

MANUAL TECNICO SOBRE CONSERVACION DE SUELDOS EN BOLIVIA  
1985

## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I</b>	
NOCIONES GENERALES SOBRE LOS SUELOS	3
A. Conceptos del Suelo	3
1. Concepto de Suelo en la Historia	3
2. Concepto Actual del Suelo	5
B. Formación de los Suelos	5
C. Propiedades Físicas de los Suelos	8
1. Textura	8
2. Estructura	9
3. Color	10
4. Perfil del Suelo	10
<b>CAPITULO II</b>	
EROSION DE SUELOS	11
A. Concepto del Equilibrio Dinámico	11
B. El Proceso de Erosión del Suelo	12
C. Tipos de Erosión	12
D. Erosión Eólica	13
1. Procesos de la Erosión Eólica	13
2. Factores de Resistencia	15
3. Prevención	16
E. La Erosión Hídrica	17
1. Efectos de la Erosión Hídrica	19
2. Procesos de la Erosión Hídrica	19
3. Tipos de Erosión Hídrica	20
F. Ecuación Universal de la Erosión	24
1. Modelo Conceptual	24
2. Implicaciones en el Manejo de la Parcela	26
3. Pérdida Tolerable "T"	26
<b>CAPITULO III</b>	
CONTROL DE EROSION HIDRICA	27
A. Práctica No. 1: Terrazas Paralelizadas de Absorción	27
1. Alcance	27
2. Criterios de Planeamiento	28

3.	Dimensionamiento y Cálculo	28
4.	Construcción	30
5.	Mantenimiento	30
B.	Práctica No. 2: Terrazas de Desague	31
1.	Alcance	31
2.	Planeamiento y Dimensionamiento	31
3.	Construcción	32
4.	Mantenimiento	32
C.	Práctica No. 3: Canales de Derivación o Desviación o de Guardia	32
1.	Alcance	32
2.	Dimensionamiento y Cálculo	33
3.	Mantenimiento	34
D.	Práctica No. 4: Canales de Derivación o Desviación para Inundaciones	34
1.	Alcance	34
2.	Planeamiento y Construcción	34
E.	Práctica No. 5: Cultivo de Franja en Curvas de Nivel	35
1.	Alcance	35
2.	Criterio de Planeamiento	35
3.	Normas de Realización	35
4.	Mantenimiento	36
F.	Práctica No. 6: Terraplén	36
1.	Alcance	36
2.	Condiciones	36
3.	Criterios de Planeamiento	36
4.	Mantenimiento	37
G.	Práctica No. 7: Bordos para Facilitar la Conducción de Agua en Cortinas de Monte	37
1.	Alcance	37
2.	Criterio de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo	37
3.	Mantenimiento	38
H.	Práctica No. 8: Desagues en Cortinas de Monte	38
1.	Alcance	38

	2. Criterios de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo	38
	3. Mantenimiento	39
	I. Práctica No. 9: Bordos de Defensa	39
	1. Alcance	39
	2. Criterios de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo	39
	3. Mantenimiento	39
<b>CAPITULO IV</b>	<b>CONSERVACION DE SUELOS EN LADERAS</b>	<b>40</b>
	A. Concepto de Capacidad de Uso de Suelos	40
	B. Conservación de Suelos como Sistema	41
	C. Prácticas de Conservación de Suelos	41
	D. Sistema Generalizado de Obras Físicas	42
	E. Sistema de Conservación de Suelos, Práctica en Ladera, Honduras	43
	F. Formación y Desarrollo de la Cárcava	44
	G. Control de la Cárcava	47
<b>CAPITULO V</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>
	A. Conclusiones	48
	B. Recomendaciones	49
<b>ANEXO A</b>	<b>CONSTRUCCION DE UNOS APARATOS RUSTICOS PARA NIVELACION</b>	<b>51</b>
	A. Equipo Necesario para Construir un Compás para Nivel Rústico	51
	B. Cómo Armar el Aparato Rústico para Nivelación	52
	C. Cómo Encontrar el Verdadero Centro para Plomada	54
	D. Desengañese de la Exactitud del Aparato	55
	E. Aproveche el Material que Usted Tenga	55
<b>ANEXO B</b>	<b>PRACTICAS REALIZADAS EN YACUIBA</b>	<b>56</b>
	A. Suelos	56
	B. Relieve	56
	C. Cubierta Vegetal	56
	D. Extensión Superficial	56
	E. Caminos	56
	F. Linderos y Colindantes	56

	G. Manantiales	57
	H. Medio ambiente	57
ANEXO C	PLANIFICACION PARA EL CONTROL DE LA EROSION	60
	1. Definiciones de las clases de capacidad agrológica	61
	2. Ejemplo	62
ANEXO D	APLICACION DE UNA METODOLOGIA EN CONSERVACION DE SUELOS	63
	A. Criterios de Selección de Tecnología	63
	B. Proceso de Selección de Tecnología	64
	C. Pirámide Tecnológica	64
	D. Transferencia de Tecnología	65
	E. Organización Estructural - Alternativas	65
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	66

## INTRODUCCION

El principio de la conservación de suelos y aguas está condicionado a la utilización de medidas agronómicas que busquen la protección y el aumento de la producción mediante sistemas de manejo del suelo y los cultivos. Estos sistemas incluyen prácticas conservacionistas que se realizan en la habilitación y preparación del suelo para mejorar la producción agrícola.

Existe imperiosa necesidad de ajustar el manejo a las condiciones físicas y fisiográficas de las varias regiones del país, tales como altiplano, valles y llanos. Estas regiones poseen una diversidad de paisajes que varían desde las montañas volcánicas a 6,000 metros a los pantanos de tierras bajas a 130 metros de altura sobre el nivel del mar. Ofrecen variaciones de climas desde los desiertos andinos fríos a los cálidos bosques tropicales. Es decir, se debe usar inteligentemente el suelo y el agua, no sólo para aumentar el rendimiento de la cosecha por hectárea, sino también para legar a las generaciones del porvenir, una economía sólida.

Se requiere una atención superior y preferencial a la educación de los profesionales -- ingenieros agrónomos, civiles, hidrólogos, forestales, ecólogos, técnicos medios y especialmente los productores -- en la conservación y buen uso de los recursos naturales. De esta forma se podrá constituir un sistema de medidas aplicables al uso y manejo de estos recursos con el fin de obtener óptimos resultados, tanto en cantidad como en calidad.

La erosión se define como el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo causadas por el agua y el viento. El hombre juega un papel de preponderancia con el medio; condiciona la explotación de los recursos naturales a la acción de la erosión de los suelos. La mayoría de los actuales problemas de erosión de los suelos en Bolivia se debe a la actividad agropecuaria y al escaso o ningún asesoramiento técnico.

En este sentido será necesario partir de un conocimiento amplio del fenómeno de la erosión, de los agentes que en él intervienen, de las implicaciones socio-económicas que influyen y del modo en que se utilizan las áreas agrícolas. Para ello es necesario una toma de conciencia del problema, asignándole la importancia que reviste.

Con este motivo el MACA y USAID solicitaron a Chemonics International la realización de un curso nacional sobre conservación de suelos a nivel post grado para profesionales interesados en el tema. El lugar para el curso, elegido por estas instituciones, fue el Gran Chaco de Bolivia. En esta región se viene realizando un programa de conservación de suelos, a cargo del IBTA y Chemonics con la colaboración de CODETAR. El curso se realizó en noviembre de 1984, gracias a los financiamientos ofrecidos por USAID/B, bajo el Convenio 511-T-059.

Un informe y un Manual Técnico han resultado de dicho curso. El primero cubre los aspectos de la organización del Primer Curso Nacional en Conservación de Suelos. El presente informe consiste en un "Manual Técnico de Conservación de Suelos en Bolivia", destinado a los profesionales que se interesen en la problemática de conservación de suelos.

El Capítulo I destaca algunos conceptos generales sobre el suelo, incluyendo el proceso de su formación. El Capítulo II presenta conceptos de la erosión. Pone mayor énfasis en los tipos de erosión eólica e hídrica, los cuales son de mayor importancia en relación a los efectos de la acción humana.

Los Capítulos III y IV se refieren a los sistemas de prevención y control de la erosión hídrica, por ser la más notable en Bolivia y sobre todo en el Gran Chaco. El Capítulo V presenta conclusiones y recomendaciones.

Además, este Manual contiene cuatro anexos. Los Anexos A y B explican algunas prácticas específicas utilizadas en el curso. Los Anexos C y D presentan conceptos útiles para la planificación para el control de la erosión. Finalmente se incluye una lista de la bibliografía consultada.

Este Manual no pretende cubrir todo el campo amplio de conservación de suelos, sino enfocar algunos conceptos básicos y experiencias en el país. El deseo es dar a conocer estas experiencias a otros profesionales que podrían aplicarlas en su área, adaptando y mejorando las prácticas para las condiciones de su zona de trabajo. Se espera repartir el Manual a extensionistas, técnicos de proyectos agropecuarios, maestros agropecuarios y otras personas que están trabajando a nivel profesional en el sector en todo el país.

## CAPITULO I

### NOCIONES GENERALES SOBRE LOS SUELOS

Disertante: Ing. Juan Arandia S. (Bolivia)

#### A. Conceptos del Suelo

Es evidente que aún entre profesionales no existe un concepto claro y preciso sobre el suelo. A la luz de los conocimientos actuales sobre el estudio de los suelos, muchos técnicos dan definiciones que son ciertas pero incompletas. El exámen del origen de los primeros conceptos y su evolución posterior son de utilidad para el entendimiento del modelo de suelo que existe en la actualidad.

##### 1. Concepto de Suelo en la Historia

En el curso de la historia han sido elaborados diversos conceptos del suelo. Los más antiguos se refieren al SUELO COMO UN SOPORTE (ubicación de cavernas y recolector de frutas) y después como MEDIO PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (el hombre comienza a cultivar las plantas que le proporcionarían su alimento).

En el siglo XVIII, con los adelantos de la química, surge su aplicación al estudio de la agricultura a través del conocimiento de la nutrición vegetal. De esta manera se sabe que: LAS PLANTAS SE NUTREN DIRECTAMENTE DE PARTICULAS DE HUMUS DEL SUELO.

Con los avances de la fisiología vegetal, se produjeron cambios en la concepción del suelo. Los investigadores se dieron cuenta de que varios nutrientes eran esenciales para la nutrición vegetal. Entonces el suelo era considerado como:

- UN ARCA DE NUTRIENTES
- UN MEDIO PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS
- LA MATERIA BASICA DEL UNIVERSO

Es a principios del siglo XIX, que nació y se desarrolló la ciencia de la Geología. Algunos geólogos dedicaron su tiempo a estudiar los suelos como parte de sus investigaciones geológicas. Así recordamos los siguientes conceptos:

- LA PARTE MINERAL DEL SUELO CONSISTE DE PEQUEÑOS FRAGMENTOS DE ROCA. (Eaton y Beck 1820).
- LAS TIERRAS IMPORTANTES PARA LA AGRICULTURA ERAN TRES: SILICIA, ALUMICA Y CALCAREA, MAS MATERIA ANIMAL Y VEGETAL PUTRESCENTE Y SOLUBLE EN AGUA.

Dada esta mezcla, las plantas pueden extender sus raíces libremente y tener al mismo tiempo buen soporte. El suelo aparece entonces como:

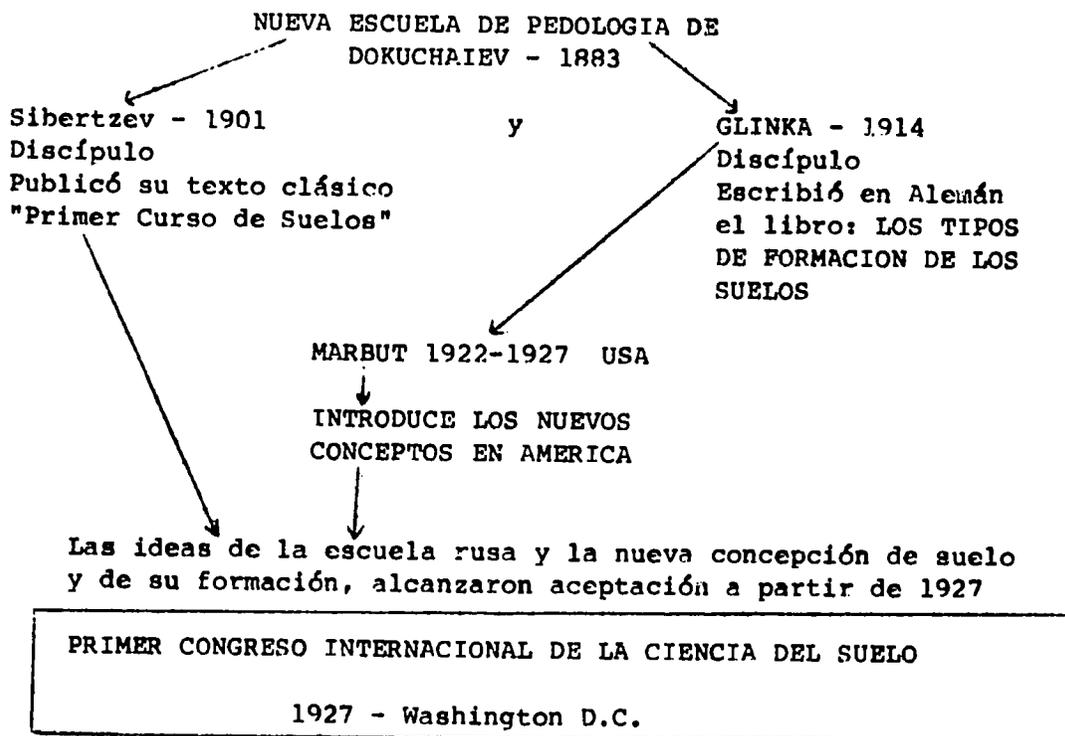
- UN CUERPO NATURAL ORGANIZADO

Este reconocimiento del suelo es un evento reciente en la historia de la humanidad. Con el desarrollo de dicho concepto nace la ciencia del suelo, (1883).

A Dokuchaiev le correspondió fundar la nueva escuela de investigación, la cual concebió el suelo como UN CUERPO NATURAL CON GENESIS DEFINIDA, NATURALEZA PROPIA, Y CON UN LUGAR INDEPENDIENTE EN LA SERIE DE FORMACIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE. Dokuchaiev en su monografía clásica sobre los suelos chernozem de Rusia explica que los suelos son el producto de interacciones muy complejas de los climas locales, las plantas, los animales, la roca madre, la topografía y la edad de los paisajes.

Los estudios de suelos que se realizaron en las planicies de Moscú, tuvieron un tremendo impacto en la ciencia del suelo y fueron los fundamentos de la pedología moderna (Buol et al. 1973).

En las planicies de Rusia Central existen grandes áreas de acumulación de material de Loezs. En esta vasta región se presenta un incremento en la temperatura de norte a sur y un aumento en la precipitación y en la humedad de oriente a occidente. Junto a estos cambios existen variaciones importantes en la vegetación, siendo una de las principales, el cambio de bosque a estepa. Estos factores han dejado sus huellas en el material parental relativamente uniforme, produciendo, lógicamente, diferencias notables en los suelos. Estas fueron las diferencias que notó Dokuchaiev para entender por primera vez el significado completo de las variaciones en los suelos y poder establecer, en esta forma, el concepto de suelo como un cuerpo natural organizado.



## 2. Concepto Actual del Suelo

Como recordarán, cada una de las concepciones anteriores revelan el estado del conocimiento de la época. Durante los últimos 30 años la principal modificación en el concepto de suelo como un Cuerpo Natural organizado ha sido el reconocimiento de las entidades básicas de naturaleza tridimensional (pedon y polipedon). Es verdad que el suelo forma una capa continua sobre la superficie de la tierra con algunas interrupciones (cuerpos de agua, afloramientos rocosos) pero los suelos difieren de lugar a lugar.

De acuerdo a los conocimientos actuales, el suelo se considera como una colección de cuerpos naturales sobre la superficie de la tierra que soporta plantas. Consiste del material mineral no consolidado o del material orgánico que se encuentra dentro de la zona radicular de las plantas nativas perennes. Tiene un límite inferior donde suelen haber horizontes compactados que obstaculizan el paso de las raíces. Se considera como suelo la parte superficial de la corteza terrestre (hasta 2 metros) que tenga propiedades que la diferencien del material rocoso subyacente y que sean el producto de la interacción del clima, los organismos vivos, el material parental y el relieve a través del tiempo.

En forma resumida, diremos que: "SUELO, ES LA COLECCION DE CUERPOS NATURALES SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, QUE CONTIENE MATERIA VIVIENTE Y SOPORTA O ES CAPAZ DE SOPORTAR PLANTAS". (Soil Survey Staff, 1960).

El objetivo de esta exposición fue el de revisar los conceptos de Suelo que han existido a través de la historia de la humanidad para entender completamente la definición actual de suelo. Ha quedado establecido que la evolución de los conceptos sobre el suelo ha sido significativa y cada concepto ha reflejado el estado del conocimiento de la época respectiva.

### B. Formación de los Suelos

La historia de un suelo comienza con la acumulación de materiales rocosos meteorizados y finamente divididos. Luego aparecen los organismos vivos y con ellos se inicia la fase constructiva de los procesos de formación. Por lo tanto, las características y el espesor de los suelos dependen de: la intensidad con que actúan los procesos de formación, el tiempo que haya durado su acción, y la resistencia del material original a sufrir esos cambios.

La corteza terrestre está cubierta de materiales sueltos no consolidados los cuales constituyen el llamado "Manto Rcoso", en cuya composición química participan los siguientes elementos:

Oxígeno	46,4%
Sílice	27,6%
Aluminio	8,1%
Hierro	5,1%
Calcio	3,6%
Magnesio	2,1%
Sodio	2,8%
Potasio	2,6%
	<hr/>
	98,3%
Otros (T.H.P.Mn)	1,7%
	<hr/>
	100,00%

Debido al proceso de meteorización el manto rocoso se desintegra y descompone para formar el material parental del cual provienen los suelos. Ese proceso de Meteorización se realiza en dos etapas: la transformación de la materia prima o material parental, y la transformación de este material en un cuerpo nuevo que se denomina suelo.

A su vez, dos procesos de meteorización contribuyen a la formación del suelo: la meteorización física y la meteorización química.

