidad de datos, un grupo de investigadores norteamericanos encontraron que lo que mantiene la relación más estrecha con las pérdidas de suelo es la energía de la lluvia, la cual, a su vez, está en relación a la intensidad de la lluvia. Pero, tratando de mejorar aún más la relación entre las características de las lluvias y su poder erosivo llegaron a establecer un índice que llamaron el índice de poder erosivo de la lluvia. Ese índice se calcula multiplicando la

energía de la lluvia (calculada en base a la intensidad) por el doble de la mayor intensidad de lluvia en un período de 30 minutos. Lo importante es comprender que este índice es adecuado porque reúne los dos factores físicos que producen la erosión: a) la fuerza de la lluvia (energía) que desintegra el suelo en pequeñas partículas, y b) la cantidad de escurrimiento superficial (representado por la máxima intensidad en 30 minutos).

En base a registros de lluvia se puede calcular el valor del índice de poder erosivo de las lluvias para cada mes del año y entonces podremos saber las épocas del año en que las lluvias son más peligrosas. Aquí entonces entramos a considerar la distribución de las lluvias.

La distribución de las lluvias en el año es importante porque las condiciones en que está el suelo varía de acuerdo al ciclo del cultivo. Así entonces tendremos una época con el suelo descubierto (aradas y rastreadas), luego la germinación, crecimiento del cultivo, cosecha, rastrojo, etc.

Como es obvio la misma lluvia hará mucho más daño en el período en que el suelo está descubierto que luego que el cultivo está establecido. Conociendo las épocas de mayor índice de erosividad de las lluvias se puede adecuar el manejo del suelo para que esas épocas coincidan con períodos en que el suelo está cubierto.

b) Topografía - La pendiente del terreno tiene gran influencia en las pérdidas de suelo por erosión.

Las dos características principales de las pendientes son: 1) el porcentaje de pendiente (metros de desnivel en un tramo de 100 metros), y 2) la longitud de la pendiente.

Al aumentar el porcentaje de pendiente el agua tendrá mayor tendencia a correr y por lo tanto aumentará el volumen y la velocidad del escurrimiento superficial. Cuando más agua corra y más ligero sea su movimiento mayor será su capacidad de transportar suelo. Además, menor será la capa de agua que amortigue el golpeo de las gotas de lluvia sobre el suelo. Aumentando el porcentaje de pendiente al doble las pérdidas de suelo aumentarán de 2,5 a 3 veces.

La longitud de la pendiente es también muy importante porque cuanto más larga sea, mayor volumen de agua se junta. Por lo tanto, las partes más bajas de la ladera reciben un gran volumen de agua de escurrimiento lo cual aumenta el arrastre de tierra. Es por eso que las partes inferiores de las laderas son las que sufren mayor erosión y las zanjas o cárcavas generalmente comienzan a formarse de abajo hacia arriba.

Sin embargo, el duplicar la longitud de la pendiente sólo aumenta las pérdidas de suelo en 1.5 por unidad de área. Vemos, por lo tanto, que el efecto de la longitud de la pendiente es menor que el efecto del porcentaje de pendiente.

Otras características de las laderas que afectan en menor grado las pérdidas de suelo son: - 1) La configuración, es decir, que sea cóncava o convexa. La parte convexa se erosionará más que la cóncava. 2) Las variaciones en pendiente; las laderas uniformes se erosionan más que las laderas que varían en porcentaje de pendiente de trecho en trecho.

c) Suelo - Las características del suelo afectan la resistencia a la erosión y entonces podemos hablar de suelos de alto, medio o bajo riesgo de erosión.

Las tres características más importantes de los suelos en relación a su riesgo de erosión son: 1) la capacidad de infiltración, es decir, la velocidad con que pueden absorber el agua; 2) la cantidad de agua que pueden guardar, y 3) la estabilidad de los agregados, la resistencia de los agregados a la ruptura dispersión causada por el golpe de la lluvia. Como se puede apreciar, volvemos a los procesos básicos de la erosión: la destrucción de agregados y el escurrimiento superficial.

La capacidad (o velocidad) de infiltración del suelo depende principalmente de la cantidad de poros relativamente grandes por donde el agua pueda penetrar libremente. Este tipo de porosidad a su vez está determinado por la textura y estructura del suelo. Los suelos arenosos absorben rápidamente el agua lo mismo que los suelos bien granulados de texturas medias. En general, los suelos arcillosos absorben el agua lentamente.

La velocidad de infiltración, en un mismo suelo, varía a medida que absorbe agua. Cuando está seco, la infiltración es rápida. Pero después que comienza a saturarse el horizonte A, la velocidad de infiltración disminuye debido a dos factores: 1) los poros de la capa superficial se empiezan a cerrar por las pequeñas partículas de tierra que van suspendidas en el agua que se infiltra, y 2) al saturarse el horizonte A, la velocidad de infiltración estará limitada a la velocidad con que pase el agua por el horizonte B, el cual, es generalmente mucho menos permeable.

La velocidad inicial de infiltración puede variar mucho en un mismo suelo dependiendo de las condiciones en que se encuentre el horizonte superficial.

Los factores que favorecen la infiltración son : la arada, un contenido alto de materia orgánica y un contenido de humedad bajo sobretodo en los suelos que se agrietan. La arada aumenta mucho la porosidad del horizonte superior y deja la superficie irregular lo cual favorece la detención del agua en pequeños charcos. La materia orgánica también aumenta la porosidad y además aumenta la estabilidad de la estructura.

La velocidad de infiltración, luego de saturado el horizonte A, es muy poco variable dado que es regulada por el subsuelo que, a su vez es difícilmente alterable.

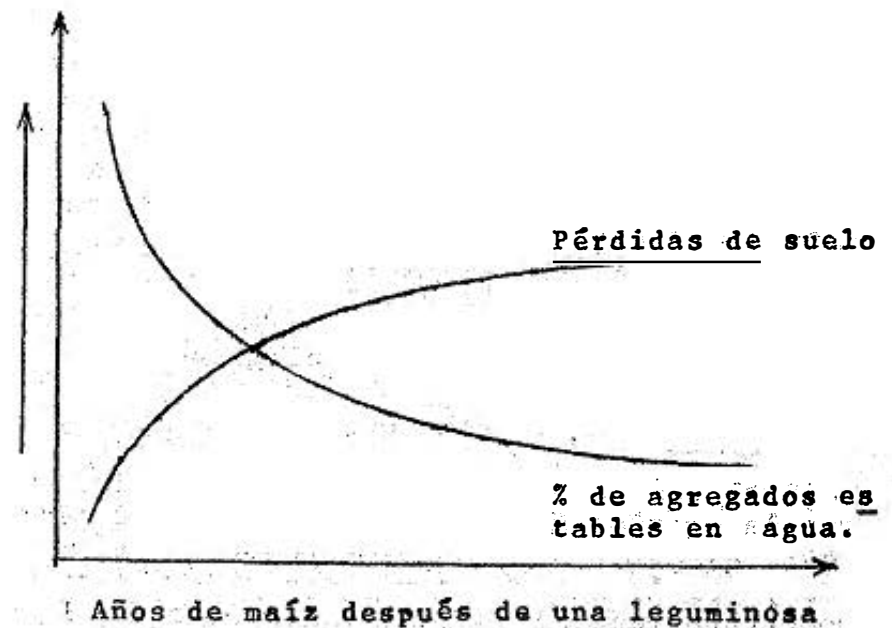
La estabilidad de los agregados del horizonte superior es también importante en la capacidad de infiltración porque, cuanto más estables sean, mejor se mantendrá una buena porosidad. La ruptura de los agregados produce una capa superficial de baja permeabilidad que dificulta la infiltración.

Si el volumen de la lluvia es mayor que la capacidad de infiltración, el agua comienza a correr por la superficie y arrastra el suelo que se encuentra desagregado en pequeñas partículas. La cantidad de agua que puede almacenar el suelo es importante puesto que una vez satisfecha esa cantidad el escurrimiento superficial se hace muy grande. Cuanto antes suceda esto, más daños causará el agua. Un factor muy importante que determina la cantidad de agua que se puede almacenar es la profundidad del suelo.