La primera se debe a la acción de los cambios de temperatura del agua y del viento y a que las rocas se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse. La segunda se lleva a cabo a través de diversas reacciones, entre las cuales las más caracterizadas son:

- La oxidación
- La reducción
- La carbonatación
- La hidrólisis y la solución
- Los agentes biológicos

Los factores que contribuyen a la formación del suelo son:

**MATERIAL PARENTAL:** Es la materia prima de la cual se forman los suelos.

**EL CLIMA:** La lluvia y la temperatura son los componentes del clima que influyen principalmente en la evolución de los suelos.

**LOS ORGANISMOS VIVOS:** La principal acción de los microorganismos en el suelo es la de descomponer los restos vegetales que llegan a éste hasta convertirlos en Materia Orgánica.

**EL RELIEVE:** Interviene en la formación de los suelos a través de su influencia en el movimiento transversal y lateral del agua.

**LA EDAD:** Depende naturalmente del espacio de tiempo durante el cual actúan los factores de formación.

El esquema que sigue demuestra los constituyentes de los suelos y el origen de cada uno.

Constituyentes  
de los suelos

Resultantes de:

Sustancias en Estado sólido	Materiales Orgánicos	La acción de plantas y animales vivos. Descom- posición y acumulación de plantas y animales muertos.
	Materiales Inorgánicos o Minerales	Descomposición de la roca madre. Formando residuos minerales o inorgánicos. Varían en tamaño, desde pedruscos hasta partículas coloida- les de arcilla 0.002 mm $\phi$ La proporción de partícu- las de distinto tamaño, determina la textura del suelo.
Sustancias en Estado líquido	Agua	La acción del agua, con cantidades variables, disueltas de: - minerales - anhídrido carbónico - oxígeno
Sustancias en Estado gaseoso	Aire	Difusión del aire atmosférico con cantidades varia- bles de: - dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) - oxígeno Los cuales son necesarios para las raíces y los microorganismos.

### C. Propiedades Físicas de los Suelos

Los suelos se diferencian unos de otros por diversas características físicas que les imprimen su carácter particular:

- La rigidez y la fuerza de sostenimiento, en condiciones húmedas y secas
- La capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua
- La plasticidad
- La facilidad para la penetración de las raíces
- La aeración
- La retención de nutrientes de las plantas

Por lo tanto, es pertinente que los profesionales relacionados con la conservación de suelos conozcan hasta qué punto y por qué medios el hombre puede alterar esas propiedades.

#### 1. Textura

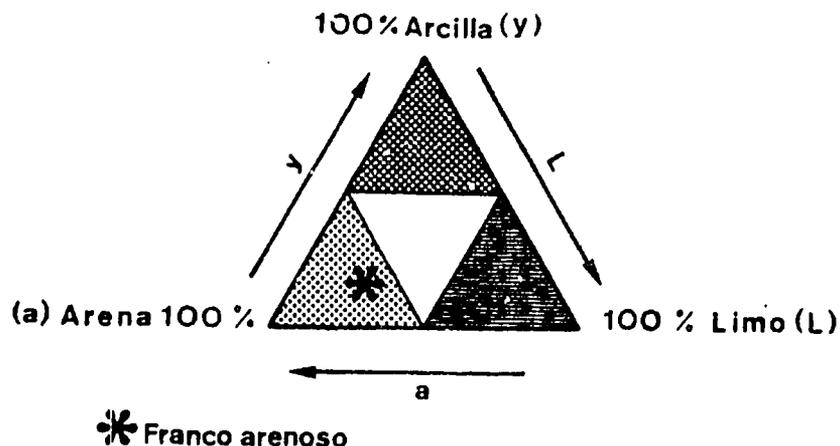
El tamaño relativo de las partículas del suelo se expresa mediante el término textura, el cual se refiere al grado de fineza o al grosor. Específicamente, la textura es la proporción relativa de arena, limo y arcilla.

#### Características de los Separados de un Suelo

	Diámetro en milímetros
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00
Arena gruesa	1.00 - 0.50
Arena media	0.50 - 0.25
Arena fina	0.25 - 0.10
Arena muy fina	0.10 - 0.05
Limo	0.05 - 0.002
Arcilla	- 0.002

#### Análisis por el método del hidrómetro: Bouyoucos

Suponiendo que los resultados de un análisis mecánico muestran que un suelo contiene 15% de Arcilla, 65% de Arena y 20% de Limo; la pregunta lógica sería: Cuál es la textura del suelo? La figura a continuación indica la textura del suelo del ejemplo mencionado.



## 2. Estructura

La estructura es una de las características de mayor importancia. Se refiere a la forma en que se unen y ordenan las partículas primarias del suelo (arena, limo, arcilla). Es mucho más difícil mejorar la estructura que la fertilidad de un terreno. Por medio de un manejo inapropiado, pueden destruirse con relativa rapidez las buenas condiciones estructurales.

### a. Tipos de Estructura del Suelo

Los agregados del suelo se clasifican tomando como base su forma:

- Laminar
- Prismática
- Columnar
- En bloques angulares
- En bloques subangulares
- Granular
- Migajosa

### b. Espacio de Poros y Relaciones de Aire

Los poros del suelo están totalmente llenos de agua y aire (gases). Así pues, la provisión de agua y de oxígeno para el crecimiento de las plantas y la tasa de movimiento del agua en el suelo están relacionadas con la cantidad y tamaño de los poros.

### c. Densidad Aparente del Suelo

La densidad aparente del suelo es el peso por unidad de volumen del mismo, (secado en estufa) y comunmente se expresa en gramos/cm<sup>3</sup>. Los suelos de textura fina tienen más espacio poroso y menor densidad volumétrica que los suelos de textura gruesa. Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales.

Cálculo de la Porosidad de un Suelo:

$$\frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad de las partículas}} \times 100 = \% \text{ de Sólidos}$$
$$100 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad de las partículas}} \times 100 = \% \text{ de Espacio Poroso}$$

### d. Tamaño de los Poros y su Importancia

En los suelos existen dos tipos de poros:

- MACROPOROS y
- MICROPOROS

Los macroporos permiten el libre movimiento del aire y la filtración del agua. Los microporos impiden el movimiento del aire y del agua cuando éste es muy restringido.

e. Permeabilidad del Suelo y Velocidad de Percolación

El tamaño de los poros en el suelo es de gran importancia con relación al flujo o movimiento del agua dentro (infiltración) y a través del mismo (percolación). La permeabilidad es la capacidad del suelo para transmitir agua o aire. Esta comunmente se mide en términos de la velocidad del flujo del agua a través del suelo en un período dado y se expresa en pulgadas/hora. La velocidad de percolación está dada en pulgada/minutos.

3. Color

Los factores que afectan el color del suelo se deben al contenido de materia orgánica muy descompuesta. Los suelos mal drenados contienen una mayor acumulación de materia orgánica en las capas superficiales, dándoles un color oscuro. Los horizontes inferiores del suelo que contienen muy poca materia orgánica, son de un color gris claro indicando una condición de drenaje deficiente.

4. Perfil del Suelo

Material orgánico en estado de descomposición.

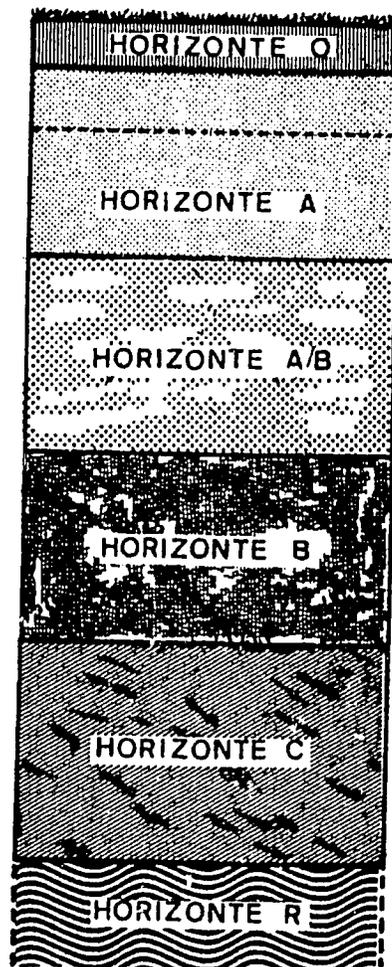
Primera capa mineral. Contiene proporciones relativamente altas de humus, parcialmente descompuestas. Color pardo oscuro.

Horizonte de transición.

Contiene proporciones relativamente reducidas de humus. Generalmente es de textura más pesada que el Horizonte A. Acumulación compacta de sesquióxidos. Color amarillo rojizo o rosado.

Material de origen. Horizonte de intemperización mínima.

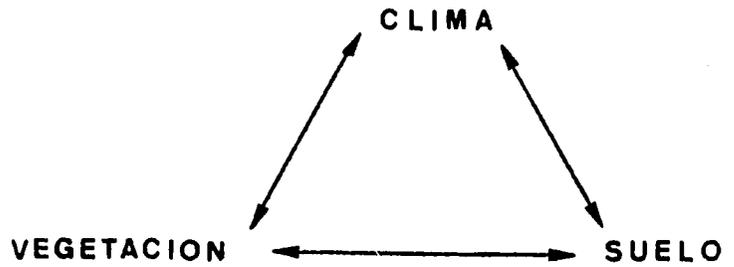
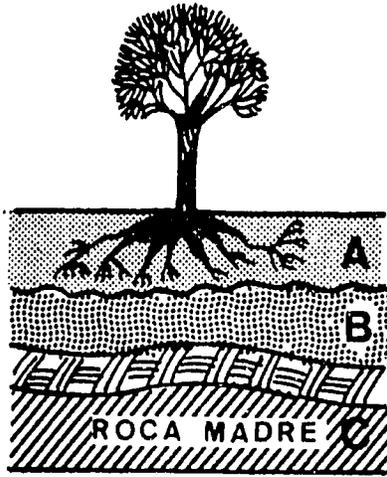
Lecho rocoso.



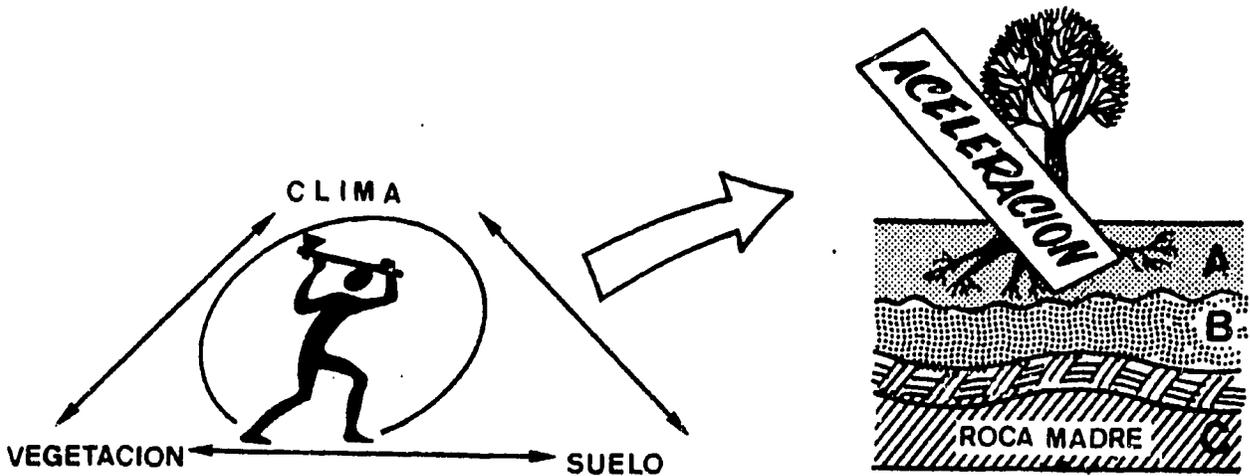
CAPITULO II  
EROSION DE SUELOS

A. Concepto del Equilibrio Dinámico

La naturaleza es un sistema natural en equilibrio. Sin embargo, éste no es un equilibrio estático, al contrario es bastante dinámico.



La intervención del hombre con sus disturbios al sistema natural, a través del uso y la explotación de la tierra, acelera los procesos naturales, cambiando el equilibrio.



No es posible preconizar el mantenimiento del equilibrio natural, sin renegar a la vez de todo el progreso en comodidad que el hombre ha logrado a través de siglos de extraer de la tierra, bajo la vigilancia y la guía de su inteligencia, los productos que en más alto grado le aseguraron los mayores beneficios (Kellozg, C.E.).

## B. El Proceso de Erosión del Suelo

El proceso de erosión del suelo involucra tres pasos distintos:

- Separación de las partículas de suelo de la masa del suelo.
- Transporte a un sitio diferente.
- Deposición.

La energía del viento o del agua en movimiento es requerida para separar las partículas de suelo de la masa del suelo y transportarla a sitios nuevos. La deposición ocurre cuando la velocidad de la corriente del agua o del viento se reduce hasta el punto en que las partículas ya no pueden ser llevadas más allá.

Cualquier agente que remueva la vegetación, rompa la estructura del suelo, o afloje el suelo de cualquier otra manera, puede que acelere los efectos erosivos del agua o del viento. Por ejemplo, los animales grandes pastan en la vegetación y pisotean la superficie del suelo, deshaciendo las partículas. Además, los cambios de temperatura (la congelación y descongelación) producen levantamiento por congelación, el que puede que desprenda las partículas cuesta abajo.



Las partículas de suelo se mueven por acción de la escarcha

## C. Tipos de Erosión

La erosión de suelos es el proceso de desprendimiento y movimiento o arrastre de las partículas del suelo causados por el agua y/o el viento. Los tipos de erosión son numerosos, entre los cuales podemos citar:

La Erosión Eólica, causada por el viento: La fuerza del viento arrastra las partículas del suelo por: salto, rodamiento y suspensión. Estas partículas en movimiento golpean a otras partículas des-

prendiéndolas por la abrasión.

La Erosión Hídrica, causada por el agua: Las aguas de las lluvias, las quebradas y los ríos desprenden, arrastran y transportan el suelo. Las olas erosionan las orillas de los ríos, lagos y mares. En realidad cuando el agua está en movimiento ocasiona la erosión de las orillas.

La Erosión Térmica, causada por los cambios de temperatura: La expansión y contracción causada por los cambios o variaciones de temperatura desprenden y mueven el suelo muy lentamente. Si los cambios originan la congelación o la formación de escarcha, la erosión es más rápida y pendiente abajo resulta un movimiento progresivo.

La Erosión Biológica, causada por las plantas y los animales: Algunos organismos como los líquenes y musgos causan desprendimientos de las partículas del suelo. Sin embargo, el impacto de los organismos generalmente provoca la aceleración de los procesos del viento y del agua por disturbios causados al suelo o a la vegetación que los cubre.

La Erosión Geológica, causada por el tiempo y el espacio: La erosión bajo condiciones normales, es decir, cuando la superficie de la tierra y la cubierta vegetal natural no han sido alteradas por las actividades humanas, se llama Erosión Geológica. Es un proceso natural que tiende a llevar la superficie de la tierra a un nivel uniforme.

#### D. Erosión Eólica

Disertante: Ing. Juan Arandia (Bolivia)

Aunque no se le atribuye un carácter de gravedad más que en las regiones áridas y semiáridas, la erosión eólica puede manifestarse en cualquier lugar siempre que se den ciertas condiciones. En efecto, la erosión eólica puede darse cuando:

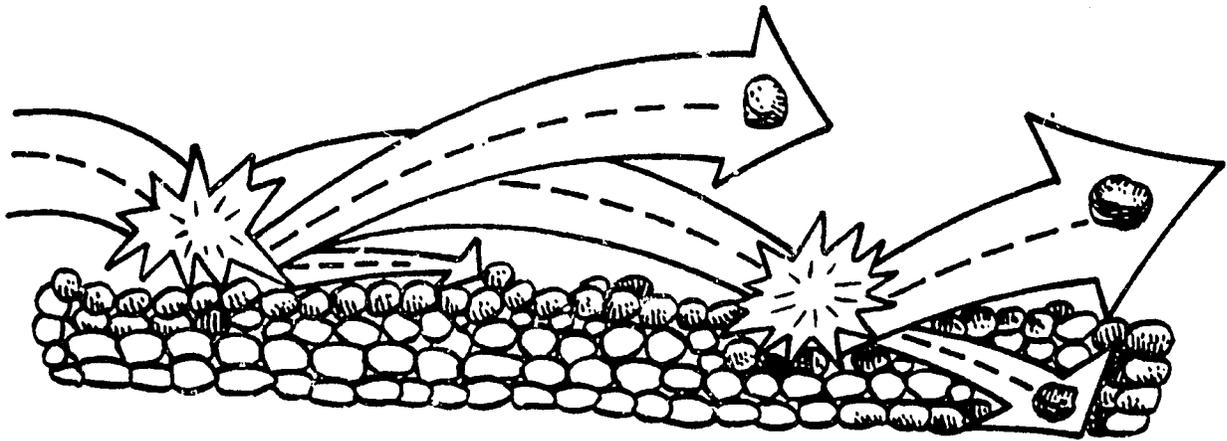
- El suelo es mullido, seco y desmenuzado.
- La superficie del suelo es llana y suficientemente extensa en la dirección del viento.
- La vegetación está ausente o escasa.
- El viento es lo suficientemente fuerte como para provocar un movimiento de las partículas del suelo.

##### 1. Procesos de la Erosión Eólica

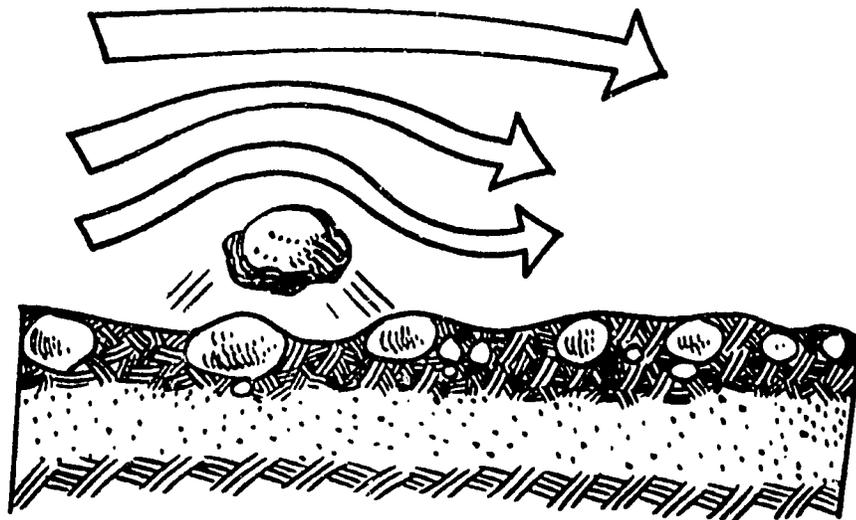
Existen tres modos distintos de movimiento del suelo producidos por el viento: salto, suspensión y movimiento superficial. Luego se explica el depósito de las partículas.

###### a. Salto

El salto mueve más suelo que la suspensión. Las partículas se mueven en una serie de brinco sobre la superficie. Las partículas que se remueven por el salto son las de tamaño mediano, de 0,2 mm a 0,15 mm. Estas son suficientemente livianas para que se levanten sobre la superficie pero demasiado pesadas para quedarse en suspensión.



Movimiento de partículas de suelo por el salto.  
El proceso del salto comienza cuando una partícula se levanta y entra a la corriente del aire.



Las fuerzas aerodinámicas pueden levantar las partículas hasta una altura de 30 centímetros.

b. Suspensión

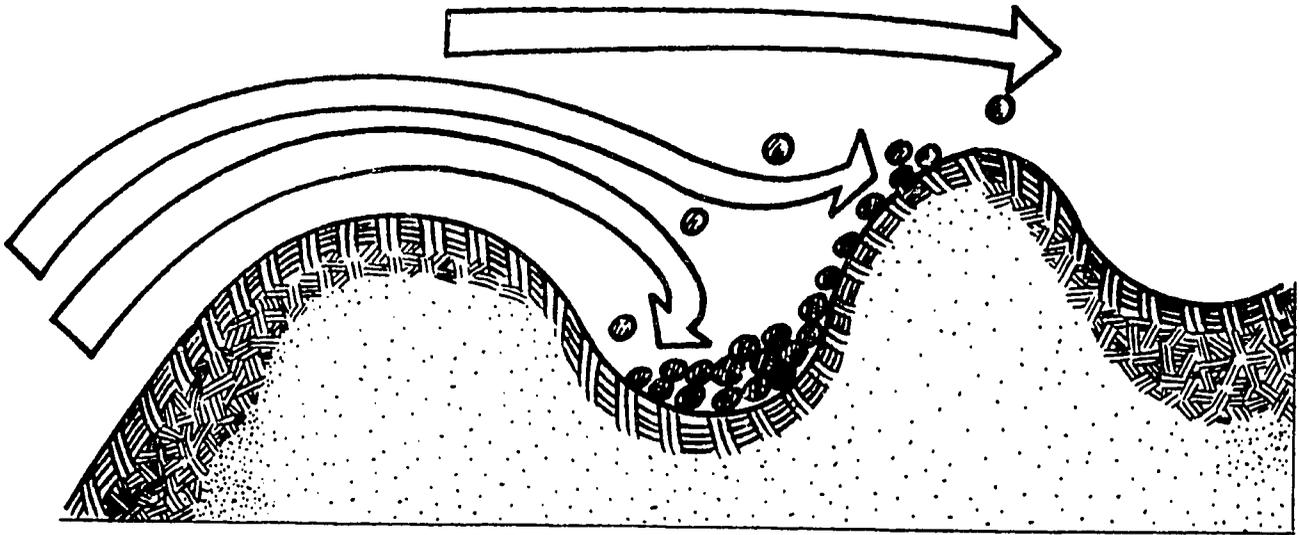
Este fenómeno ocurre cuando el viento remueve las partículas más finas, las suspende y las traslada a distancias más o menos largas.

c. Movimiento Superficial

Los componentes más gruesos y pesados del suelo pueden separarse por el impacto; una vez libres de la masa del suelo, la fuerza del viento hace que éstas se trasladen, por rodamiento, sobre la superficie del suelo.

d. El Depósito

El principal efecto de la erosión eólica es el depósito. Ocurre cuando las partículas que se mueven por salto son depositadas en depresiones y obstáculos que reducen la velocidad del viento. Las partículas pequeñas en suspensión también se sedimentan o depositan cuando disminuye la velocidad y turbulencia del aire.



Depósito de suelo llevado por el viento

2. Factores de Resistencia

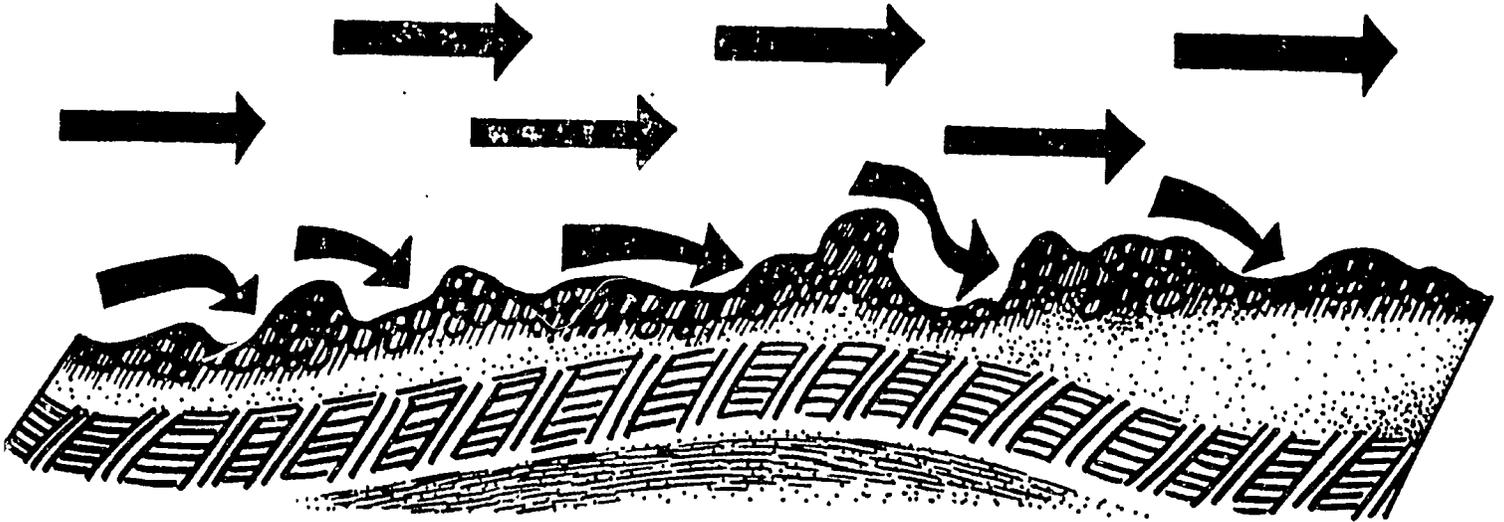
Las arenas sueltas y suelos orgánicos son susceptibles a la erosión por el viento. Los suelos arenosos, cuando están secos; no tienen ninguna cohesión y son soplados fácilmente. Los suelos orgánicos tienen poca resistencia al soplo del viento debido a su peso liviano. La probabilidad de erosión causada por el viento en otros suelos depende de tres factores:

- Las características y condiciones del suelo
- El clima
- La capa vegetativa

a. El Suelo

Los factores que influyen la resistencia de un suelo a la erosión por el viento son: su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su contenido de humedad, y la aspereza superficial del suelo. El contenido de humedad del suelo es especialmente significativo.

La mayoría de los suelos queda ligada firmemente mientras la superficie esté húmeda. La aspereza superficial depende principalmente de las prácticas de labranza. Una superficie áspera del suelo aumenta el efecto de fricción que reduce la velocidad del viento cerca del suelo disminuyendo la pérdida.



El suelo escabroso reduce la velocidad del viento

b. El Clima

El clima, más bien la precipitación pluvial y el viento, tienen una influencia grande sobre la erosión del suelo. La cantidad y distribución de la precipitación pluvial afectan la humedad del suelo, lo que a su vez determina la vulnerabilidad a la erosión. La erosión causada por el viento es más común cuando la caída pluvial anual es menos de 300 milímetros y cuando hay largos períodos secos entre las temporadas húmedas.

Las características del viento que afectan la erosión son:

- La velocidad
- La dirección
- La duración
- La turbulencia

c. La Vegetación

El suelo es más resistente a la erosión causada por el viento cuando está protegido por la vegetación. Las plantas reducen la velocidad del viento en la superficie del suelo. Las plantas vivas son más efectivas que los residuos.

3. Prevención

Es mucho más fácil evitar, que tratar, la erosión causada por el viento, porque el proceso de erosión es autogenerador. Los suelos

más susceptibles a la erosión por el viento, generalmente, son los de calidad pobre, arenosos y de bajo contenido de materia orgánica.

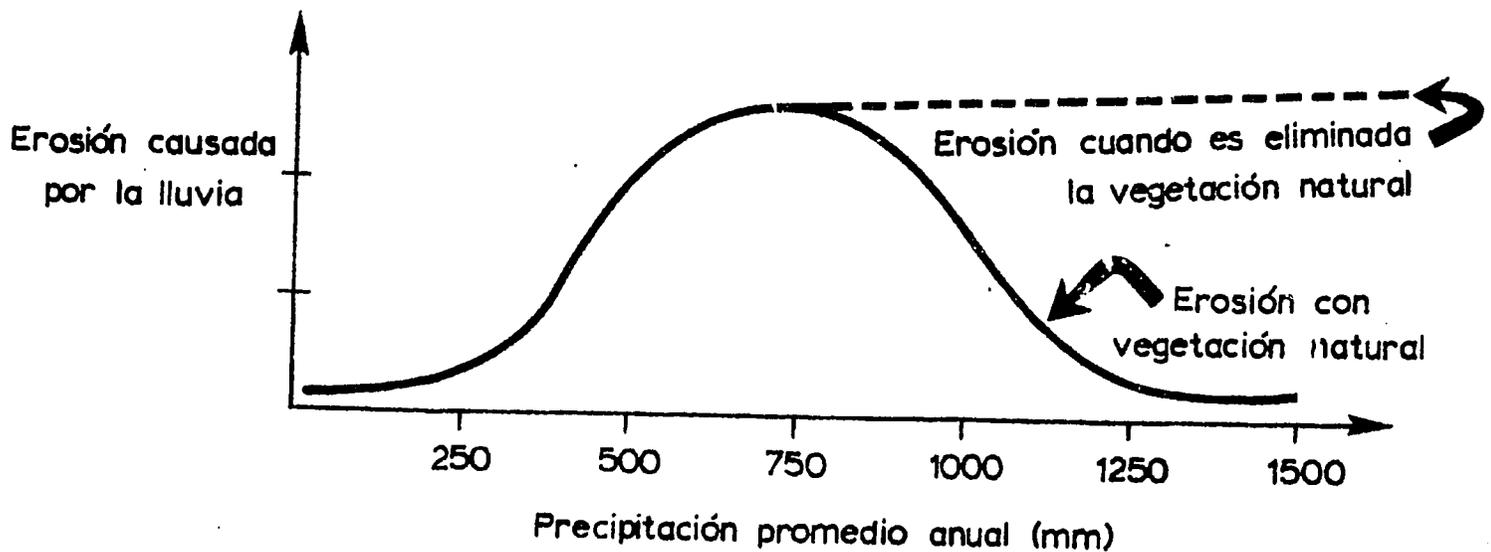
Los principales métodos para el control de la erosión eólica pueden ser usados individualmente o en combinación. Esto dependerá de las circunstancias de cada finca, pues no existe una práctica que pueda ser recomendada universalmente. Las prácticas de control de erosión eólica que pueden ser utilizadas incluyen:

- Capas vegetativas
- Siembra de protección
- Cultivo en franjas
- Rotación de cultivos
- Manejo de residuos
- Labranza mínima o cero
- Terraplenes
- Franjas de abrigo y/o rompevientos
- Capas protectoras y estiércol

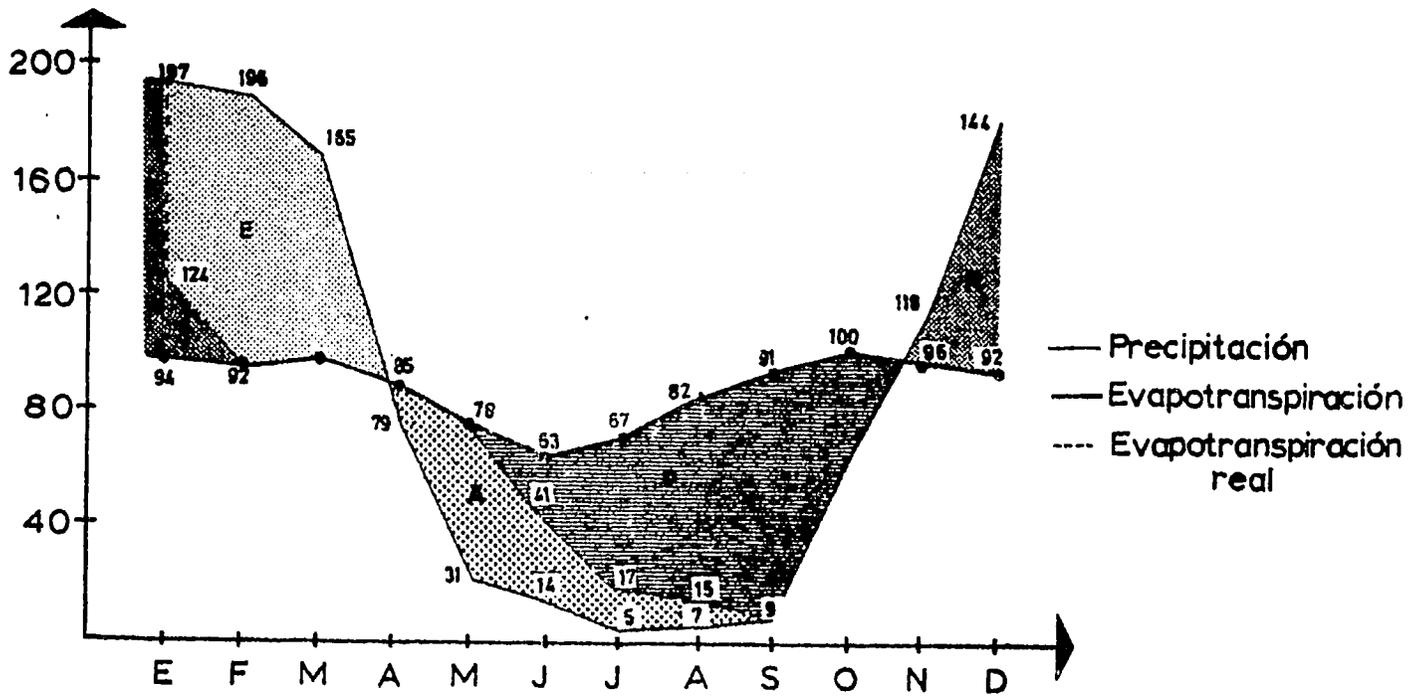
### E. La Erosión Hídrica

Disertante: Ing. Frederick C. Tracy (USA)

Por lo general es el tipo de erosión más importante. El agua, ya sea en forma de lluvia o en forma de corrientes, produce los fenómenos de arrastre y sedimentación. Considerando la erosión ocasionada por la lluvia, el mayor potencial de daños se presenta en las zonas donde el nivel de precipitación es más elevado, como lo ilustra la figura siguiente:



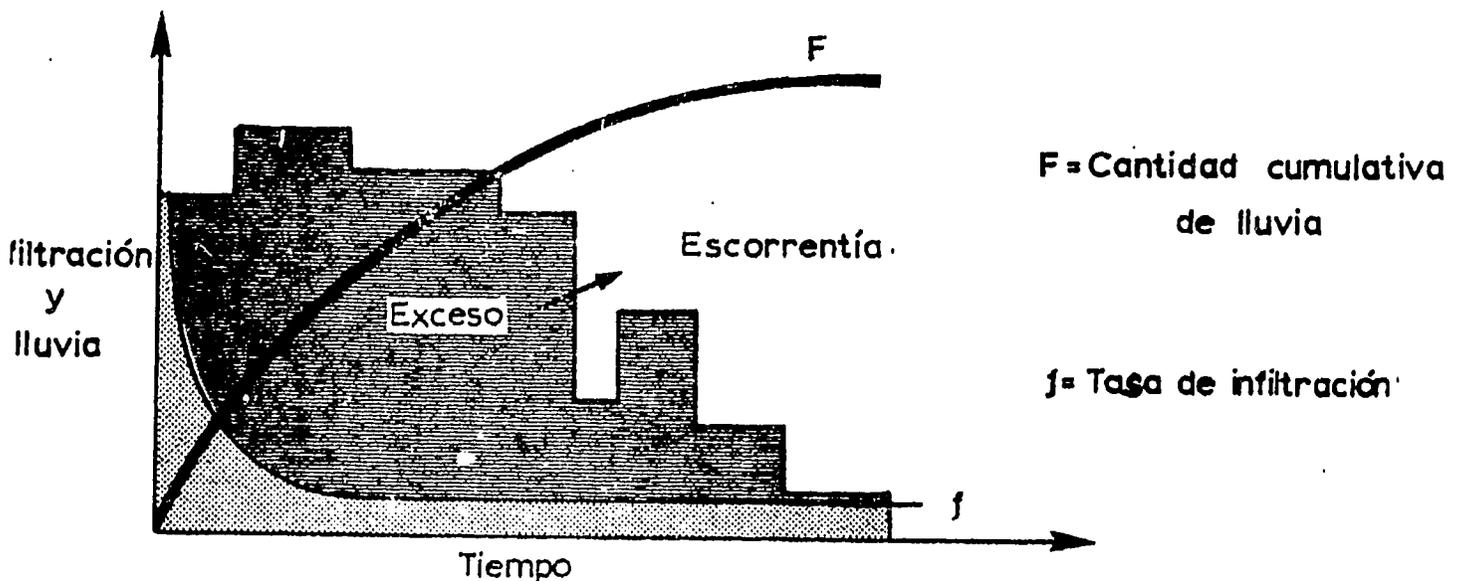
Un equilibrio sin la influencia del hombre puede ilustrarse en la figura siguiente, en base a datos del balance hídrico de Yacuíba en los últimos 10 años.



Balance hídrico simplificado: Yacuiba

- R - La recarga de humedad en el suelo es menor a la deficiencia (necesidad).
- A - El agotamiento (almacenamiento) de humedad en el suelo es casi igual a la recarga.
- D - La deficiencia es mayor a la recarga.
- E - La escorrentía es significativa debido a las condiciones de relieve, pendiente, suelos y cubierta vegetal. Urge pensar en retener el agua de escorrentía para cubrir la deficiencia.