La estabilidad de los agregados es de fundamental importancia porque favorece la infiltración como ya se dijo, y además, porque la posibilidad de que el agua corriente arrastre tierra depende del tamaño y peso de las partículas del suelo.

Los principales factores que contribuyen a la estabilidad de los agregados son: 1) un alto contenido de arcilla (sobretodo de las arcillas que no se hinchan al mojarse); 2) un alto contenido de materia orgánica en descomposición activa, o sea, una alta actividad microbiana; 3) un alto nivel de fertilidad; 4) un alto nivel de calcio; y 5) un alto nivel de óxidos de hierro. Todos estos factores tienen a unir fuertemente las partículas y por lo tanto podrán resistir el choque de la lluvia.

En experimentos con control de las pérdidas de suelo por erosión se encontró la siguiente relación:



Es clara la relación inversa entre las pérdidas por erosión y el porcentaje de agregados estables en agua.

Un factor que tiene un gran efecto indirecto en la resistencia a la erosión es el nivel de fertilidad del suelo. Aumentando el nivel de fertilidad se aumenta el crecimiento de los cultivos lo cual trae como consecuencia una mejor protección del suelo y un mayor volumen de raíces que aumentan el contenido en materia orgánica y favorecen la buena estructura del suelo.

Se ha encontrado experimentalmente que 200 Kg./Há. de un fertilizante 10-20-20 aplicado a un cultivo de avena disminuye a la mitad las pérdidas de suelo. En forma similar 200 Kg/Há. de 0-20-10 disminuyeron en 40 % las pérdidas de suelo en un cultivo de trigo plantado luego de una leguminosa.

d) *Vegetación* - La cobertura vegetal del suelo es el factor más importante que modifica las pérdidas de suelo por erosión. Los efectos de la vegetación se pueden clasificar en cinco categorías:

- 1) La intercepción de la lluvia,
- 2) El descenso de la velocidad del agua de escurrimiento,
- 3) El efecto de las raíces en aumentar la granulación y la porosidad,
- 4) El efecto del crecimiento de las plantas en los procesos biológicos del suelo, y
- 5) La extracción de agua del suelo.

La intercepción de la lluvia por las plantas afecta la erosión del suelo de dos maneras diferentes: a) parte del agua interceptada es evaporada y por lo tanto nunca llega al suelo y b) la cobertura vegetal absorbe el impacto de las gotas lo cual disminuye mucho el efecto desagregante de la lluvia.

El porcentaje de lluvia interceptada depende de la clase de vegetación y de su densidad. Para

tener una idea, en el siguiente cuadro se dan datos para algunos cultivos:

cultivo	% de agua interceptada
M a í z	43
A v e n a	7
A l f a l f a	40

Un monte denso o una pradera (natural o artificial) bien empastada interceptará el 100 % de la lluvia ya que la cobertura del suelo es total.

Cualquier cobertura vegetal obstaculiza el escurrimiento del agua reduciéndole su velocidad, lo cual, le disminuye la capacidad de transporte.

Por otro lado, el agua al correr más lentamente tiene más tiempo para penetrar en el suelo disminuyendo entonces el volumen total del escurrimiento. Conviene aclarar que la reducción en velocidad es mucho mayor que la reducción en el volumen total del escurrimiento.

Cuanto más densa sea la vegetación, mayor será el descenso de la velocidad de escurrimiento y mejor se protegerá el suelo.

El volumen y el tipo de raíces es importante por sus efectos en la estructura y porosidad del suelo, así como, por actuar como un sostén mecánico de los agregados del suelo.

Las raíces de los pastos y cereales son las más efectivas por ser finas y abundantes y por lo tanto forman como una red que retiene al suelo. Las raíces de las leguminosas, del lino, girasol, remolacha, etc., son más profundas pero menos ramificadas y su acción es algo menor.

La presencia de las raíces mejora la estructura del suelo pues favorece la separación y formación de los agregados. La muerte y descomposición de las raíces contribuye mucho a aumentar la porosidad porque deja los canales donde estaban cuando vivas.

Un manto de vegetación creciendo activamente produce un buen volumen de materia orgánica fácilmente utilizable por los microorganismos, las lombrices y otros animales del suelo. La actividad de la fauna del suelo aumenta la agregación y la porosidad, reduciendo, por lo tanto, la erosión.

Las plantas extraen un gran volumen de agua del suelo, aumentando por lo tanto la capacidad de almacenar el agua de futuras lluvias. Como ya se explicó esto permite un aumento de la infiltración y por lo tanto un descenso del escurrimiento superficial.

Es claro entonces, que la vegetación aumenta la agregación y la estabilidad de esa agregación, aumenta la porosidad, disminuye la velocidad del escurrimiento y a la vez aumenta la infiltración. Todos estos efectos reducen la erosión.

La vegetación natural ya sea bosque o pradera es la mejor protección para el suelo, pero la producción de cultivos exige su destrucción por medio del laboreo, lo cual aumenta extraordinariamente la erosión.

El laboreo en sí, al "desnudar" el suelo, es el principal factor que aumenta la erosión pues expone los agregados a la acción de la lluvia y reduce el contenido de materia orgánica.

El tipo de cultivo tiene un efecto fundamental en las pérdidas de suelo. A continuación se presenta una lista en orden decreciente en cuanto a protección del suelo.

Vegetación permanente.	Bosques y montes.
	Praderas naturales.
Vegetación semipermanente.	Praderas artificiales mixtas.
	Praderas artificiales de leguminosas.
Cultivos densos.	Praderas art. anuales: Trigo
	Cebada.
	Avena.
Cultivos en hilera. (carpidos)	Algodón.
	Papa.
	Soja. Maíz, sorgo, girasol.
Campo desnudo.	Arado.
	Rastreado.

II) Control de la erosión. Conservación de suelos.

A) Introducción.

El propósito de la conservación de suelos es mantener la capacidad productiva de los suelos al mismo tiempo que se usan para la producción. Por lo tanto, las prácticas de conservación de suelos se equivalen a las prácticas de una agricultura racional.

La erosión es uno de los principales enemigos de la productividad de los suelos y el contrarrestarla es uno de los principales objetivos de la conservación de suelos.

Para combatir la erosión, adecuada y económicamente, se debe utilizar cada porción de tierra de acuerdo a sus posibilidades.

Todo aquél que trabaja un campo tiene una idea intuitiva de para qué ~~puédan~~ servir las diferentes porciones de su tierra. Así entonces habrá partes arables y no arables, partes que se inundan, partes pedregosas, etc.

Para planificar la producción de un establecimiento y poder tener una idea clara de las medidas de conservación de suelos a adoptar, lo primero que se necesita es conocer los tipos de suelos, su extensión y distribución, y evaluar su aptitud para diferentes usos. Esto se logra mediante el mapeo de suelos, o sea, la localización en un mapa del establecimiento, de los diferentes suelos que aparecen.

Pero el mapa de suelos no es la última etapa pues lo que nos interesa saber es qué uso se les puede dar a esos suelos.

Para esto debemos determinar la capacidad de

uso o capacidad agrológica de los suelos.

La capacidad de uso de los suelos se determina en base a las propiedades del suelo en sí y a sus características asociadas.

Como resultado de la clasificación de las distintas unidades de mapeo en clases de uso, obtenemos un mapa de la tierra que nos permitirá elegir los sistemas de manejo que deben aplicarse a cada porción del establecimiento para asegurar la adecuada conservación de los suelos y la máxima producción.

B) Métodos de conservación de suelos.

La conservación de los suelos puede obtenerse por medio de una cantidad de diferentes prácticas que generalmente se aplican en varias combinaciones.

Para comenzar su estudio conviene dividir las en dos grandes grupos:

1) Prácticas culturales, y

2) Prácticas mecánicas.

1) Prácticas culturales.