La relación de la dinámica de infiltración/escorrentía en un punto de la superficie del suelo, se ilustra en la figura siguiente:



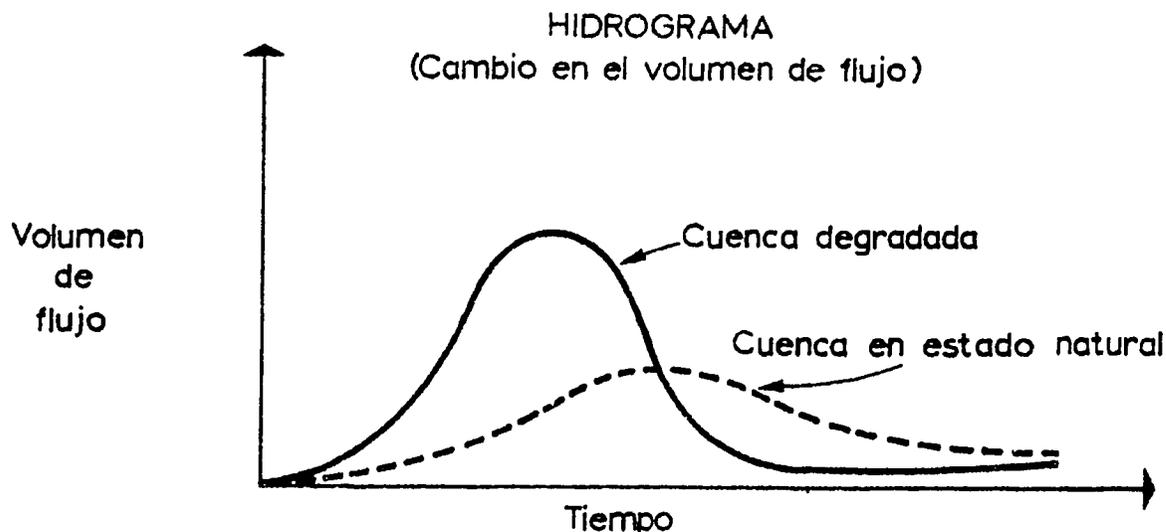
Al principio se presenta una rápida reducción en la tasa de infiltración ( $f$ ) debido al cambio en la estructura de la superficie del suelo y en el aumento de humedad. La tasa mínima alcanza la tasa de percolación del suelo.

La curva de la tasa de infiltración cambia con la cobertura vegetativa y las características de la superficie del suelo (disturbios) y pendiente (tasa de evacuación).

### 1. Efectos de la Erosión Hídrica

Entre los efectos que la erosión hídrica ocasiona, los más importantes son:

- Pérdida de la capacidad productiva del suelo, que da como resultado una pérdida física del medio, el impedimento de trabajos de labranza, los deslizamientos, o la sedimentación.
- Cambios en el régimen de flujo de los ríos y quebradas, que resultan de una reducción en almacenamiento e infiltración, un aumento en la escorrentía y flujos, o inundaciones.
- Cambios de disponibilidad y calidad de agua, que tienen como consecuencia un aumento de sedimentos suspendidos, una reducción en flujo base, o una contaminación química.



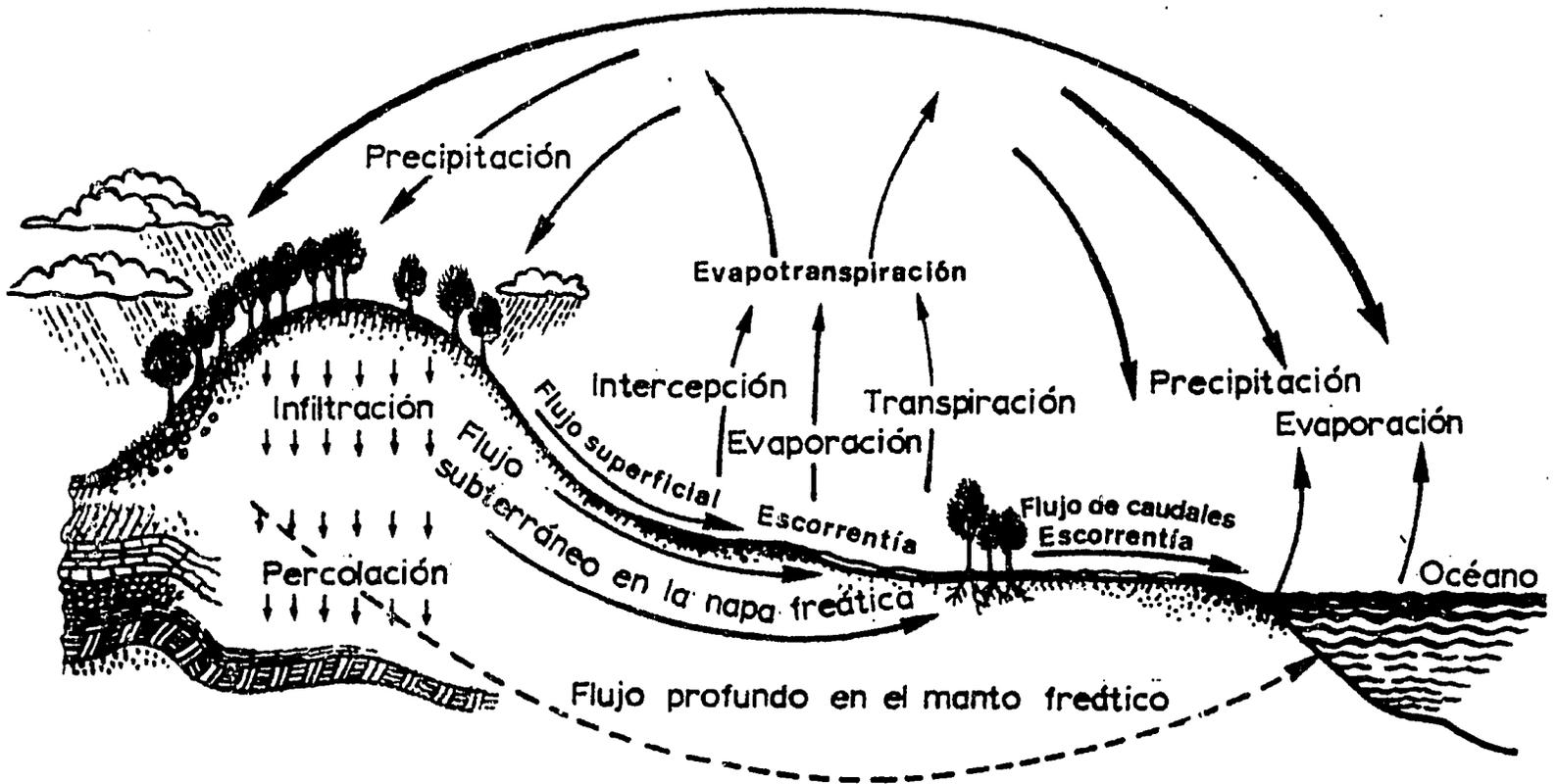
### 2. Procesos de la Erosión Hídrica

En general, el agua sigue un sistema natural de circulación que se conoce con el nombre de ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico se caracteriza por las siguientes etapas:

1) La atmósfera absorbe agua de todas las superficies expuestas, especialmente de los océanos, de los lagos, de los ríos y de los terrenos. Esta absorción directa se denomina evaporación. El agua que está almacenada en la tierra a diversas profundidades, también es absorbida a la atmósfera gracias a la evaporación y a la transpiración de los vegetales. En zonas continentales la cantidad de agua que

llega así a la atmósfera puede variar entre el 50% y el 90% de las lluvias que se precipitan.

2) El aire cargado de humedad en ocasiones se mueve a grandes distancias, hasta ponerse en contacto con masas de aire de temperatura baja, capaces de condensar la humedad y dejarla caer en forma de lluvia.



3) La lluvia, al caer sobre los terrenos, es absorbida por el suelo. Esta penetración de agua en el suelo se denomina infiltración. Cuando el contenido de agua de los horizontes del suelo sobrepasa la cantidad que éste puede sostener, la fuerza de gravedad arrastra el excedente a estratos profundos (percolación).

4) Cuando la cantidad de agua de lluvia excede a la absorción e infiltración, el exceso de agua fluye sobre la superficie de los terrenos hasta llegar a un arroyo o río y luego al mar. Esta es la llamada agua de escurrimiento o escorrentía.

5) El agua acumulada en los océanos, ríos, lagos, terrenos, etc., vuelve a la atmósfera y se reinicia el ciclo hidrológico. (Ciclo Hidrológico. Conservación de Suelos - Fernando Suárez de Castro 1982)

### 3. Tipos de Erosión Hídrica

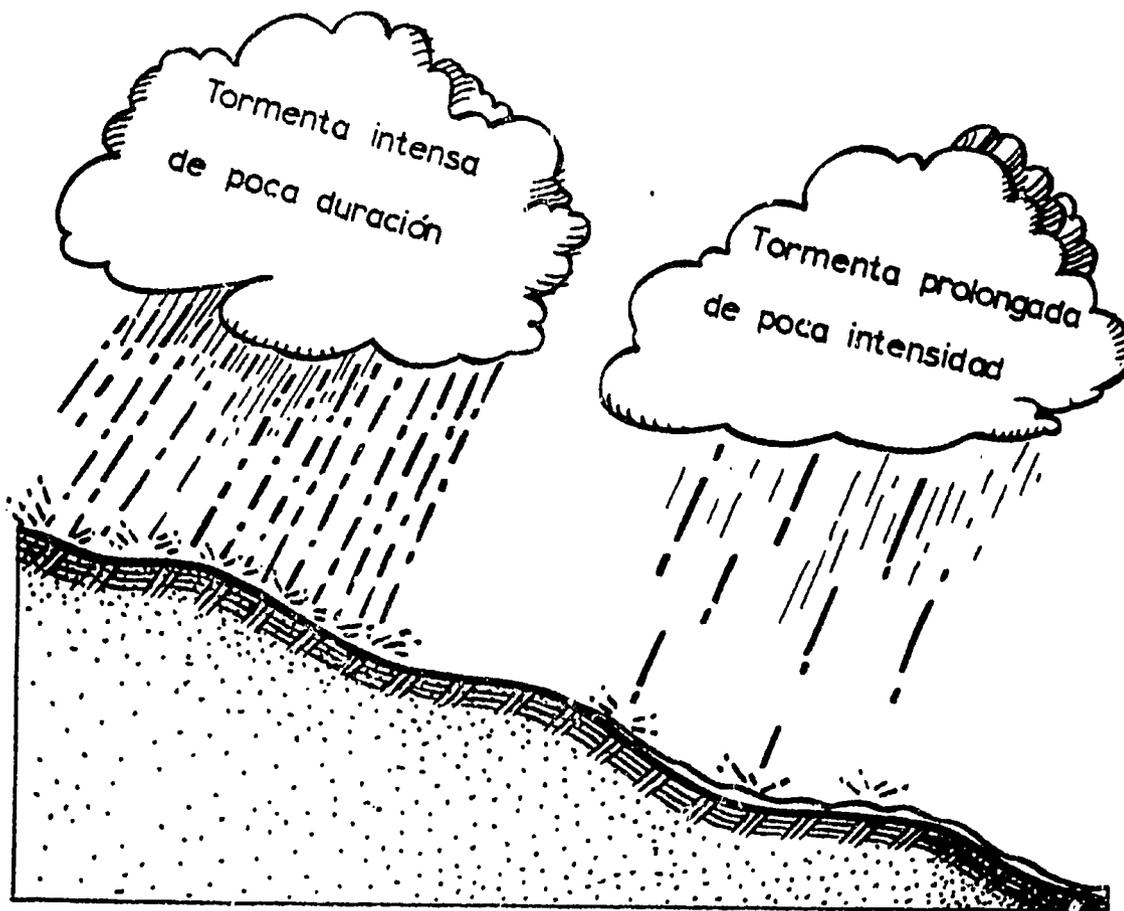
Han sido identificados diversos tipos de erosión hídrica, entre los cuales tenemos los siguientes: la erosión por gota; por influencia laminar; por surcos; por cárcavas y por efecto orillar.

La erosión causada por el impacto de las gotas de agua se refiere al

desprendimiento de pequeñas partículas de suelo debido al impacto de las gotas sobre suelos mojados.

En 1940 Ellison descubrió y comprobó que la gota de agua en su caída en sí se convierte en un agente completo de erosión debido a la energía cinética y al impacto sobre el suelo. El impacto de una gota de agua ejerce tres influencias importantes.

- a. Separa el suelo.
- b. Su golpeo tiende a destrozar la granulación, y
- c. Su chapoteo, bajo ciertas condiciones, efectúa un considerable traslado de partículas de suelo.

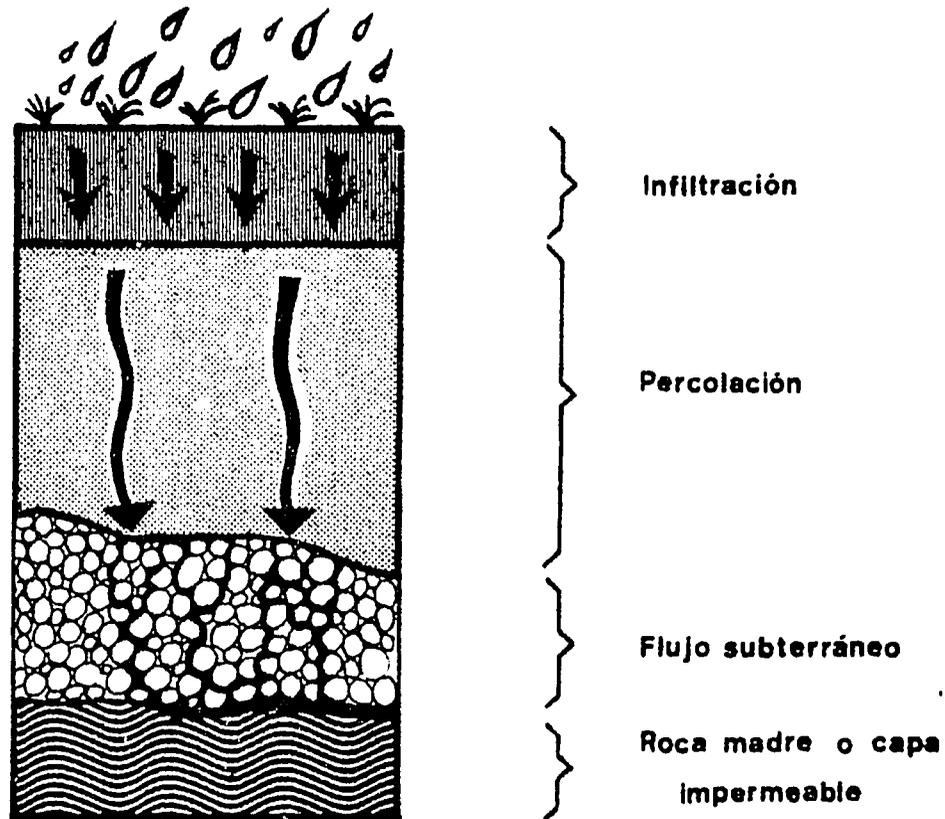


El agua cae sobre el suelo, impacta, desprende las partículas y salpica, erosionando el suelo.

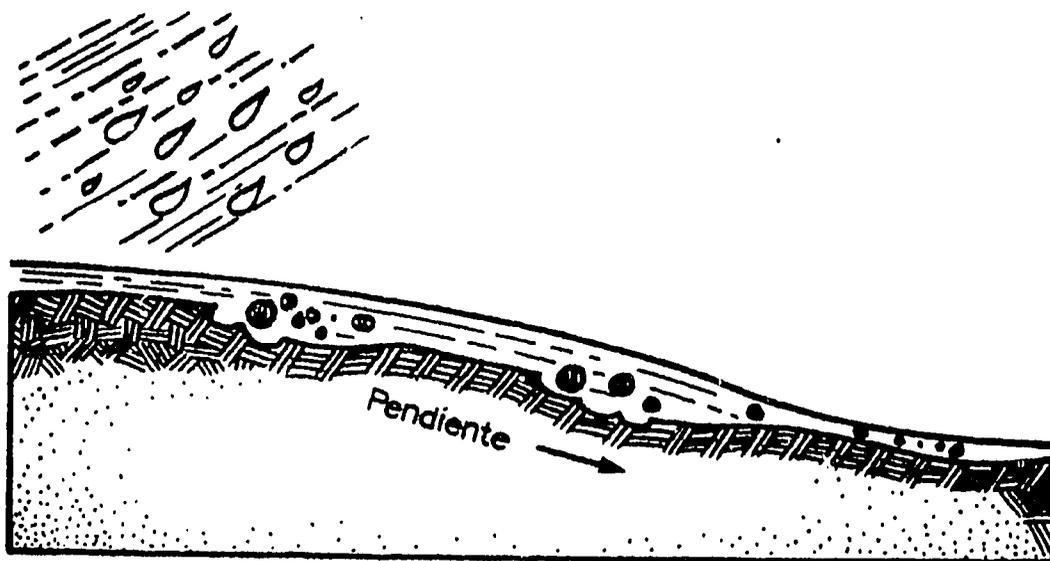


Una gota de agua (izquierda) y el chapoteo (derecha) que se forma cuando la gota golpea un suelo húmedo desnudo.

Parte del agua se infiltra, se acumula y el resto corre por la superficie



La erosión por influencia laminar se refiere al arrastre de una capa delgada y relativamente uniforme sobre la superficie del suelo debida a la escorrentía. Las gotas se acumulan formando una capa delgada y uniforme, es decir una lámina de agua que empieza a correr sobre el suelo. Esta capa lleva las partículas desprendidas por las gotas de lluvia por medio de la suspensión o el arrastre.



La erosión por surcos es la formación de pequeños canales, con unas pocas pulgadas de profundidad. Generalmente se presenta en suelos recién labrados o en recientes cortes rellenos. El agua de escorrentía superficial se acumula en pequeñas depresiones o sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para crear y formar canaliculos que se destacan en el terreno.