Las prácticas culturales comprenden todos aquellos elementos que forman parte del buen manejo del suelo.

Dentro de las prácticas culturales consideraremos: laboreo, métodos de plantación, métodos de cosecha, fertilización, manejo de la materia orgánica, manejo del agua, sistema de cultivos, (rotaciones, cultivos de cobertura) y manejo de praderas y bosques.

Laboreo - El laboreo del suelo tiene tres -- grandes objetivos: a) Preparar la sementera, b) Facilitar el crecimiento de las raíces y c) Eliminar la vegetación competitiva, pero además -- puede tener otros propósitos, como: eliminar -- los residuos de la superficie, aumentar la ab -- sorción de agua, aumentar la aereación y la in -- corporación de abonos verdes.

El objetivo buscado con el laboreo es la pro -- ducción de una capa con agregados de dimensio -- nes convenientes para la germinación de las se -- millas y el crecimiento de las raíces. Pero, -- considerando del punto de vista del suelo el laboreo tiene dos tipos de efectos: un efecto -- inmediato y otro a largo plazo.

El efecto inmediato consiste en un aumento -- de la porosidad, aereación e infiltración y en un gran aumento de la actividad microbiana. Pe -- ro, a largo plazo, el laboreo disminuye el ta -- maño de los agregados y el contenido de materia orgánica lo cual decrece la estabilidad de la estructura.

Además el paso del tractor y el peso y la -- presión de los implementos tiende a compactar -- el suelo formando una capa más densa, llamada -- la "suela del arado".

Existen diferencias en la acción de los dife -- rentes implementos agrícolas. El arado de ver -- tedera al levantar y volcar la tierra la rompe en sus agregados naturales lo cual es beneficio -- so para mantener la estructura del suelo. Ade -- más produce la inversión completa del pan de -- tierra con lo cual cubre completamente los resi -- duos y la vegetación enlenteciendo la descompo -- sición de la materia orgánica.

El arado de disco no invierte la tierra tan perfectamente lo cual permite que una buena pro -- porción de los residuos vegetales queden en la superficie y protejan al suelo. Además la me --

jor mezcla que se da entre la vegetación y el -- suelo favorece la descomposición de la materia orgánica. La desventaja del arado de discos es que "corta" la tierra rompiendo los agregados -- naturales que luego se deshacen más fácilmente.

El arado de cincel y el escarificador de sub -- superficie remueven el suelo sin darlo vuelta -- lo cual permite el trabajo en lugares donde se deja una capa protectora de paja en el suelo. -- Estos implementos hacen buen trabajo cuando se usan en condiciones de humedad apropiadas.

El subsolador penetra profundamente en el -- suelo facilitando, en algunos casos, la penetra -- ción del agua y de las raíces. En suelos de ar -- cillas expansivas (que se hinchan cuando se mo -- jan) esta labor sola no tiene mucha eficacia. -- La subsolación se puede mejorar mucho si se --- agregan fertilizantes, estiércol o paja picada -- en la ranura abierta. Esta última práctica me -- jora muchísimo la infiltración en suelos de ho -- rizontes B poco permeable.

Cualquiera sea la herramienta, se debe usar -- solamente en el rango apropiado de humedad. Si se trabaja con mucha humedad la tierra se "ama -- sa" disminuyendo la agregación y la porosidad. -- Si se trabaja con suelo muy seco los terrones -- que resulten serán muy grandes precisándose más laboreo.

En conclusión se puede decir que el laboreo -- del suelo, sobretodo del punto de vista de la conservación, es un mal necesario. Para contra -- rrestar sus efectos perjudiciales se recomienda: a) Hacer solo los trabajos indispensables; b) -- Trabajar la tierra solo en el rango apropiado -- de humedad; c) Usar herbicidas cuando sea posi -- ble y d) Variar la profundidad de arado para -- evitar la "suela del arado".

Métodos de plantación - El método de planta --

ción también afecta las pérdidas de suelo. Los factores importantes son: el tipo de siembra (al voleo o en surcos), la densidad de siembra, la distancia entre líneas y la dirección de los surcos con respecto a la pendiente.

En general, se puede decir que cuanto más denso se siembre y mejor se sigan las curvas a nivel con los cultivos en hilera mejor se controlará la erosión.

Métodos de cosecha. El tipo de cosecha también influye. Cuando se cosecha toda la planta el riesgo de erosión aumenta. Cuando más residuos se dejan en el campo (incluyendo raíces) mejor se conservará el suelo.

Fertilización. Como ya se mencionó, el nivel de fertilidad del suelo es un factor muy importante en la conservación pues aumenta el crecimiento vegetativo de los cultivos. Esto significa: mayor incorporación de materia orgánica y mayor disminución del escurrimiento superficial.

Las prácticas de fertilización serán dadas por lo que indique la investigación local para cada tipo de suelo y cultivo.

La conservación de suelos y la fertilización son prácticas que deben ir paralelas y se complementan. A lado, la fertilización contribuye a conservar el suelo, y, por otro lado, fertilizar sin tomar medidas para evitar la erosión es como tirar el fertilizante en las cañadas y arroyos. Además, la erosión deteriora las características físicas de los suelos lo cual disminuye la eficiencia de los fertilizantes.

Manejo de la materia orgánica. El valor de la materia orgánica en el suelo puede resumirse de la siguiente manera: aumenta la agrega-

ción y la estabilidad de los agregados lo que a su vez aumenta la porosidad, aereación, infiltración y percolación; por lo tanto, reduce el escurrimiento superficial. Además, cuando está en la superficie reduce el impacto de la lluvia. Por último, contribuye al nivel de fertilidad del suelo porque al descomponerse libera los nutrientes de las plantas.

El primer problema en el manejo de la materia orgánica es producirla en cantidad y calidad. Las especies usadas y la fertilidad del suelo son los factores fundamentales.

Luego el manejo se fundamenta en regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica producida. La descomposición lenta es la más beneficiosa para la estructura del suelo, mientras que la descomposición muy acelerada tiene poco efecto. Por lo tanto, se debe favorecer la descomposición lenta de la materia orgánica.

Con las raíces no hay problema porque están bien distribuidas en el suelo, pero con los residuos y la vegetación superficial, hay que tener en cuenta el efecto de diferentes prácticas. El arado de vertedera los entierra y la descomposición será lenta, pero si el suelo es muy poco aireado se puede "carbonizar" con poco beneficio posterior. El arado de disco mezcla mejor los residuos y la descomposición será más rápida. Lo ideal es un ritmo moderado de descomposición que se logrará con arado de vertedera en suelos livianos y con arado de disco en suelos pesados.

Cuando se incorpora material pajizo al suelo puede haber una escasez inicial de nitrógeno que se puede corregir agregándolo como fertilizante. Incorporando leguminosas, este problema es mucho menor ya que su contenido en nitrógeno es mayor. Luego de cierto tiempo la descomposición más avanzada del material vegetal libera nitró-

geno, fósforo, azufre y otros nutrientes.

Mantener un buen nivel de materia orgánica es importante para la conservación del suelo. Las principales fuentes son las praderas, residuos de cultivos y raíces. Por otro lado, el gran consumo se produce al trabajar el suelo.

Manejo del agua - El manejo del agua para controlar la erosión se basa en disminuir la velocidad y cantidad del escurrimiento superficial y en mantener el suelo en condiciones medias de humedad.

El escurrimiento superficial se controla por medio del aumento de la infiltración (mejor estructura, mejor laboreo, etc.) y por la existencia de vegetación o residuos en la superficie del suelo.

El control de las condiciones de humedad del suelo incluye el aumento o la disminución de la humedad en ese suelo. Para disminuir la humedad de un suelo se pueden seguir las siguientes prácticas:

- a) Mejorar el drenaje del suelo mejorando la estructura y permeabilidad del horizonte B (subsulado, leguminosas).
- b) Hacer uso de la transpiración de las plantas;
- c) Usar drenaje artificial.

Para aumentar la humedad del suelo podemos tomar las siguientes medidas:

- a) Aumentar la infiltración por mejora de la estructura y laboreo.
- b) Aumentar la profundidad de arraigamiento por subsolación o por acción de las raíces de leguminosas.

- c) Bajar la densidad de siembra.
- d) Controlar las malezas;
- e) Impedir la canalización del escurrimiento superficial.

Sistema de cultivos El sistema de cultivos comprende el tipo y la secuencia de cultivos utilizados en una zona o en un suelo determinado durante un período de tiempo y es de fundamental importancia en la conservación de suelos.

Como se dijo anteriormente la capacidad de proteger el suelo de los diferentes cultivos es bastante variable. En orden decreciente de protección del suelo tenemos monte, pradera, cultivos densos, cultivos en hilera y tierra desnuda.

Además, se debe tener en cuenta que las pérdidas de suelo durante la estación de crecimiento de un cultivo dado pueden variar mucho de acuerdo al cultivo previo.

Las pérdidas bajo maíz plantado después de una pradera pueden ser hasta cinco veces menores que si se planta después de varios años de cultivos. Vemos por lo tanto que la rotación utilizada puede tener una gran influencia en la conservación del suelo. Como regla general se puede decir que cuanto más años de pradera en relación a los años de cultivos haya en la rotación, menores serán las pérdidas de suelo. A su vez, si los cultivos pertenecen a la categoría de cultivos densos se obtendrá más protección contra la erosión que si son cultivos en hilera y carpidos.

En general, las tierras agrícolas pueden explotarse con una gran cantidad de diferentes rotaciones y la elección de los cultivos dentro de las grandes categorías (praderas, cultivo

denso, cultivo carpido) dependerá del clima, del suelo, del mercado y de la maquinaria disponible.

El grado de protección de la rotación se puede variar si por otro lado se intensifican otras prácticas de conservación tanto culturales como mecánicas.

La cantidad de erosión esperada bajo una rotación dada, puede disminuir mucho si se usan *cultivos de cobertura*. Los cultivos de cobertura tienen como finalidad proteger el suelo en períodos en que de otra manera se mantendría desnudo. Además, aumentan la materia orgánica del suelo si son enterrados como abono verde y si se usan leguminosas se puede hacer un aporte de nitrógeno al suelo. Un ejemplo de cultivo de cobertura sería la siembra de vicia entre dos cultivos sucesivos de trigo.

Las ventajas de los cultivos de cobertura son:

- a) Reducen el escurrimiento superficial.
- b) Reducen la erosión.
- c) Aumentan la materia orgánica.
- d) Impiden la pérdida de nutrientes por lavado (especialmente nitrógeno).
- e) Al descomponerse favorecen la disponibilidad de nutrientes.
- f) Pueden servir como pastoreo suplementario.
- g) Aumentan la producción del cultivo siguiente.
- h) Mejoran las propiedades físicas del suelo.

Por otro lado las principales desventajas son:

- a) El costo de la semilla y de la siembra.
- b) La incertidumbre de conseguir un buen manto de vegetación.

- c) En los lugares con riesgo de sequía, la posibilidad de que agoten las reservas de agua del suelo;

- d) La posibilidad de que alberguen insectos dañinos para los cultivos.

Una gran variedad de gramíneas y leguminosas se pueden usar como cultivos de cobertura y la elección de la especie se hará de acuerdo a las circunstancias. Se preferirán leguminosas o mezclas de gramíneas y leguminosas de crecimiento rápido y buena producción de material verde. En otras partes se han usado tréboles, alfalfa, vicia, centeno, lespedeza, trigo, avena y otras leguminosas y gramíneas que no se conocen aquí.

Los cultivos de cobertura se siembran al voleo y en general no se fertilizan. Luego se aran 2 ó 3 semanas antes de la próxima siembra siendo incorporados como abono verde.

Manejo de praderas y bosques - Las praderas y los bosques son la mejor protección contra la erosión si se manejan adecuadamente. En las praderas los factores que se deben cuidar para evitar la erosión son: el sobrepastoreo, el pisoteo de animales pesados en suelo poco firme y los caminos de los animales. Todos estos factores favorecen la pérdida de la cobertura del suelo y el escurrimiento superficial.

En los montes, los principales enemigos de la conservación del suelo son las cortas y arrastres de troncos, el fuego y el pastoreo.

El arrastre de troncos pesados deja surcos en el suelo y si son en el sentido de la pendiente el riesgo de erosión es grandísimo pues se elimina la cobertura y se encauza el agua en dirección de la pendiente.

El fuego destruye la vegetación y el mantillo del suelo eliminando por lo tanto su protec-

ción.

El pastoreo es perjudicial porque debido al poco pasto que hay bajo los árboles los animales caminan mucho y pisotean, lo cual disminuye la infiltración. Además, se comen las plantas nuevas lo cual reduce la repoblación de árboles. Los montes se pueden usar para recuperar zonas muy erosionadas.

2) Prácticas mecánicas.

Las prácticas mecánicas más importantes para la conservación de suelos son:

- a) El cultivo en contorno.
- b) El cultivo en fajas, y
- c) Las terrazas.

a) *Cultivo en contorno* - El cultivo en contorno consiste en realizar todas las labores de cultivo siguiendo las curvas a nivel o sea en forma transversal a la pendiente.

Este sistema de cultivo reduce el escurrimiento superficial y aumenta la infiltración pues aumenta la capacidad de almacenar agua en la superficie del suelo. Además las filas de plantas se oponen al escurrimiento y "filtran" el agua que corre.

El mayor peligro del cultivo en contorno consiste en que los surcos no estén a nivel lo cual hará concentrar el agua en las partes más bajas. Esto puede resultar en la destrucción de los surcos y en el escurrimiento concentrado de un alto volumen de agua, lo cual puede originar zanjás.

El cultivo en contorno como única práctica sirve para controlar efectivamente la erosión solo en pendientes suaves y suelos permeables.

De todos modos el cultivo en contorno compa-

rado con el cultivo en dirección de la pendiente reduce las pérdidas de suelo a la mitad (en promedio).

Marcación de curvas a nivel - Para realizar cultivo en contorno se necesita marcar las curvas a nivel.

La marcación de las curvas a nivel se hace tendiendo una línea en la dirección de la pendiente en la parte donde ésta es más pronunciada y marcando con estacas a intervalos regulares. A partir de esas marcas se trazan las curvas a nivel indicándolas con estacas.

Al arar se comienza echando la tierra sobre dos líneas consecutivas de estacas hasta llegar al surco muerto en el centro de la faja delimitada, por esas dos líneas. Como las laderas, en general, no son de pendientes uniformes en el centro de la faja quedarán pedazos sin arar que se terminarán al final.



Estudios sobre costos de las labores y tiem-

po consumido demuestran que la arada en contorno es más rápida y disminuye en un 10 % el gasto de combustible en comparación con la arada "en la vuelta".

Las desventajas del cultivo en contorno se presentan con las líneas "ciegas" del centro cuando hay que hacer carpidas.

b) *Cultivos en fajas* - El cultivo en fajas consiste en sembrar fajas alternadas de diferentes categorías de cultivos (carpido, denso, pradera).

El principal objetivo del cultivo en fajas es el de alternar, en la misma chacra, cultivos que ofrezcan un diferente grado de protección. Comúnmente tendremos un cultivo carpido alternado con un cultivo denso o una pradera. De esa manera el agua que corra de las fajas más erosionables es detenida en las fajas protectoras en donde se depositará una parte del material en suspensión.

En promedio, se calcula que el cultivo en fajas alternadas reduce en un 75 % las pérdidas del suelo en comparación con el cultivo en la dirección de la pendiente.