### Erosión en surcos



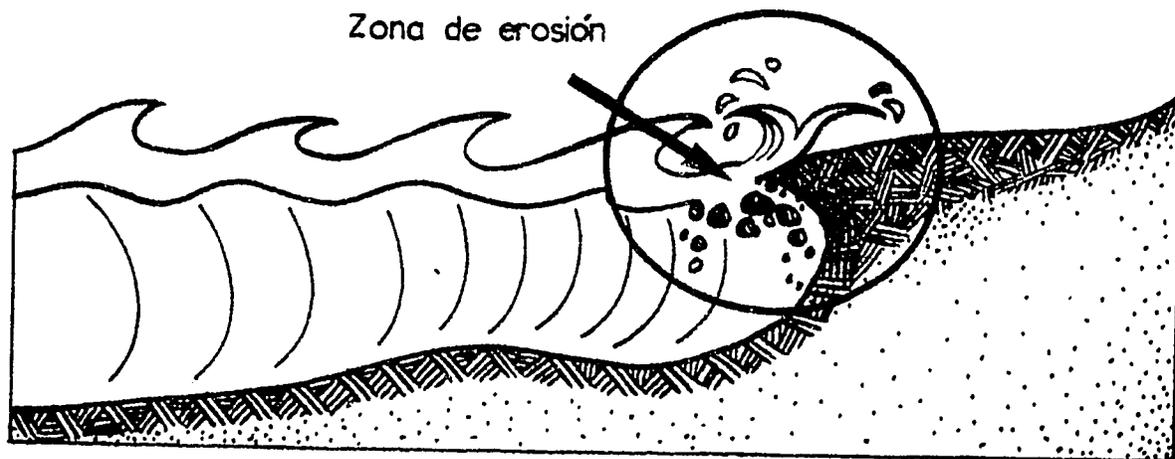
La erosión por cárcavas es la formación de canales angostos, pero de considerable profundidad (de 30 a 60 cm hasta más de 20 a 30 metros) en poco tiempo, debido a la acumulación de las aguas de escorrentía. Año tras año se amplían las cárcavas formadas por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad.

### Erosión en cárcavas



La erosión orillar es el arrastre o socavación del suelo, arena o piedra de playas o taludes por la acción de las olas. Este tipo de erosión se evidencia en las orillas de los lagos y los ríos.

## Erosión orillar



### F. Ecuación Universal de la Erosión

Combinando el efecto de los diversos factores que intervienen en la erosión de los suelos, se ha desarrollado la llamada "Ecuación Universal de la Erosión". Su propósito es el de estimar la pérdida de suelo en un campo, con un suelo reconocido, dada la longitud de la ladera y su pendiente, con un determinado sistema de cultivo.

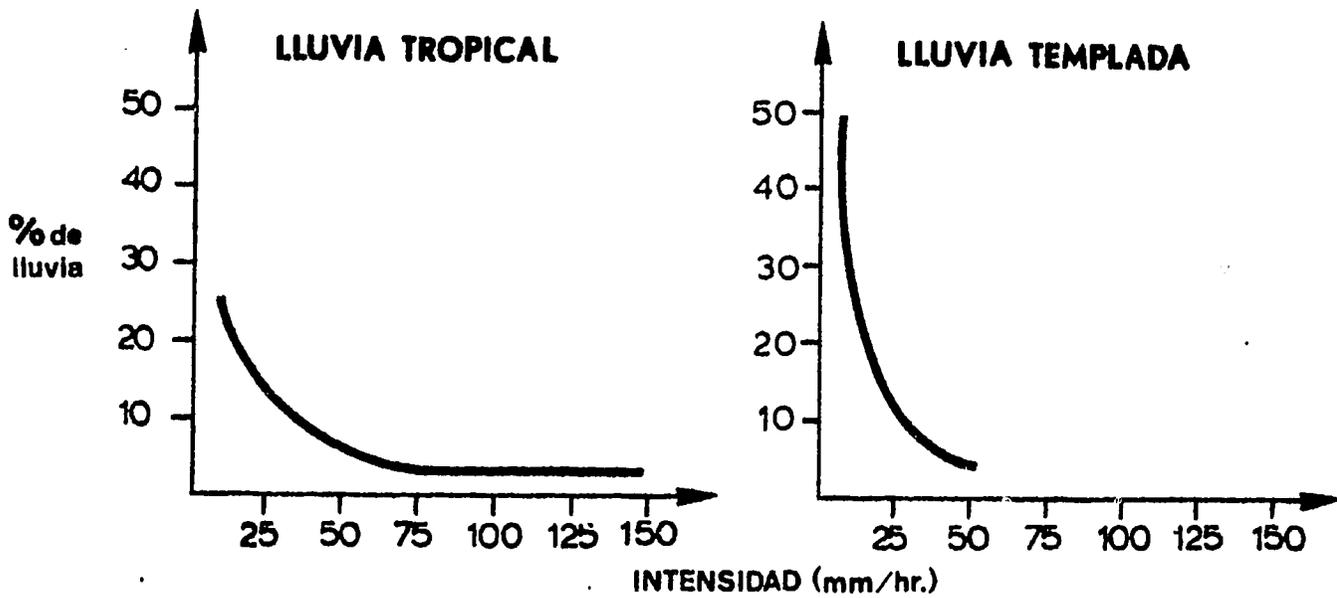
#### 1. Modelo Conceptual

Las pérdidas de suelo que ocurrirían al presentarse una combinación determinada de condiciones en un terreno, se expresan en peso por unidad de superficie y de tiempo. En el sistema métrico se trabaja con toneladas de suelo perdido, por hectárea y por año. La fórmula para medir la pérdida de suelo puede expresarse de la siguiente manera:

$A = R K L S C P$ , donde:

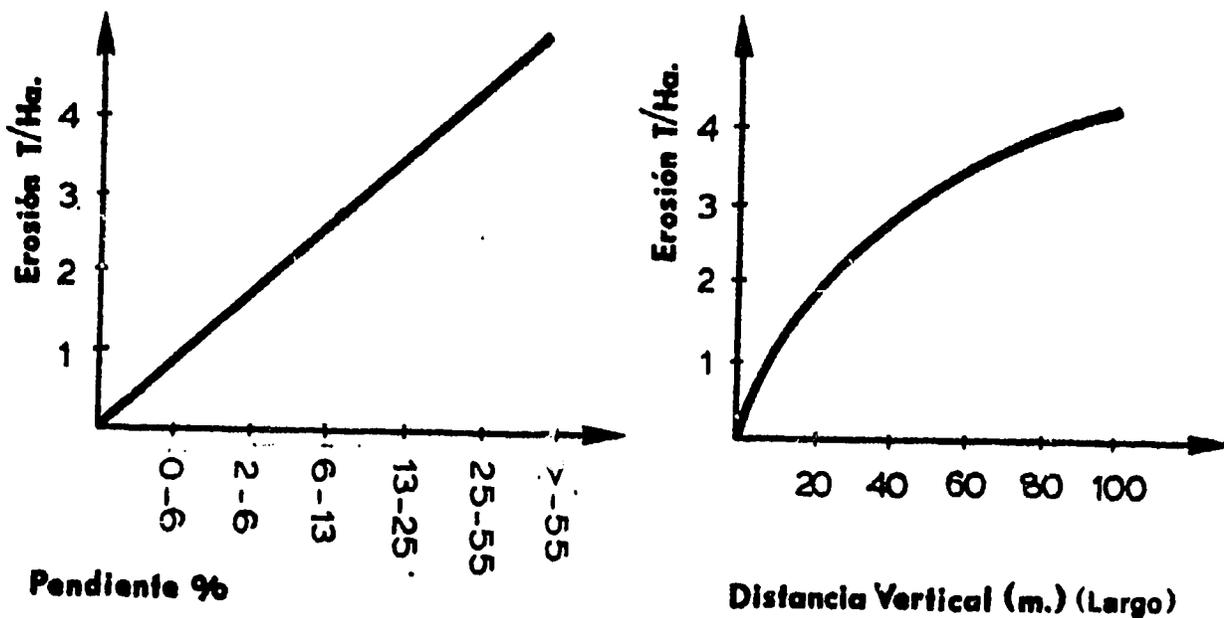
- A = Pérdida promedio anual de suelo;
- R = Factor de erosividad (energía) de la lluvia;
- K = Factor de erodabilidad (susceptibilidad del suelo);
- L = Longitud de la ladera;
- S = Pendiente de la ladera;
- C = Factor de manejo del cultivo y
- P = Factor de la práctica de Conservación de Suelos.

El factor de erosividad (R), o el potencial de la lluvia que causa erosión, es una función de las características de la lluvia, tales como: cantidad, distribución, tamaño de las gotas, velocidad de las gotas, y duración de la tormenta.



El factor de erodabilidad (K) o sea la susceptibilidad del suelo a la erosión es una función de las características físicas del suelo, tales como: textura, cantidad de materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Longitud y pendiente de la ladera en el campo (L & S):



El factor de manejo del cultivo (C) es una función de la cobertura del suelo bajo condiciones específicas, comparadas con la pérdida de suelo de una parcela continuamente labrada sin cultivo.

El factor de la práctica de conservación de suelos (P) es un factor de comparación, de la tierra labrada, con la práctica específica de conservación en una parcela labrada a favor de la pendiente.

El propósito de esta fórmula es el de permitir la predicción de la pérdida de suelo en un campo determinado.

## 2. Implicaciones en el Manejo de la Parcela

Las implicaciones en el manejo de la parcela son varias, entre otras:

\* Para modificar la longitud de la ladera (L) se puede construir obras físicas de conservación de suelos y reducir la longitud de la misma.

\* Para modificar el factor manejo del cultivo (C) se puede mantener una cobertura protectora, ya sea un cultivo o mulch (residuos).

\* Para modificar el impacto del factor de la labranza (P) se puede efectuar la labranza conservacionista, con el fin de reducir la escorrentía entre las obras de conservación de suelos.

## 3. Pérdida Tolerable "T"

Esta representa la máxima pérdida de suelo permisible mientras preserva permanentemente el recurso del suelo y evita la erosión excesiva.

En los Estados Unidos, esta pérdida tolerable ha sido definida en:

$$T = 2 - 11 \text{ TON/Ha/AÑO}$$

El valor "T" permite la evaluación de prácticas de conservación de suelos y técnicas de manejo de cultivos para seleccionar las prácticas y técnicas más adecuadas y económicas en un lugar determinado.

El valor de "T" está determinado por la siguiente fórmula:

$$T = R K L S C P$$

## CAPITULO III

### CONTROL DE EROSION HIDRICA

Disertante: Inq. Julio Luna (Argentina)

#### A. Práctica No. 1: Terrazas Paralelizadas de Absorción

##### Terrazas:

Son un terraplén o camellón, o caballón largo, de base ancha, media o angosta y de altura variable (según pendiente y uso agrícola), con o sin protección, dispuestas en forma perpendicular o casi perpendicular para interceptar el agua de escurrimiento. Generalmente se construyen siguiendo las curvas de nivel que sirven para controlar y reducir la velocidad de escurrimiento superficial.

##### Terrazas de Absorción:

Son terrazas que detienen y permiten almacenar el agua de escurrimiento en lugares donde las lluvias no son abundantes, ni de fuerte intensidad, ni frecuentes. La altura del caballón y el ancho deben ser suficientes como para permitir el almacenamiento de un gran volumen de agua.

##### Terrazas Paralelizadas de Absorción:

Tienen por objeto facilitar el trabajo agrícola con uso más eficiente de maquinaria. Son terrazas paralelas que se construyen sobre líneas guías superiores, intermedias e inferiores que son a nivel o sin pendiente.

##### 1. Alcance

Las terrazas paralelizadas deben ser utilizadas donde no es posible controlar la erosión por medio de prácticas culturales. Estas terrazas deben construirse en terrenos de relieve uniforme y preferentemente de pendientes leves, de texturas adecuadas que no tiendan a la impermeabilización de su superficie. Su uso se limita a tierras agrícola-ganaderas que tengan problemas de erosión hídrica. La topografía deberá ser tal, que puedan construirse terrazas que faciliten el cultivo entre las mismas.

Las terrazas paralelizadas de absorción se construyen para:

- a) Reducir el daño por erosión.
- b) Interceptar el escurrimiento superficial.
- c) Facilitar la infiltración del agua en el suelo para que pueda ser utilizada por los cultivos.
- d) Disminuir el volumen de escurrimiento que llega aguas abajo.

## 2. Criterios de Planeamiento

Antes de iniciar la planificación del sistema de terrazas se debe contar con la siguiente información:

- a) Plano catastral de la propiedad, si es que posee.
- b) Datos de precipitaciones.
- c) Si el distrito lo dispone, para un elemento más de juicio, mapas de suelo a semidetalle o detalle.
- d) Mapa de capacidad de uso.
- e) Fotografías aéreas.

El paso fundamental para la adopción del terraceo apropiado consistirá en el levantamiento prolijo de un croquis, que incluso debe hacer referencia a vías de aguas importantes en los campos vecinos, debido al problema de descargas que reciben o desaguan las propiedades. El croquis debe contener los siguientes elementos de juicio:

- Alambrados perimetrales.
- Alambrados internos.
- Cursos de agua, permanentes o temporales y sus profundidades.
- Marcación del desague de las aguas de escorrentía dentro de la propiedad.
- Instalación de diversos tipos (galpones, vivienda, corrales, etc.)
- Areas con monte.
- Cortinas de bosque (naturales y/o artificiales).
- Marcación de las vías de agua en el campo cultivado, incluso del monte o cortinas propias.
- Determinación aproximada de las pendientes en los diferentes lotes y aún dentro de éstos cuando no sean homogéneos.
- Delimitación de áreas no aptas para agricultura.
- Marcación de caminos, picadas, tomas, canales, acequias, represas, lagunas, etc. y toda otra información que sea útil para completar el croquis.
- No se considera necesaria la realización de una planimetría, por cuanto se tiene un croquis con las especificaciones para realizar un trabajo efectivo de terraceo.
- Queda librado al profesional el empleo de un relevamiento planimétrico, pero los fines de esta práctica se satisfacen plenamente con un croquis. Si se ejecuta un levantamiento planimétrico debe realizarse una lectura cada 25-30 metros.
- Si el profesional considera conveniente, puede realizar una fotointerpretación previa del campo o solicitar los servicios de un fotointérprete de experiencia.

## 3. Dimensionamiento y Cálculo

Para el sistema de terrazas, las pautas que deberán seguirse para su planificación y posterior construcción, son las siguientes:

- a) Espacio entre terrazas
- b) Pendiente de las terrazas

- c) Tipo de terrazas
- d) Longitud de la terraza

a. Espacio entre Terrazas

El espacio entre terrazas depende principalmente de la pendiente, las precipitaciones, los suelos, los cultivos, los implementos agrícolas, y del tamaño de la propiedad. Para el cálculo del intervalo vertical (diferencia de nivel entre dos terrazas) y el espacio horizontal (la distancia entre dos terrazas), se podrán utilizar los siguientes criterios:

PARA PENDIENTES DEL 1 al 3%: 100 metros de distancia horizontal.

PARA PENDIENTES DEL 3 al 5%: 80 metros de distancia horizontal.

PARA PENDIENTES DEL 5 al 8%: 60 metros de distancia horizontal.

Este distanciamiento contempla, además de las mediciones de erodabilidad, para maquinaria agrícola de gran tamaño, destinada a cultivos extensivos. Esta fórmula es el resultado de experiencias directas del Dr. Ramón Ibarra, Técnico de FAO, realizadas en la Región NOA.

b. Pendiente de la Terraza

Las terrazas de desaque o paralelizadas sobre este mismo sistema, se construyen con pendientes que oscilan entre 0,1 y 0,4 por ciento, siendo más seguro un 0,3 por ciento.

c. Tipo de Terrazas

Entre los tipos de terrazas existen los de base angosta, media o ancha. Las terrazas de base angosta pueden utilizarse para altas pendientes: más de un 12 por ciento con un ancho de 1,5 a 3 metros, teniendo una altura aproximada una vez asentado el bordo de 0,70 metros.

Las terrazas de base media pueden utilizarse en pendientes de hasta 12 por ciento con un ancho de 4 a 6 metros y una altura que oscila entre 0,40 y 0,70 metros una vez asentado el bordo.

Las terrazas de base ancha se aplican en suelos de perfiles profundos, ricos en materia orgánica y para pendientes menores de un 2 por ciento.

#### d. Longitud de las Terrazas

La longitud de las terrazas está en relación directa con el tamaño del campo a sistematizar, la existencia o no de desagües y los inconvenientes graves que pueden presentarse en algunos casos al pretender limitar la longitud de las terrazas cuando existen serias limitaciones de la textura del suelo.

Lo ideal es reducir la longitud de las terrazas, lo que se simplifica cuando es posible descargar hacia dos desagües, uno a cada extremo. En terrazas largas, su éxito depende del sobredimensionamiento de la misma, entendiéndose por tal a las reforzadas en ancho y altura.

#### 4. Construcción

Una vez marcadas las terrazas en el terreno, con zanjador o arado, se procede a su construcción, utilizándose para ello arado de disco, niveladoras de arrastre, motoniveladoras e inclusive topadoras. Se comienza a levantar los bordos en el período seco (junio-agosto) y se completan cuando comienza la estación de lluvias (noviembre-diciembre) para facilitar el asentamiento por la existencia de humedad.

El número de pasadas para su construcción es:

Arado (No. de discos)	No. de Pasadas Efectivas	Base
3 - 4	12 - 16	angosta
4 - 7	14 - 20	media
5 - 8	24 - 32	ancha

Para dar más altura a las terrazas que interceptan las vías de agua, éstas deben ser completadas con palas de arrastre, cargadoras frontales, topadoras o a mano. Finalizada la construcción de las terrazas, se debe controlar si existen desniveles altos o bajos para rectificarlos. Las terrazas deben ser sembradas de pasto, preferentemente con gramíneas, como por ejemplo: Grama Rhodes o Grama Negra.

#### 5. Mantenimiento

En períodos de lluvias, cualquier falla debe ser subsanada inmediatamente. Si no han sido sembradas con pastos apropiados, se deben limpiar anualmente y reforzar, por lo menos al cabo del primer año. En estas normas debe merecer atención el control de malezas consideradas nocivas.

Un terraceo bien construído es de larga vida, existiendo en la zona sur de Salta, Argentina terrazas en pleno funcionamiento con más de 14 años.

## B. Práctica No. 2: Terrazas de Desagüe

### Terrazas de Desagüe o Terrazas con Gradiente:

Son terrazas con gradiente que facilitan la desviación del agua excedente hacia un desagüe, construyéndose en lugares donde la precipitación es excesiva en intensidad y frecuencia y el suelo no permite la infiltración del agua de escurrimiento con suficiente velocidad.

### Terrazas Paralelizadas de Desagüe o con Caída:

Son terrazas paralelas que facilitan la desviación del agua excedente hacia un desagüe. Tienen por objeto facilitar el trabajo agrícola con un uso más eficiente de maquinaria. Se construyen sobre líneas guías superiores, intermedias e inferiores, que son canales convencionales de desagüe o con caída, con extremo control de la pendiente en las terrazas paralelas. Igual temperamento se debe seguir con canales de guardia o internos de desviación o derivación.

#### 1. Alcance

Este tipo de terrazas debe ser utilizado donde no es posible controlar la erosión por medio de prácticas culturales. Deben ser aplicadas en terrenos planos inclinados u ondulados de pendiente variable. Su uso se limita a tierras agrícola-ganaderas que tengan problemas de erosión hídrica. La topografía deberá ser tal de manera que puedan construirse terrazas que faciliten el cultivo entre las mismas. Deberán usarse donde pueda disponerse de desagües adecuados.

Su limitación está dada a suelos demasiado pedregosos, escarpados, etc. que no permiten una instalación y mantenimiento práctico económico.

Las terrazas paralelizadas de desagüe se construyen para:

- a) Reducir el daño por erosión.
- b) Interceptar el escurrimiento superficial.
- c) Facilitar la infiltración del agua en el suelo para que pueda ser utilizada por los cultivos.
- d) Disminuir el volumen de escurrimiento que llega aguas abajo.
- e) Desalojar los excedentes de aguas superficiales, conduciéndolos hacia una descarga a velocidad no erosiva.
- f) Reducir el contenido de sedimento en las aguas de escorrentía.

#### 2. Planeamiento y Dimensionamiento

Las mismas normas aplican como en el caso de terrazas de absorción, Práctica No. 1. Su ancho será de 9 a 12 metros y su altura de aproximadamente 0,40 metros una vez asentado el bordo.

### 3. Construcción

El número de pasadas para su construcción es:

Base	Arado (No. de Discos)	No. de Pasadas Efectivas	No. de Pasadas en Vacío
Angosta	3-4	6- 8	6- 8
Media	4-7	7-10	7-10
Ancha	5-8	12-16	12-16

En la construcción de este tipo de terrazas hay que considerar que se realiza en una dirección, dando la vuelta con los discos suspendidos para reiniciar cada una de las pasadas.

### 4. Mantenimiento

Las normas de mantenimiento son iguales que las de las terrazas de absorción, Práctica No. 1.

### C. Práctica No. 3: Canales de Derivación o Desviación o de Guardia

Son canales de protección, contruídos en las cabeceras de los campos que tienen por finalidad interceptar las aguas de escurrimiento superior y desviarlas hacia lugares apropiados.

#### 1. Alcance

Este tipo de canal se aplica en tierras agrícola-ganaderas-forestales que son susceptibles o tienen problemas de erosión hídrica, producida tanto por el avance extraño de aguas a la propiedad, como generada en la misma. Generalmente este tipo de estructuras no es susceptible de laboreo, y por lo general, su canal de conducción y camellón de soporte están sembrados.

Estos canales se emplean para:

a) Desviar el agua de escurrimiento que desciende, para impedir que la misma ingrese a un terreno determinado.

b) Asegurar el funcionamiento de las terrazas, ya sea recolectando los excedentes producidos por éstas, de otras vías de agua importantes no captadas o de otras prácticas.

c) Interceptar y desviar el agua que se dirige hacia las cárcavas, o que tiende a formar torrentes muy activos y enviarlos a desagües seguros, represas, etc.

Por lo general, estos canales se utilizan como complemento o iniciador de otras prácticas, por lo que su uso es muy variado y puede adaptarse a circunstancias diversas. Los canales de derivación, ya sea que se realicen solos o como complemento, deben estar integrados en un programa de conservación. No existen limitaciones para su uso, siempre que se justifique su realización.

## 2. Dimensionamiento y Cálculo

Para el dimensionamiento de los canales, las pautas que deberán seguirse para su planificación y posterior construcción se desglosan en cuatro etapas:

- a) Volumen de escurrimiento
- b) Pendiente de los canales
- c) Longitud de los canales
- d) Forma de los canales en su construcción

### a. Volumen de Escorrimento

Los canales deben asegurar una velocidad no erosiva, recomendándose entre 0,9 a 1,4 milímetros/segundo, dependiendo del tipo de vegetación y grado de sembrado de pasto.

Para dimensionar el canal, se determina la esorrentía por la fórmula:  $Q = C * I * A$

-----  
360

$Q$  = Esorrentía crítica en metros/segundo

$C$  = Coeficiente de esorrentía

$I$  = Intensidad máxima de las lluvias expresada en milímetros/hora

$A$  = Area de la vertiente en hectáreas

donde:

$I = 100$  milímetros/hora, y

$C = 0,5$

Una vez determinada  $Q$ , se utiliza las Tablas de Dimensiones para canales sembrados de pastos.

### b. Pendiente de los Canales

Se construirán con una pendiente que oscilará entre el 0,2 y 0,3 por ciento, preferentemente esta última. No obstante, según situaciones muy especiales del terreno, se deben aumentar necesariamente las pendientes debiéndose construir el salto con más de un 0,4 por ciento a pendiente natural para evitar la formación de cárcavas.

c. Longitud de los Canales

No existe condicionamiento a la longitud, por cuanto hay que adaptarse a la realidad de las situaciones.

d. Tipos de Canales en su Construcción

Esta especificación se refiere a la forma del canal, siendo preferible los que tienen forma de plato para la conducción del agua, formando los bordos únicamente en casos excepcionales. El criterio que debe primar en la conducción es el ancho del "Plato" o "Batea" con alturas normales de 0,50 metros en la parte más profunda.

No se descarta otros tipos de secciones, como la trapezoidal, pero con una relación de equivalencias en los lados (talud) superiores a 3:1, considerando que los canales no deben ser obstáculos para el tránsito de maquinarias e implementos.

Para la construcción se puede utilizar arado de disco, pala de arrastre, motoniveladora, topadora, etc.

3. Mantenimiento

Los canales deben revisarse periódicamente, teniendo cuidado con los problemas de sedimentación, erosión y altura de la vegetación. También debe controlarse, sobre todo el primer año, el asentamiento de los bordos que puede provocar la ruptura.

D. Práctica No. 4: Canales de Derivación o Desviación para Inundaciones

Son canales que se construyen en tierras bajas susceptibles de sufrir daños por inundación, interceptando aguas de escurrimiento superiores y desviándolas hacia lugares apropiados.

1. Alcance

Este tipo de canal se aplica en tierras agrícola-ganaderas o forestales que son susceptibles de inundación o anegamiento, producidos por avance extraño de aguas a la propiedad, y por lo general son sembrados de pastos. Se emplean para desviar el agua de escurrimiento que desciende, para impedir que ingrese a un terreno determinado. Por lo general se utilizan como complemento o iniciador de otras prácticas, por lo que su uso es muy variado y se puede adaptar a diversas circunstancias.

2. Planeamiento y Constuccion

Los canales de derivación, ya sea que se realicen solos o como complemento, deben estar integrados a un programa de conservación. No existen limitaciones para su uso, siempre que se justifique su realización.

Las normas de dimensionamiento y construcción son iguales como para los canales de derivación, Práctica No. 3.

## E. Práctica No. 5: Cultivo de Franja en Curvas de Nivel

Es implantar cultivos en disposición sistemática de franjas o fajas en curvas de nivel para reducir la erosión hídrica.

### 1. Alcance

Consiste en alternar franjas de dos cultivos de distinta época de siembra para mantener cubierta la mayor superficie de suelo durante el mayor tiempo posible. Esta practica tiene el propósito de ayudar al control de la erosión hídrica y aumentar el aprovechamiento del agua de lluvia. La efectividad de la práctica depende de las medidas comunes o básicas que se le aplican simultáneamente.

Se aplica en terrenos cuyas pendientes no superen el 2 por ciento y sean uniformes. Es condición primordial que el predio en que se realicen las franjas no reciba agua de otros campos vecinos.

### 2. Criterio de Planeamiento

Se requiere un estudio de situación que incluya: ubicación del área, relevamiento planimétrico general, mapa de clasificación de suelos y mapa de capacidad de uso.

### 3. Normas de Realización

El ancho de las franjas dependerá del cultivo y de la maquinaria a utilizar. Para el poroto el ancho máximo será de 150 metros y para el maíz, sorgo, soya, hasta de 200 metros.

Para su trazado debe marcarse una línea guía en la parte superior, para luego trazar las franjas paralelas, hasta que la línea de cultivo no se aparte demasiado de la posición de nivel como por ejemplo cuando se observe cambios en la pendiente o el relieve del terreno, en cuyo caso se trazará una nueva línea guía y así sucesivamente.

En el distrito de Yacuiba se recomienda la siguiente alternativa de cultivos en franjas.

- 1 - Maíz, sorgo, soya, siembra a fines de noviembre-diciembre.
- 2 - Poroto, siembra en febrero.

Cuando se empieza a preparar el suelo en la franja designada a maíz o sorgo, la franja destinada al poroto sirve de protección al estar sin labranza y con malezas. Esta protección dura hasta el aporque del maíz, fecha a partir de la cual comienza el laboreo del suelo de la franja para el poroto. De allí hasta el aporque del poroto son las bandas de maíz las que sirven de protección.

Los requerimientos para la implementación consisten en el equipo de nivelación, personal técnico y el uso de un tractor con arado para marcar la línea guía.

#### 4. Mantenimiento

Las líneas guías deben ser permanentes, o sea que no deben ser borradas por las labores agrícolas que traen como consecuencia el crecimiento de pasto. La proliferación de malezas de hoja ancha se evita por medio del uso de herbicidas selectiva o mecánicamente, favoreciendo, por el contrario, el desarrollo de gramíneas.

#### F. Práctica No. 6: Terraplén

Es una estructura sólida, que intercepta en importantes vías o cauces de agua, reteniéndola parcial o totalmente y desaguándola hacia desagües naturales o artificiales, estables y permanentes.

##### 1. Alcance

Se aplica en áreas con cursos de agua donde sea necesaria la derivación controlada. Tiene el propósito de controlar los caudales de las vías de agua, disminuir su velocidad y poder de erosión y facilitar su evacuación en forma ordenada y controlada.

##### 2. Condiciones

La efectividad de esta práctica está circunscrita al control y manejo de torrentes, tratándose de obras de sólida construcción y de longitud variable. Estas frenan las aguas y las derivan con otras obras complementarias como terrazas, canales, etc.

##### 3. Criterios de Planeamiento

- Presencia de importantes vías o cauces de agua.
- El volumen del agua transportada.
- La cantidad de terrazas, canales o bordos, etc., que vuelcan sus excedentes a desagües o colectores importantes, los que serán interrumpidos.
- La distancia entre canales, terrazas, etc.

Estas obras son siempre útiles ante la presencia de cauces o vías de aguas importantes que transportan grandes volúmenes de agua, más aún con gran pendientes. Estos volúmenes están sujetos por el terraplén con embalse parcial o total y desagüe inmediato, por medio de obras estructurales reforzadas.

Para su construcción son importantes los siguientes aspectos:

- Deben atravesar íntegramente las vías de agua que se interceptan, asegurando el desagüe por uno o dos puntos predeterminados.
- La altura de la cresta del terraplén debe ser superior, por lo menos 1,5 metros al nivel del punto de desagüe.
- Cuando el desagüe es por los dos extremos, la cresta del terra-

plén debe tener cota uniforme.

- Cuando el desagüe es por un sólo extremo, deben tomarse los cuidados necesarios para evitar una fuga no prevista por el otro extremo.

- La longitud del terraplén es superior al ancho del cauce o vía de agua interceptada.

- La forma del terraplén puede ser trapezoidal o de forma convexa etc.

- Generalmente son obras de tierra compactada.

- Su disposición en el terreno dentro de la vía o cauce de agua es perpendicular a éstas.

- Estas obras deben estar cubiertas de pasto para consolidar la estructura y disminuir los riesgos por oleaje.

- Se construyen con pala de arrastre, niveladora (moto o de arrastre) o topadora.

#### 4. Mantenimiento

Son obras de larga vida útil, donde la observación de probables daños indicará las medidas a tomar.

### G. Práctica No. 7: Bordos para Facilitar la Conducción de Agua en Cortinas de Monte

Son bordos de altura variable en forma de plato o batea hacia el lado interno de las cortinas, estando paralelos a la misma. Se trata de bordos que se construyen a ambos lados de las cortinas y se usarán para conducir agua o bien si éstas están en pendiente, facilitar y guiar su conducción.

#### 1. Alcance

Se aplica en toda situación en la que se decida, según características del terreno, darle uso de desagüe a la cortina. Su propósito es aprovechar espacios que tienen las cortinas, dándoles además de su función específica (control de vientos y/o agua), un uso de conducción de excedentes, de manera tal de no reducir las áreas productivas. Esta práctica, se realiza sola o como complemento. Debe estar integrada en un programa de conservación. No existen limitantes para su uso, siempre que se justifique su realización.

#### 2. Criterio de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo

Debe calcularse la escorrentía crítica a fin de poder dimensionar el tamaño de los bordos, su batea y sus trabas (en ángulo de aproximadamente 45 grados a la línea de la cortina). Conocido el caudal, el procedimiento de construcción es simple:

- Se dimensionan los bordos a ambos lados de las cortinas, sacando más tierra desde el lado de la cortina.

- La sección de conducción debe ser similar a un plato.

- Según la pendiente, cada tantos metros se traba la batea para obliqar al agua a circular por dentro de la cortina, que por la vegetación existente actúa como disipadora de energía, dándole menor velocidad al agua circundante.

- Este tipo de estructura, siempre debe estar cubierto de pasto.

Este trabajo se realiza con arado, pala de arrastre, niveladora, topadora, etc.

### 3. Mantenimiento

La observación permanente, indicará la existencia o no de alguna anomalía, la que debe ser corregida, como por ejemplo:

- Tramos de excesiva velocidad.
- Erosión en el lecho y/o talud.
- Pérdida de la cubierta de pasto, etc.

## H. Práctica No. 8: Desagües en Cortinas de Monte

La legislación vigente en otros países, por ejemplo la República Argentina en la provincia de Salta, impone el uso obligatorio de cortinas. La apertura de la misma en su parte central, con pendientes positivas, servirá en su construcción correcta en un desagüe.

### 1. Alcance

Se aplica en todos aquellos casos en los que es necesario conducir excedentes de agua y existan cortinas con pendientes positivas. Tienen el fin de aprovechar espacios que tienen las cortinas, dándoles además de su función específica (control de vientos y/o aguas) un uso de conducción de excedentes de agua, de manera tal, de no reducir las áreas productivas.

### 2. Criterios de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo

Debe calcularse la escorrentía crítica a efectos de dimensionar la sección de desagüe en el centro de la cortina. Aplicar la fórmula Ramser:  $Q = C * I * A$

-----  
360

Conocido el caudal el procedimiento de construcción es simple:

- Volteo de monte central.
- La sección es variable según el caudal.

- Se acordonará hacia ambos lados de la cortina.
- El topado, es el arrastre de suelo hacia ambos lados.

Este trabajo se realiza con topadora. Otra variante sería volteo y acordonado con topadora, deshierbado, destronado y desraizado a mano. La sección se la termina con arados o niveladora de arrastre o motoniveladora, palas de arrastre, etc.

### 3. Mantenimiento

La observación permanente, indicará la existencia o no de alguna anomalía, la que debe ser corregida, como por ejemplo:

- Tramos de excesiva velocidad
- Erosión en el lecho y/o talud
- Pérdida de la cubierta de pasto

## I. Práctica No. 9: Bordos de Defensa

Como su nombre lo indica son bordos o lomas de tierra generalmente ubicados en las divisorias de alambres, con pendientes hacia uno o ambos lados (pendientes opuestas).

### 1. Alcance

Se aplica preferentemente en situaciones donde las pendientes hacia uno o ambos lados son constantes, naturales y no controladas. En el caso de ser pendientes opuestas será necesario construir un desague con pendiente natural o controlada en el punto más bajo para eliminar los excedentes de agua. El fin perseguido por este tipo de bordos es lograr una protección total de un campo por ingreso de excedentes de aguas vecinas tanto en cabeceras como en laterales.

La efectividad de esta práctica sola o como complemento debe estar integrada en un programa de conservación. No existen limitantes para su uso siempre que se justifique su realización.

### 2. Criterios de Planeamiento, Dimensionamiento y Cálculo

Se trata de una práctica sencilla, que no requiere mayores cálculos, salvo el criterio común de disminuir volúmenes mayores o menores para dimensionar el bordo. La precaución más importante en este tipo de bordos es que esté lo suficientemente alejado de la línea de alambre como para evitar cualquier eventual represamiento que anegue los campos vecinos.

Según la dimensión del bordo, por las características del terreno se puede construir con: zanjadora, arado, pala frontal, niveladora de arrastre, motoniveladora, pala de arrastre, topadora, etc.

### 3. Mantenimiento

La observación permanente y en especial en períodos lluviosos indicará la necesidad o no de modificaciones o perfeccionamiento.

CAPITULO IV

CONSERVACION DE SUELOS EN LADERAS

Disertante: Ing. Frederick C. Tracy (USA)

Conservación de suelos es definida como la aplicación de prácticas en el uso y manejo del suelo con el fin de obtener buenos resultados tanto en cantidad como en calidad de las cosechas, sin destruir la fertilidad y productividad de los suelos.