La mayor o menor protección del suelo se logra regulando el ancho de las fajas protectoras. La pendiente es un factor decisivo en determinar el ancho de las fajas protectoras. Para tener una idea se dan las siguientes cifras:

Porcentaje de pendiente	Ancho mínimo de las fajas protectoras en mts.-
0 - 3	8
3 - 6	12
más de 6	16 - 20

Por otro lado, el ancho de las fajas expuestas a erosión (cultivo carpido) no debe exceder de las siguientes dimensiones:

Porcentaje de pendiente	Ancho máximo de las fajas expuestas en mts.
0 - 1	48
1 - 3	32 36
3 - 6	24
más de 6	16 20

Estas medidas son el resultado de promedios de diferentes zonas con diferentes suelos y son utilizables como referencia. Se deben considerar adecuadas para una "situación promedio".

El cultivo en fajas sin ninguna terraza ni canal de desvío de aguas no es eficiente por encima del 10 % de pendiente.

Los cultivos usados en las franjas protectoras son: cereales de invierno, sorgo, leguminosas (alfalfa) o, más comúnmente, praderas mixtas permanentes. La ventaja de las últimas es que tienen acción protectora todo el año.

Existen varios tipos de cultivos en fajas los que trataremos aquí son:

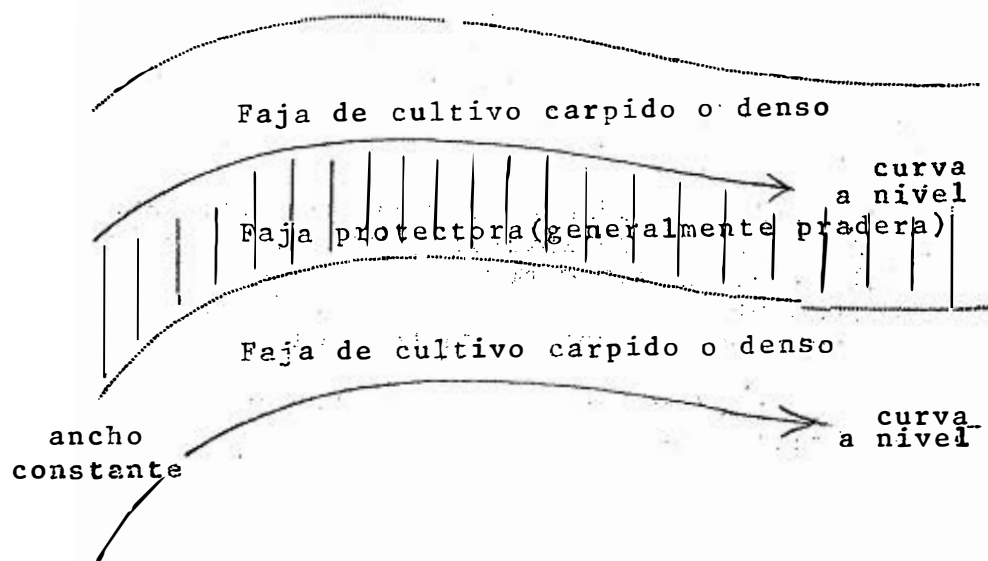
- 1) Cultivo en fajas siguiendo las curvas de nivel.
- 2) Cultivo en fajas paralelas y perpendiculares a la pendiente predominante, y
- 3) Fajas de contención.

Fajas a nivel - Para marcar las fajas a ni-

vel en el terreno se puede seguir el siguiente método:

- 1) Determinar el ancho de las fajas (expuesta y protectora).
- 2) Marcar el origen de las curvas a nivel en la parte de mayor pendiente en la ladera. Se marca con un intervalo igual a la suma del ancho de la faja expuesta más la protectora.
- 3) Se marcan las curvas a nivel a partir de los puntos definidos en 2).
- 4) Siguiendo cada curva a nivel se marca una faja de ancho constante para la faja de cultivo carpido (expuesta). Entre este límite y la siguiente curva a nivel va la faja protectora.

Este procedimiento se puede aclarar con la siguiente figura:



De esta manera la faja de cultivos carpidos queda de ancho constante lo que facilita mucho-

las labores. La faja protectora tendrá ancho variable pero esto no es problema.

La faja de ancho constante se marca entre dos personas cada una de las cuales lleva en la mano la punta de una cuerda del largo establecido.

Al hacer cultivo en fajas alternadas, las fajas entran en la rotación. Como ejemplos se pueden considerar las siguientes secuencias:

Rotación de 4 años cultivo carpido, cultivo denso, pradera, pradera.

1er. año

2º año

Cultivo carpido
Pradera 1er. año
Cultivo carpido
Pradera 1er. año

Cultivo denso
Pradera 2º año
Cultivo denso
Pradera 2º año

3er. año

4º año

Pradera 1er. año
Cultivo carpido
Pradera 1er. año
Cultivo carpido

Pradera 2º año
Cultivo denso
Pradera 2º año
Cultivo denso

Rotación de 5 años: Cultivo carpido, cultivo denso, pradera, pradera, pradera.

1er. año

2º año

Cultivo carpido
Pradera 1er. año
Cultivo carpido
Pradera 1er. año

Cultivo denso
Pradera 2º año
Cultivo denso
Pradera 2º año

3º año	4º año	5º año
Pradera 1º año	Pradera 2º año	Pradera 3º año
Pradera 3º año	Cultivo carpido	Cultivo denso
Pradera 1º año	Pradera 2º año	Pradera 3º año
Pradera 3º año	Cultivo carpido	Cultivo denso

Rotación de 6 años: Cultivo carpido, cultivo denso, cultivo denso, pradera, pradera, pradera.

1º año	2º año	3º año
Cultivo carpido	Cultivo denso	Cultivo denso
Pradera 1º año	Pradera 2º año	Pradera 3º año
Cultivo carpido	Cultivo denso	Cultivo denso
Pradera 1º año	Pradera 2º año	Pradera 3º año

Los otros 3 años se invierte el orden; se siembra pradera donde antes había cultivos y viceversa.

Fajas paralelas perpendiculares a la pendiente - En este caso las fajas no siguen las curvas a nivel. Se construyen siguiendo líneas paralelas (igual distancia en todos lados) y transversales a la pendiente.

Este tipo de fajas tiene menos efecto en la protección del suelo pero son más sencillas de trabajar.

Fajas de contención - El sistema de fajas de contención consiste en alternar fajas cultivadas y no cultivadas (generalmente de pradera permanente o natural). Estas fajas siguen las curvas a nivel.

Este tipo de cultivo en fajas es probablemente el más simple para su manejo ya que toda la

chacra salvo las fajas protectoras están sometidas al mismo manejo. La desventaja es que queda una porción de la chacra con una productividad relativamente baja pues no se cultiva nunca. Sólo tiene valor para pastoreo en los rastros de los cultivos y cuando se siembra pradera en las fajas cultivadas.

Las medidas dadas anteriormente para las fajas alternadas se pueden utilizar cuando se usa esta otra variante. Se pueden reducir algo las fajas protectoras si la rotación seguida no es muy intensiva. Para hacer cultivos que requieran muchas labores se pueden hacer las fajas de tierra arada de un ancho constante y variar el ancho de las fajas protectoras igual que se hace con las fajas alternadas.

c) *Terrazas* - La medida más drástica para evitar la erosión consiste en eliminar o reducir a un mínimo el escurrimiento superficial. Esto se logra interceptando el agua que corre en el sentido de la pendiente. Para cumplir este objetivo se utilizan las terrazas.

Las terrazas son una combinación de caballón y surco. La construcción de terrazas se justifica solamente en casos muy especiales porque es de alto costo, de difícil construcción y demanda mucho cuidado para su conservación. En nuestro país, en donde la tierra cultivable no está totalmente aprovechada, la construcción de terrazas para la agricultura semi-intensiva, no parece una medida económicamente conveniente -- aunque puede haber excepciones. Además, en la mayoría de los casos, la combinación de otras prácticas más sencillas y baratas puede ser suficiente para un control adecuado de la erosión.

Otro problema que se presentará comúnmente en la construcción de terrazas en nuestros suelos es la presencia de horizontes B pesados de difícil laboreo y malas condiciones físicas. Al construir terrazas parte de la chacra quedará -

con el horizonte B expuesto o cubierto por una capa muy delgada de horizonte A. Esto reducirá la productividad de esas zonas y la homogeneidad del cultivo.