A. Concepto de Capacidad de Uso de Suelos

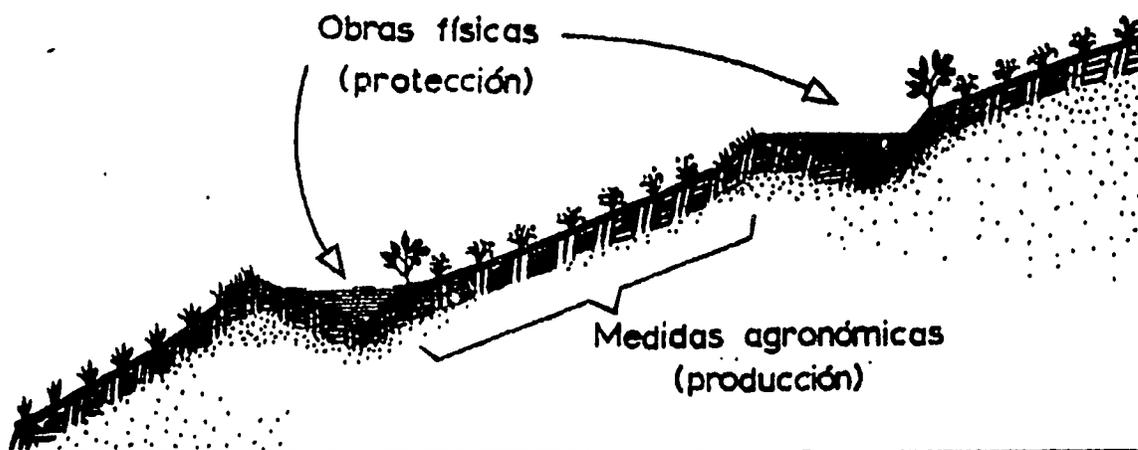
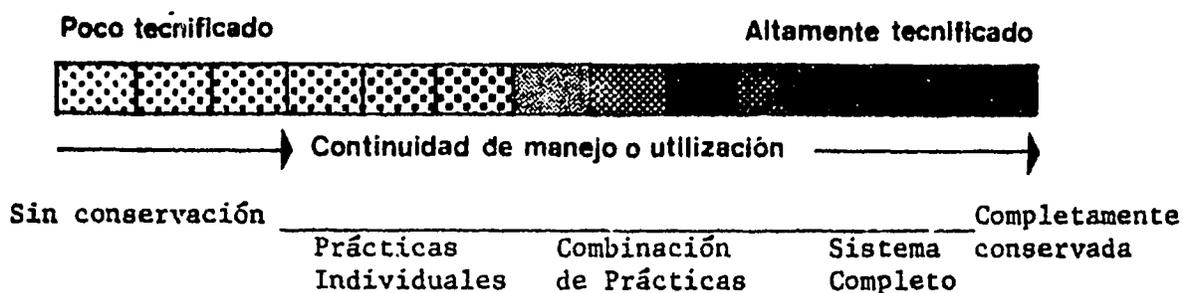
El sistema de Clasificación de la aptitud de un terreno requiere que cada hectárea de tierra sea usada en consonancia con su capacidad y limitaciones. La tierra se clasifica según el uso sostenido más conveniente, dándole una adecuada protección de la erosión y de otros medios de deterioro.

En el Sistema del Proyecto de Manejo de Recursos Naturales (Río Choleteca, Honduras) se utilizan dos factores básicos para determinar el uso mayor de la tierra: pendiente y profundidad del suelo. El siguiente esquema presenta las normas generales aplicadas.

PROFUNDIDAD	PENDIENTE			
	< 12%	12-50%	50 - 60%	> 60%
> 50 cm	Cultivos Medidas Agronómicas	Cultivos Obras Físicas Medidas Agronómicas	Cultivo Permanente	Forestal
< 50 cm	Cultivos Obras Físicas Medidas Agronómicas	Pastizal	Pastizal	Forestal

## B. Conservación de Suelos Como Sistema

El sistema de Conservación de Suelos combina las prácticas físicas para proteger la capacidad productiva de la parcela con medidas agronómicas para aumentar la producción y hacer rentables los trabajos de protección.



## C. Prácticas de Conservación de Suelos

Se distingue dos tipos de prácticas en conservación de suelos: las obras físicas y las medidas agronómicas.

Dentro de las obras físicas, se incluye:

- Barreras Vivas
- Trabajos de Ladera
- Camellones (Bancales)
- Canales y Desagues
- Barreras de Piedra
- Terrazas
- Represas (Muros)
- Cajas Dispersadoras

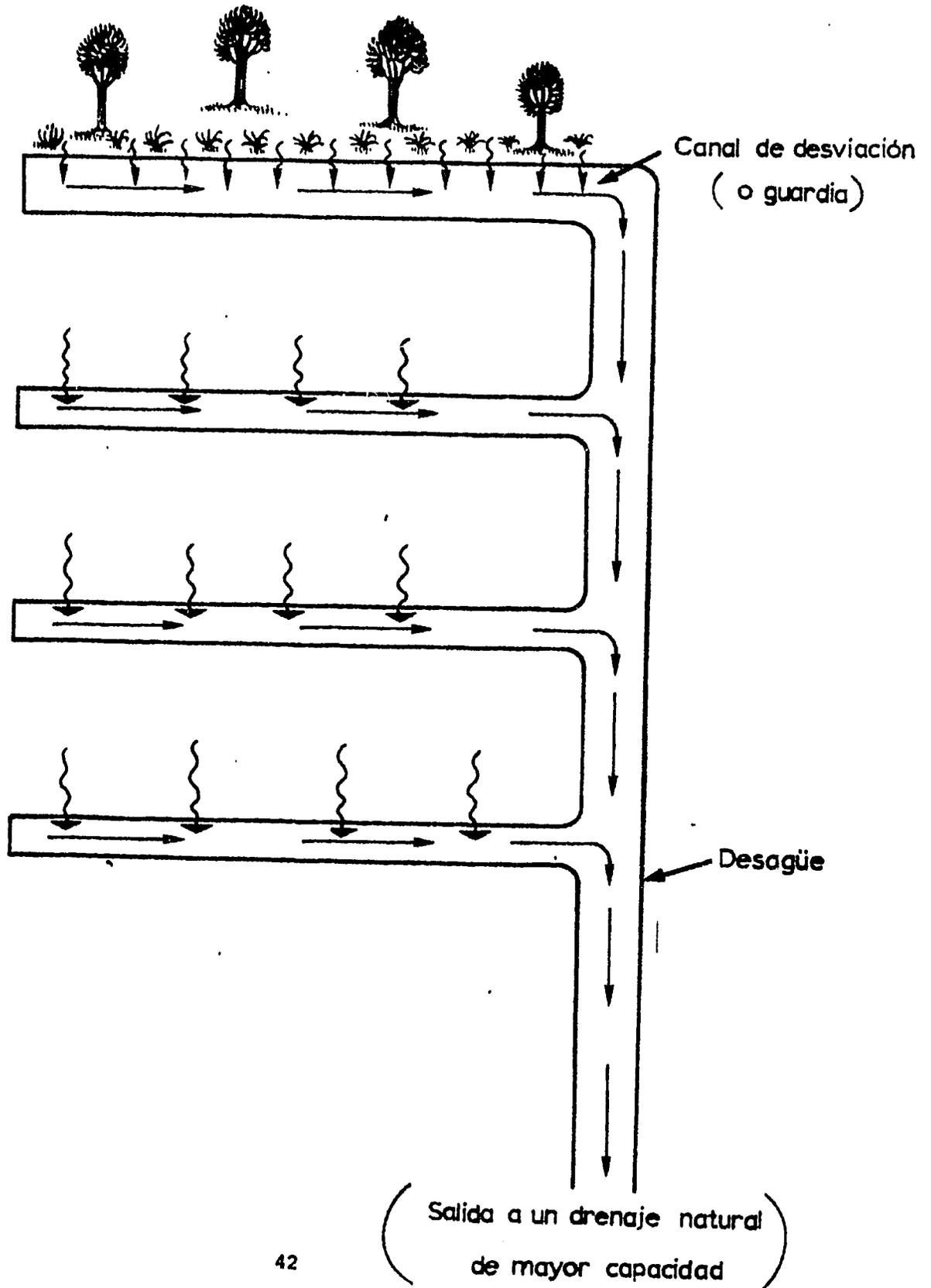
Las medidas agronómicas comprenden:

- Siembra en Contorno
- Labranza Conservacionista
- Manejo de Cobertura (Distanciamiento y Densidad)

- Abono Verde, Abono Orgánico y Residuos
- Siembras en Fajas y Rotación

D. Sistema Generalizado de Obras Físicas

Un sistema generalizado de obras físicas puede ilustrarse de la siguiente manera:

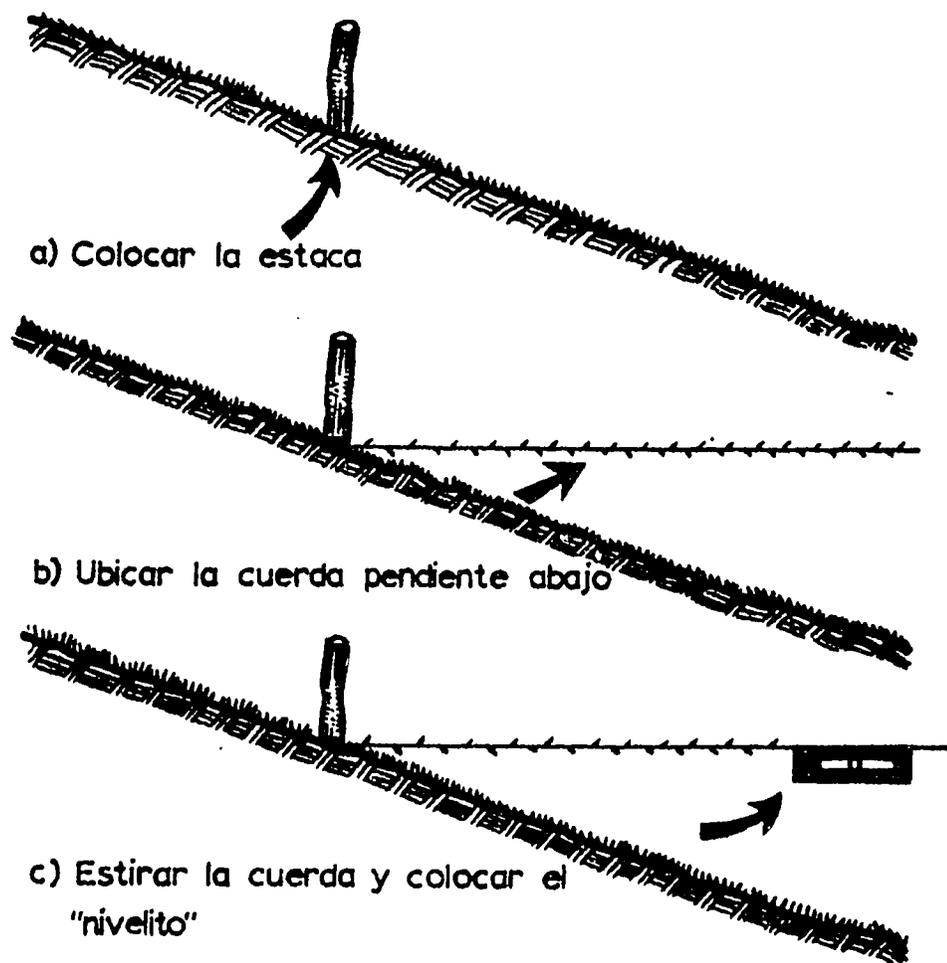


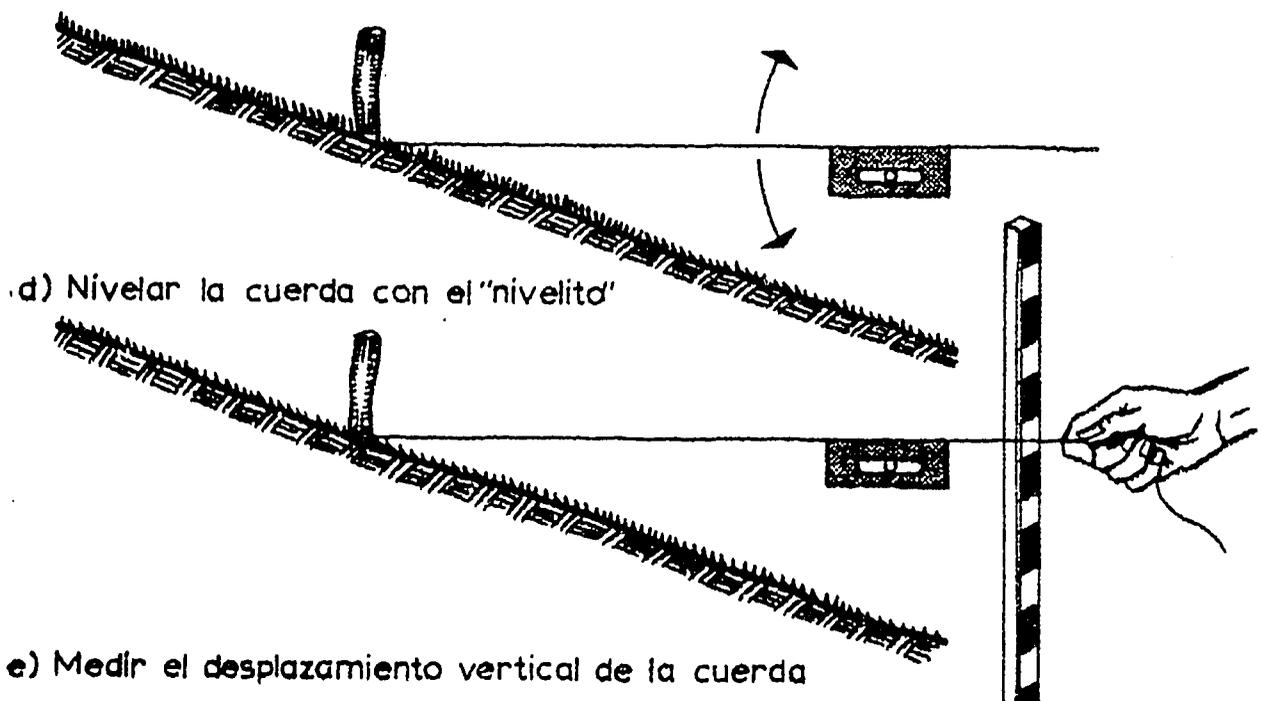
**B. Sistema de Conservación de Suelos, Práctica en Ladera, Honduras**

Las prácticas en ladera se están llevando a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Reconocimiento de Campo
  - Pendiente
  - Pedregosidad
  - Profundidad y Clase de Suelo
  - Sistema de Cultivo
  - Tamaño de Parcela
  - Características de la Lluvia
- 2) División de la parcela según unidades de ladera
- 3) Selección de la obra de Conservación de Suelos
- 4) Trazo de Líneas Guía (madre)
- 5) Trazos de Curvas de Nivel
- 6) Construcción del Sistema

La siguiente figura indica como determinar el desnivel de la parcela.

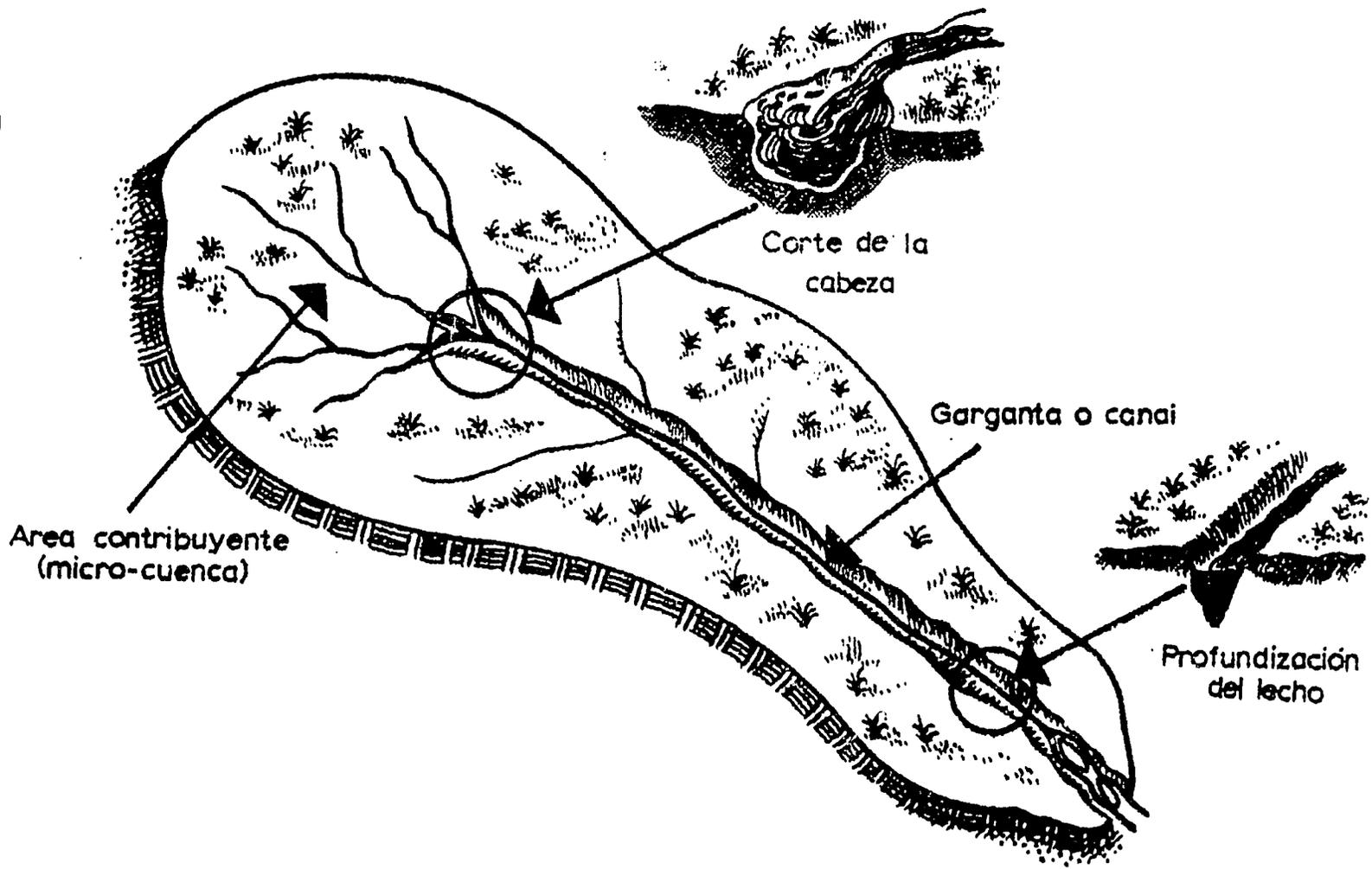




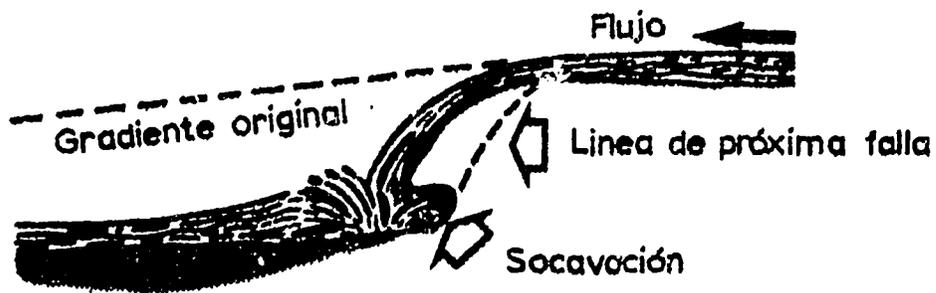
Usando una cuerda de 100 unidades (100 cm o 100 pulgadas) y midiendo el desplazamiento vertical en las mismas unidades se obtiene el desnivel o pendiente directamente en porcentaje. Ver el Anexo A para indicaciones sobre los procedimientos para la construcción de un aparato rústico para nivelación.