En base a su función las terrazas se pueden dividir en:

- a) terrazas de desagüe, y
- b) terrazas de absorción.

Las terrazas de desagüe tienen un pequeño desnivel que permite el escurrimiento del agua a poca velocidad. De este modo se evita el arrastre de tierra al mismo tiempo que se elimina el exceso de agua. Las terrazas de desagüe tienen que desembocar en desagües naturales o artificiales bien protegidos por vegetación (en general pastos).

Las terrazas de absorción se construyen a nivel para evitar el escurrimiento del agua y aumentar la infiltración. Se usan en zonas secas donde la conservación del agua es de primordial importancia.

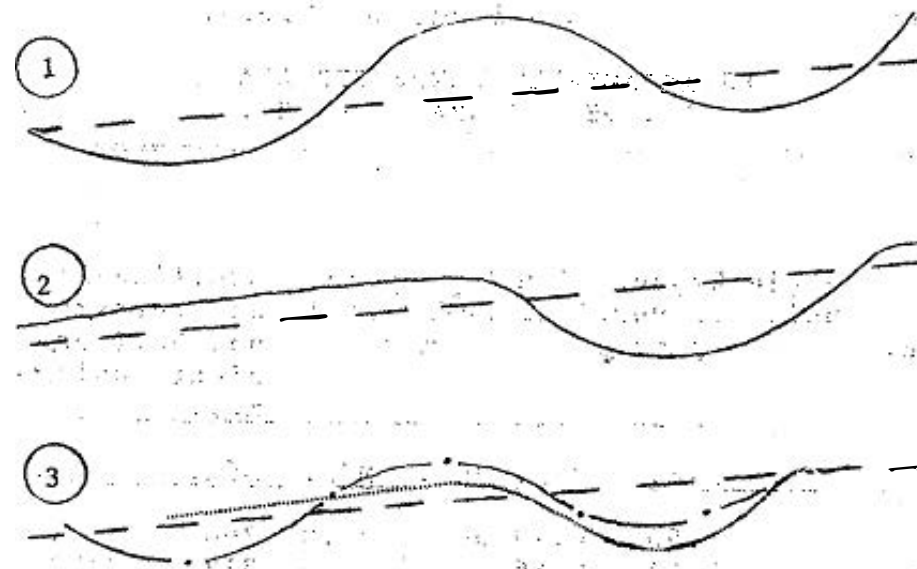
En nuestro país las terrazas deben ser de desagüe porque, en períodos de mucha lluvia, el suelo no es capaz de almacenar toda el agua caída.

Del punto de vista de la construcción las terrazas se pueden dividir en:

- a) terrazas de camellón, y
- b) terrazas de canal.

En las terrazas de camellón se construye el camellón arrimando tierra de ambos lados haciendo el canal tan pequeño como posible mientras que en las terrazas de canal se arrima la tierra sólo desde la parte de arriba de la pendiente y el canal queda a un nivel más bajo que el nivel original del suelo.

La siguiente figura ilustra los dos tipos de terrazas:



- 1.- Terraza de camellón
- 2.- Terraza de canal
- 3.- Ambos tipos de terrazas superpuestas.

Referencias:

- — — Nivel original del terreno
- Nivel del terreno terrazeado
- En 3 (— — — Terraza de camellón
- Terraza de canal

El escurrimiento entre terrazas se calcula de manera que el máximo escurrimiento superficial entre ellas no alcance volúmenes no controlables. Depende, por lo tanto, de la pendiente, del suelo y del cultivo.

El espaciamento se expresa en metros de des

nivel entre terrazas lo cual a su vez permite calcular la distancia en el terreno.

El intervalo entre terrazas se puede especificar para cada región en base a datos experimentales, pero, a falta de ellos, se pueden usar los siguientes datos del sur de U.S.A.:

ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZA
Y MTS. DE TERRAZAS POR HA.

Porcentaje de pendiente.	Espaciamiento vertical en mts.	Distancia horizontal en mts.	Mts. lineales de terraza por Há. (pendiente uniforme).			
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
1	0.50	0.70	50.0	70.0	200	142
2	0.64	0.86	32.0	43.0	312	232
3	0.70	0.95	23.0	31.0	434	322
4	0.76	1.00	19.0	25.0	526	400
5	0.83	1.12	16.6	22.4	602	446
6	0.89	1.20	14.8	20.0	675	500
7	0.96	1.29	13.7	18.4	730	543
8	1.02	1.38	12.8	17.3	781	578
9	1.08	1.47	12.0	16.3	833	613
10	1.15	1.55	11.5	15.5	870	645
11	1.21	1.64	11.0	15.0	909	671
12	1.28	1.73	10.6	14.4	943	694

El espaciamiento oscilará entre los límites superiores e inferiores dependiendo del suelo y sistema de cultivos. Los suelos profundos y permeables con un sistema de cultivos conservacionista podrán ser terraceados con las máximas dadas, mientras que, suelos poco permeables y de estructura pobre con sistemas de cultivo inten-

sivo, necesitarán las medidas mínimas de espaciamiento.

El desnivel de las terrazas hacia el desagüe puede variar entre 0 y 0.5 %. Cuando las terrazas son muy largas se puede ir aumentando gradualmente el desnivel a medida que se aproxima al canal de desagüe.

DESNIVEL PARA TERRAZAS
DE PENDIENTE VARIABLE.

Longitud de la terraza (mts.)		Desnivel hacia el desagüe (porcentaje)	
		Mínimo	Máximo
0	100	a nivel	0.10
100	200	0.15	0.15
200	300	0.15	0.20
300	400	0.20	0.30
400	500	0.30	0.40

Las terrazas nunca deben tener más de 500 metros sin un desagüe.

La sección transversal de las terrazas debe cumplir tres condiciones fundamentales:

- 1) Amplia capacidad del canal.
- 2) Lados con pendiente tan moderado que no dificulte la utilización de la maquinaria, y
- 3) Facilidad y economía en su construcción.

Generalmente se aceptan los siguientes "standards":

- a) Profundidad del canal entre 30 y 45 centímetros;
- b) Anchura total entre 5 y 12 metros;
- c) Pendientes de los taludes entre 20 y 12%.

Construcción de las terrazas - Lo primero a hacer cuando se va a terracear una chacra es preparar los desagües y empastarlos adecuadamente. Luego de obtenido esto, se puede realizar el trazado de las terrazas en el terreno. Esto se hace de la siguiente manera:

- 1) Se decide el espaciamiento y la sección transversal.
- 2) Se ubican las terrazas siguiendo las curvas a nivel o con el desnivel a utilizar. La marcación se inicia desde el desagüe y las vueltas muy cerradas se suavizan.
- 3) Las terrazas se empiezan a construir de arriba hacia abajo y no se debe empezar una nueva hasta haber terminado la anterior.

Las terrazas se pueden construir con arado o con maquinaria especial

La construcción con arado se basa en ir armando la tierra, de uno o de ambos lados, hasta formar el caballón y el canal.

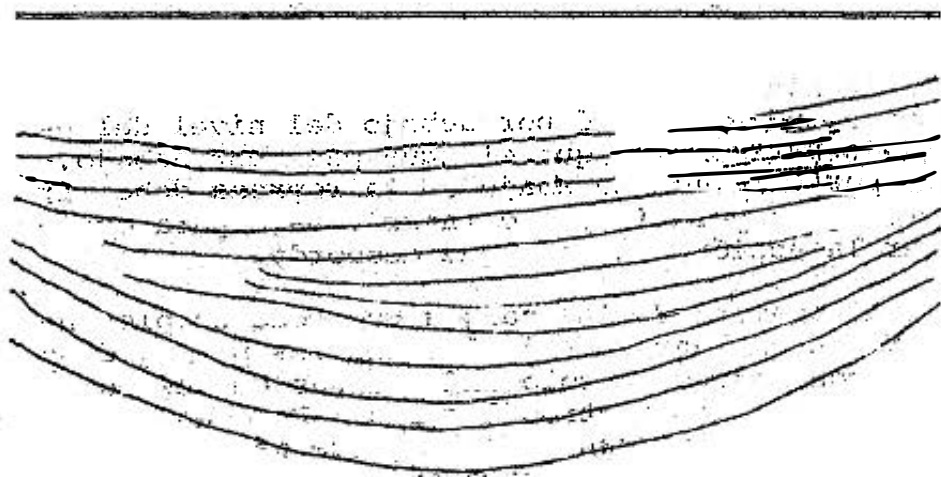
Cuando se usan palas o implementos especiales para mover tierra se necesita cierta experiencia en el trabajo para que éste quede bien hecho.

Luego de hechas las terrazas hay que mantenerlas en buen estado. Se deben revisar después de cada tormenta grande y corregir posibles alteraciones. La manera de arar las terrazas es importante. En los esquemas siguientes se muestra gráficamente cómo hacerlo.

Del tercer año en adelante se siguen alternando las dos maneras de arar.

Todas las labores culturales deben hacerse -

siguiendo las líneas de las terrazas, y los pedazos que queden como resultado de que las terrazas no sean paralelas se terminan al final.



Control de zanjones y cárcavas - Cuando la erosión ha llegado al extremo de formar grandes zanjones es necesario tomar medidas especiales para controlarlos.

Si los zanjones son pequeños se pueden arar o emparejar lo mejor posible y tratar de empastar los usando dosis grandes de fertilizantes. Por supuesto, mientras se arraigan las plantas se debe desviar el agua para que no corra dentro del zanjón. Esto se puede lograr por medio de canales que desvían el escurrimiento antes de llegar a la cárcava. Para facilitar el establecimiento de la vegetación se pueden transplantar bandas de pasto sacadas de otros lados.

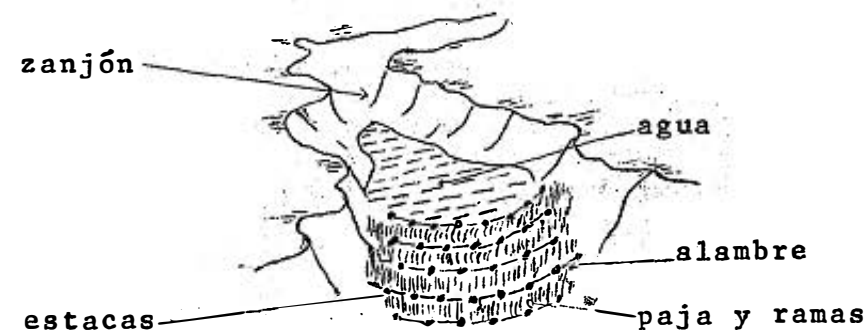
Cuando las zanjones son muy grandes el problema es más difícil de resolver. Si no es posible desviar el escurrimiento del agua por otra vía de drenaje se debe tratar de favorecer el rellenado de la zanja por medio de represas construidas cada pocos metros, que detengan el agua y favorezcan la sedimentación. Las represas pueden hacerse de piedras (si abundan), de malla de alambre y ramas o simplemente con ramas y pajas sujetas al suelo por estacas unidas entre sí por alambres.

En la figura de la página 87 se esquematiza la represa de ramas y pajas.

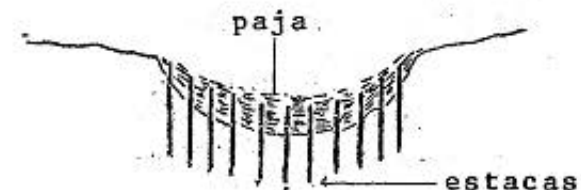
Lo más importante de las represas es que su parte inferior esté por debajo del nivel del suelo para evitar que el agua pase por debajo. La parte pendiente abajo de la represa debe ser protegida por piedras o ramas y paja para evitar la acción del agua que desborda.

El control de las zanjones se puede complementar con el suavizado de los taludes protegiéndolos con pastos o colocando bandas de césped transplantado de otros lugares. Esto es particularmente importante en la parte más alta de la zanja para que no siga avanzando hacia arri-

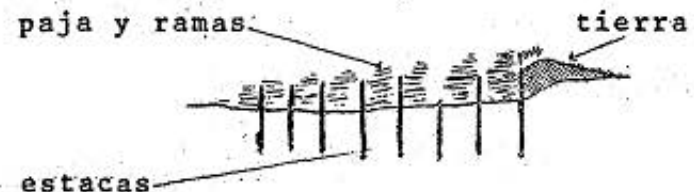
ba. Muchas veces se pueden estabilizar los zanjones por medio de la plantación de árboles, previo cercado para evitar la acción de los animales.



VISTA EN PERSPECTIVA



CORTE TRANSVERSAL



CORTE LONGITUDINAL

III) Predicción de las pérdidas de suelo bajo diferentes sistemas de manejo.

En base a una gran cantidad de ensayos regionales se ha desarrollado en la región del medio oeste norteamericano, un sistema de predecir -- aproximadamente las pérdidas de suelos bajo diferentes sistemas de manejo. A pesar de las diferencias en los suelos y en el clima que existe entre esa región y nuestro país se considera que los factores usados en el sistema de predicción son razonablemente adecuados para nuestras condiciones. De todas maneras los resultados -- son siempre aproximados y sólo sirven como guía para decidir qué prácticas de manejo y conservación de suelos se usarán en cada caso.

El sistema se basa en asignar a cada variable que incluye en la erosión un factor numérico. -- Luego se multiplican todos los factores sucesivamente y el resultado final se multiplica por 20. Este último número nos dará las pérdidas -- anuales de suelo en toneladas por H_a.

Las tablas con las intensidades de las características tomadas en cuenta y los factores correspondientes se dan a continuación:

Tabla 1 - Porcentaje de pendiente

Pendiente %	Factor
2	0.1
4	0.3
6	0.5
8	0.8
9	1.0
10	1.1
12	1.5
14	1.9

TABLA 2 - LONGITUD DE LA PENDIENTE

Longitud(mts)	Factor
25	1.0
30	1.2
65	1.8
95	2.4
130	2.8
150	3.2
190	3.6
225	3.8
255	4.2
280	4.5
320	4.8

TABLA 3 - ROTACION USADA

Rotación	Factor
C, continuo	4.0
C - C, D	3.0
C - C - D _c	2.0
C - D	2.0
C - D _c o D - D	1.5
C - C - D - L	1.4
C - D - D - L	1.2
C - D - L	1.0
C - C - D - P - P	0.9
C - C - D - P - P - P	0.8
C - D - P - P	0.6
C - D - P - P - P	0.4
C - D - P - P - P - P	0.3
C - D - P - P - P - P - P	0.2

C: Cultivo carpido.

D: Cultivo denso.

D_c: Cultivo denso con cultivo de cobertura enterrado como abono verde.

L: Leguminosas.

P: Pradera.

TABLA 4 - GRADO DE EROSION DEL SUELO

Grado de erosión	Factor
Ligera: 0-25 % del suelo superficial perdido	0.8
Moderada: 25-50 % del suelo superficial perdido	1.0
Severa: más del 50 % del suelo superficial perdido	1.3

TABLA 5- - NATURALEZA DEL SUELO

Descripción del suelo	Factor
Suelo profundo y permeable	0.5
Suelo profundo con subsuelo permeable	0.8
Suelo profundo con subsuelo moderadamente permeable	1.0
Suelo moderadamente profundo con subsuelo poco permeable	1.2
Suelo poco profundo con subsuelo poco permeable	1.5
Suelo superficial sobre roca	2.0

TABLA 6 - PRACTICAS DE FERTILIZACION

Fertilización	Factor
Pobre	1.3
Media	1.0
Buena	0.7

TABLA 7 - PRACTICAS SUPLEMENTARIAS DE CONSERVACION.-

Práctica	factor
Hileras en dirección de la pendiente	1.00
Cultivo en contorno	0.50
Cultivo en fajas	0.25
Terrazas	0.15

El siguiente ejemplo muestra el procedimiento a seguir:

Características de la chacra	Factor
Porcentaje de pendiente-4%	0.3
Longitud de la ladera-250 mts.	4.2
Rotación-C-D-P-P-P	0.4
Erosión presente-ligera	0.8
Suelo profundo con subsuelo moderadamente permeable	1.0
Fertilización media	1.0
Cultivo en fajas	0.25

Multiplicando los factores entre sí obtenemos:

$$0.3 \times 4.2 \times 0.4 \times 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.25 = 0.1008$$

Luego multiplicamos 0.1008 x 20 y nos da:

2.008 toneladas por hectárea y por año - de pérdida de suelo.

Una vez obtenida la pérdida anual de suelo -

tenemos que tener una idea de si es excesiva o si está dentro del límite aceptable. Para esto nos guiamos por la siguiente tabla de pérdidas anuales permitidas para diferentes suelos:

TABLA 8 PERDIDAS DE SUELO PERMITIDAS

Descripción del suelo	Pérdidas permitidas en tt/Há/año
Suelo superficial sobre roca.	1.0
Suelo profundo sobre roca.	2.0
Suelo con subsuelo pesado sobre material no consolidado.	4.0
Suelo con subsuelo poco permeable sobre material no consolidado.	8.0
Suelo con subsuelo moderadamente permeable sobre material no consolidado.	10.0
Suelo con subsuelo permeable sobre material no consolidado.	12.0

Siguiendo el ejemplo vemos que el suelo en cuestión permite una pérdida de 10.0 tt/Há/año y con el manejo que le vamos a dar pierde solamente 2.0 tt/Há/año.

Esto significa que se le puede dar un manejo más intensivo sin ningún problema. Una vez terminado éste se calcula la pérdida nuevamente para no pasarse del límite. Si la pérdida calculada fuera mayor que la permitida hay que cambiar uno o más de los factores controlables hasta llegar al límite establecido.

IV) Factores económicos y sociales que influyen sobre la erosión de los suelos.

Hasta ahora hemos hablado sobre la erosión y conservación de suelos del punto de vista técnico solamente, pero la erosión es también un problema social y económico. La erosión resulta de una inadecuada relación entre el hombre o la sociedad y la tierra.

El cultivo de la tierra es indispensable para la subsistencia del hombre lo cual implica la ruptura del equilibrio natural entre el suelo y los agentes erosivos. La ruptura de este equilibrio trae aparejado un aumento de la erosión que debe ser mantenida a un mínimo razonable.

La posibilidad de mantener ese mínimo razonable depende de la aplicación o no de la técnica adecuada. Por lo tanto, todos los factores sociales y económicos que impiden la aplicación de la técnica son de una importancia esencial. Los factores sociales y económicos más importantes que afectan la erosión de una zona son:

- 1) el exceso de población;
- 2) tamaño y distribución de la propiedad rural;
- 3) tenencia de la tierra;
- 4) mercados;
- 5) tradiciones y costumbres; y
- 6) ignorancia.

1) *Exceso de población* - El exceso de población en una zona aumenta la necesidad de intensificar la producción agrícola y entonces las tierras son usadas más allá de sus posibilidades naturales. Esto trae como consecuencia un uso demasiado intensivo de las tierras lo cual trae como secuela la intensificación de la erosión. Estas situaciones muchas veces no pueden resolverse con medidas técnicas solamente sino

que hay que acompañarlas de medidas económicas y sociales (traslado de la población, industrialización, etc.).

2) *Tamaño y distribución de la propiedad rural* - Cuando las propiedades rurales son muy pequeñas, sobre todo en relación a la productividad del suelo, el agricultor se ve obligado a hacer un uso muy intensivo de la tierra para poder subsistir. Entonces las rotaciones con praderas, los abonos verdes, los cultivos de cobertura y el uso adecuado de la tierra queda relegado por la imperiosa necesidad de producir cultivos de alto valor o imprescindibles para el sustento. Esto trae como consecuencia un incremento de la erosión.

Esta situación de minifundio muchas veces va acompañada por el otro extremo, es decir, la gran propiedad donde se hace una producción antieconómica por lo poco intensiva.

En muchos países se da una situación más grave aún, ya que la gran propiedad de explotación extensiva se encuentra sobre los mejores suelos, mientras que la pequeña propiedad queda relegada a las peores tierras. Es fácil entender que esta absurda situación trae como consecuencia un grave problema de erosión que profundiza aún más el problema creado por la injusta distribución de la propiedad.

La solución en este caso se llama reforma agraria en serio y sin ella no se podría ni siquiera pensar en aplicar las técnicas adecuadas.

Cuando esta es la situación se puede decir que la erosión es un mal inevitable en el minifundio pero producto de la desidia o ignorancia en la gran propiedad.

3) *Tenencia de la tierra* - La existencia de la gran propiedad rural muchas veces deriva en el ausentismo del propietario y en el arrenda-

miento de la tierra. En el problema del arrendamiento de la tierra tenemos dos tipos de intereses:

- a) el del propietario de sacar una renta con contratos cortos que no lo atenan demasiado, y
- b) el del arrendatario de extraer el máximo de la tierra en el período en que la usa. Además el arrendatario no tiene ningún interés en mantener o mejorar la tierra que no es de él, pues esas mismas mejoras pueden servir para que le aumenten el alquiler en nuevos contratos.

Es fácil prever que este sistema deriva en la explotación indiscriminada e inadecuada de la tierra lo que trae rápidamente problemas de erosión y degradación de los suelos.

4) *Mercados* - Muchas veces las fluctuaciones de los mercados, sobretodo para los productores de un cultivo único, trae como consecuencia una gran reducción en los ingresos que comprometerían el uso de las medidas de conservación adecuadas.

También se da el caso de la existencia de una larga cadena de intermediarios entre el productor y el consumidor. Este hecho reduce el ingreso del agricultor. Cuando el control ejercido por los intermediarios o acaparadores es grande, la situación de los agricultores puede ser crítica, y por lo tanto, sus recursos muy escasos como para pensar en buenas técnicas de cultivo.

5) *Tradiciones y costumbres* - En algunas zonas las tradiciones y costumbres conspiran contra el buen uso de la tierra. Esto puede ser remediado por la educación, aunque cuando el origen del problema es religioso muchas veces es difícil conseguir un buen resultado.

En América Central y México las tradiciones indígenas con respecto al cultivo del maíz han producido graves casos de erosión.

6) *Ignorancia* - La ignorancia de la gente es uno de los principales factores que inciden en la erosión de una zona o país.

La ignorancia puede darse a varios niveles. A nivel del agricultor que ni sabe ni sospecha el daño que se está haciendo al no tomar medidas contra las pérdidas de suelo o que, por otro lado, ignora cómo evitarlas si es conciente de lo que pasa en sus chacras.

Pero la ignorancia puede darse también a nivel profesional o político. Si los técnicos y dirigentes del país no son concientes del daño que produce la erosión y no toman medidas reales, tanto técnicas como económico--sociales, para combatirlas es difícil, sino imposible, pretender una buena conservación de los suelos.

ROTACIONES

Enrique Marchesi

Introducción

Las rotaciones consisten en la sucesión de cultivos que se da sobre un mismo suelo en una serie de años.

Cuando se condiera una determinada rotación de cultivos y praderas se está estableciendo un sistema de producción. Dicho sistema de producción puede reunir dos condiciones esenciales y en cierto sentido contrapuestas:

- a) dar el mayor resultado económico, y
- b) mantener la productividad del suelo a largo plazo.

Desde que se rompe el equilibrio entre el suelo y los factores de formación, a través de su explotación por el hombre, se produce un cambio en sus propiedades (generalmente un deterioro) que debe ser mantenido a cierto nivel para asegurar su productividad por un largo período.

Esto se puede lograr por la combinación de los cultivos que se realicen (rotación o siste