#### F. Formación y Desarrollo de la Cárcava

La cárcava en sí, es un arroyo o cauce con fuertes taludes, sujeto a fuertes flujos esporádicos o intermitentes. Se forma por la acumulación de escorrentía, provocando desmoronamiento y arrastre de grandes cantidades de sedimento.

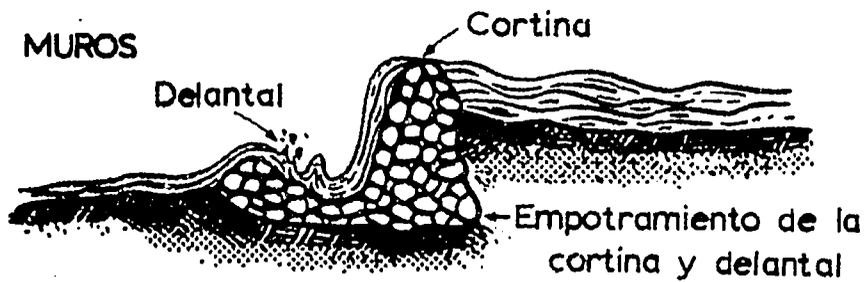


PROGRESION DEL CORTE DE LA CABEZA

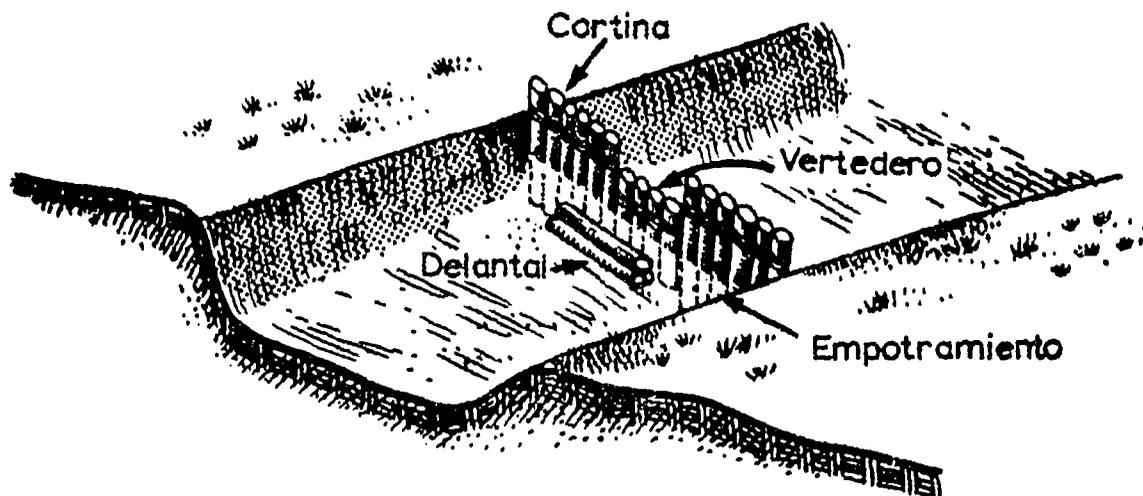


## CONSTRUCCION DE MUROS O DIQUES

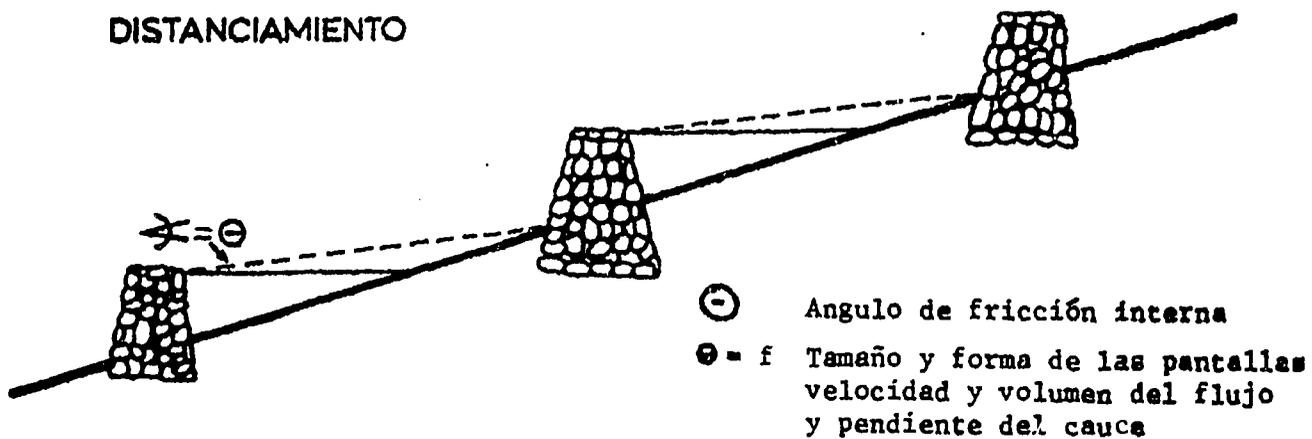
- Puntos críticos
- Intervalos uniformes



## DIQUES



## DISTANCIAMIENTO



Materiales gruesos (piedra/grava)	4.0%
Limo - gruesos (arena/grava)	1.5%
Finos (arcilla/arena)	1.0%
Grava	3.0%

G. Control de la Cárcava

El objetivo es de establecer un nuevo equilibrio en el canal a través de una vegetación efectiva y estable. Una vegetación efectiva significa el establecimiento de:

- \* Alta densidad de plantas,
- \* plantas de baja altura, y
- \* sistema radicular denso y profundo.

Sin embargo, generalmente es imposible establecer una vegetación efectiva directamente en la cárcava debido a su inestabilidad. Entonces, es necesario modificar las condiciones del canal. Estas condiciones pueden modificarse de dos maneras explicadas a continuación.

- 1) Protección del área contribuyente, a través de:
  - Manejo de cobertura, o sea siembra de pastos: reforestación: o cambio de cultivo.
  - Construcción de obras físicas de conservación de suelos.
  - Construcción de un canal de desviación.
- 2) Establecimiento de vegetación en el canal, o sea la suavización de taludes y la siembra de pastos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

La finalidad principal del Primer Curso de Conservación de Suelos fue la de otorgar una concientización a un grupo de profesionales sobre los principios teóricos y prácticos. Las conclusiones más importantes del Primer Curso Nacional de Conservación de Suelos se pueden resumir y asociar con nuestro medio de la siguiente manera:

1. Existe desconocimiento sobre el manejo de cuencas y el control de la erosión hídrica y eólica, los cuales a su vez provocan la destrucción del recurso suelo en forma acelerada.
2. La causa principal de la erosión hídrica la constituyen las fuertes escorrentías que durante la estación lluviosa se presentan con frecuencia en zonas tropicales y subtropicales del país.
3. El origen principal de la erosión eólica puede considerarse bajo dos aspectos:
  - a. Durante la época seca los vientos continentales fríos del sud alcanzan velocidades de 20-30 kilómetros/hora. En su recorrido se encuentran por lo general con obstáculos mayores (Cordillera de los Andes) estableciendo un fenómeno de convergencia de las corrientes de aire hacia los valles (Sinclinales) constituyendo verdaderos corredores y que finalmente dirigen las corrientes de aire en forma violenta a los Llanos y el Altiplano.
  - b. Los suelos más afectados son aquellos constituidos principalmente por partículas finas originadas de arena y limo, que permanecen sin ninguna protección vegetal en especial cuando el suelo es arado y removido.
4. La población boliviana en expansión, está ejerciendo en efecto una erosión cada vez mayor sobre su medio de vida. Explota con más intensidad que anteriormente los recursos de los que extrae sus medios para subsistir. Esto es particularmente cierto en el caso de la explotación del suelo. Esta situación está provocando erosiones serias en ciertas regiones del país--Yungas, La Paz, Yungas del Chapare, Llanos Orientales, Valles del Gran Chaco, Valles Tarijeños.
5. La degradación de los suelos es el resultado de dos procesos: natural y a consecuencia de acciones del hombre. El primer caso es el resultado de la ruptura del equilibrio bioclimático en función del tiempo y del espacio, más conocida como erosión geológica o natural. El segundo caso de desequilibrio provocado por el hombre es consecuencia del empleo de métodos de uso de la tierra con prácticas de explotación agrícola, forestal o ganadera funestas y poco apropiadas.

6. La conservación de suelos tiene por principio fundamental la aplicación de prácticas que protegen el suelo, manteniendo e incluso aumentando su productividad.

7. En el Primer Curso Nacional de Conservación de Suelos se ha demostrado que el hombre dispone en la actualidad de toda una serie de medios biológicos para el mejor uso de la vegetación, así como de medios mecánicos que se apoyan simultáneamente en el cuidado del terreno y el laboreo del suelo.

8. Las bases de las técnicas de conservación de suelos por el control del agua están sugeridas por los mecanismos de formación y los efectos de la escorrentía. En consecuencia, se vió que es necesario para disminuir la escorrentía y, por lo tanto, la erosión:

- a. Proporcionar la infiltración del agua.
- b. Acortar la longitud de las pendientes sobre las que corre el agua con objeto de impedir que alcance una velocidad erosiva.
- c. Asegurar la circulación de las aguas controladas hacia las salidas en colectores consolidados y acondicionados.
- d. A través de la sistematización de suelos, realizar el acondicionamiento de los terrenos y la modificación de la topografía. La vegetación, especialmente dispuesta, también es utilizada para controlar el agua.

## B. Recomendaciones

Una gran extensión de las cuencas en Bolivia sufren los efectos de la erosión hídrica y eólica, los que van destruyendo el recurso suelo en forma acelerada, sin que se hayan tomado medidas para su control. Por ello surge la necesidad de recomendar las siguientes evidencias:

1. La vegetación y los cultivos deberán ser manejados en forma que el suelo sea protegido eficazmente contra el ataque hídrico y eólico, permitiéndolos mantener su potencial de producción.
2. Es necesario emprender programas para evaluar el grado e intensidad de la degradación de los suelos.
3. Se recomienda la habilitación de medios de evaluar los peligros de degradación de los suelos y el establecimiento de sistemas para la vigilancia del grado de cambio de los diferentes tipos de degradación de los suelos.
4. Se propone un programa de acción para la conservación de suelos que proporcionaría:
  - a. Vialidad de las prácticas de control para una determinada serie de condiciones.

b. Incentivos y mecanismos en el plano nacional para la realización de los programas de acción en materia de conservación de suelos.

5. Se juzga indispensable establecer normas y métodos lógicos uniformes para el análisis de datos, la comunicación e interpretación de los mismos con el propósito de preparar un mapa nacional de peligros de degradación de suelos. Las zonas identificadas como gravemente afectadas o en peligro, y que coincidan con suelos considerados de importancia agrícola, serán los que merezcan máxima prioridad para la ejecución de los programas de conservación de suelos.

6. Es urgente llevar a cabo el desarrollo de proyectos regionales que propendan a la conservación y rehabilitación de suelos.

7. Se recomienda la creación de Comités Regionales formados por técnicos en recursos naturales, de los representantes de la industria privada y organizaciones de agricultores para encarar el problema de la erosión de los suelos y buscarle solución.

8. El objetivo de estos Comités Regionales sería determinar, a través de estudios detallados, las medidas más adecuadas para la lucha contra la erosión del suelo, encarándose el problema en forma de proyecto piloto (similar al de Yacuiha) a fin de que la experiencia obtenida pueda aplicarse a otras áreas con problemas similares.

9. Se recomienda la formación de Líderes-Extensionistas en manejo y conservación de suelos a nivel nacional. Estos tendrían la tarea de concientizar al campesino agricultor y a la comunidad en general sobre conservación de suelos.

10. Para la formación de Líderes-Extensionistas será preciso reunir a jóvenes profesionales egresados de universidad o institutos agropecuarios y otorgarles una formación académica especializada sobre manejo y conservación de suelos.

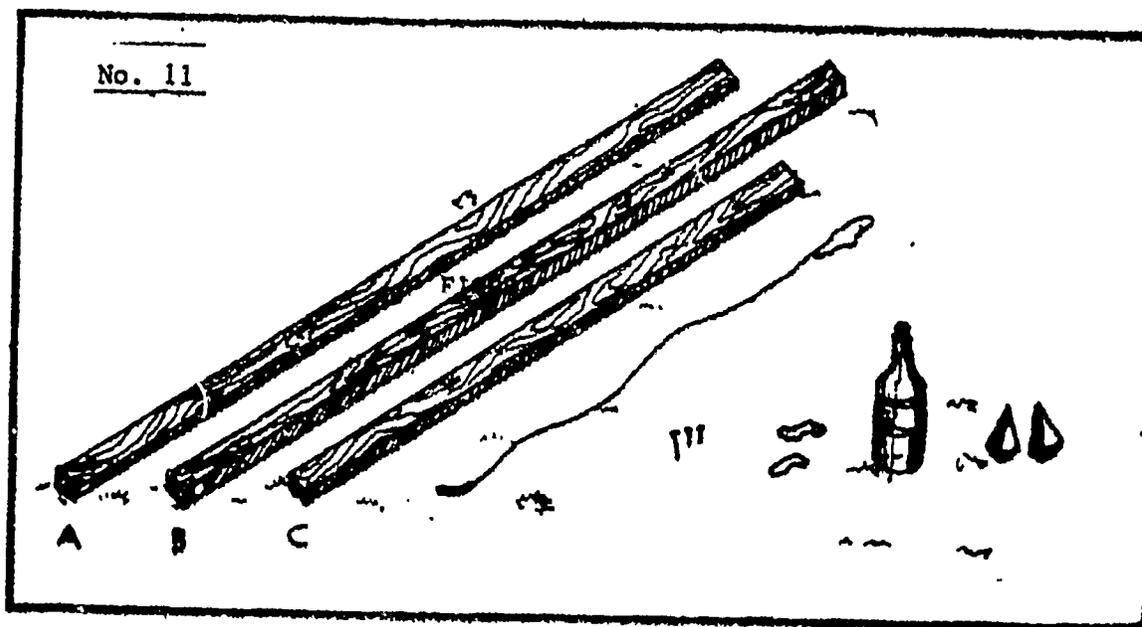
CONSTRUCCION DE UNOS APARATOS RUSTICOS PARA NIVELACION

Disertante: Ing. Frederick C. Tracy (USA)

El Clinómetro Rústico y el Compás Rústico

A. Equipo Necesario para Construir un Compás para Nivel Rústico

1. Dos reglas de dos metros de largo, tres pulgadas de ancho por grueso de tabla, marcadas en su extremo inferior con las letras "A" y "B" respectivamente.
2. Una regla de 1.5 metros de largo por 3 pulgadas de ancho y grueso de tabla, marcada con la letra "C".



3. Una pita de 1.5 metros de largo preferiblemente si es cáñamo adecuado para que cuelgue la plomada. Debe llevar una lazada en un extremo.
4. Dos clavos de dos pulgadas y uno de 2 1/2 pulgadas.
5. Dos hules amarrados en sus extremos del tamaño necesario para asegurar un nivel de carpintero en la regla "C". Puede amarrarse con pitas si no se cuenta con hules.

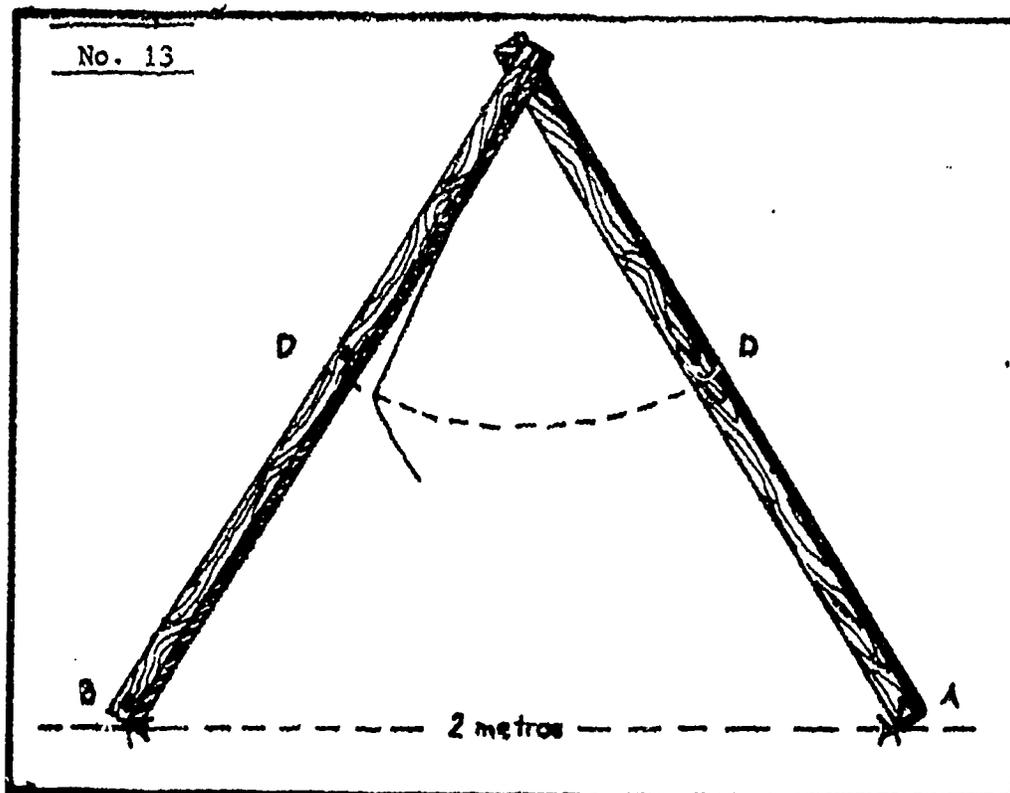
6. Una botella de vino que esté vacía con su respectivo tapón de rosca. Al tapón se le debe abrir un orificio en el mismo centro, usando un clavo.
7. Dos troncos de unas 6 pulgadas de largo por 1.5 a 2 pulgadas de diámetro.

B. Cómo Armar el Aparato Rústico para Nivelación

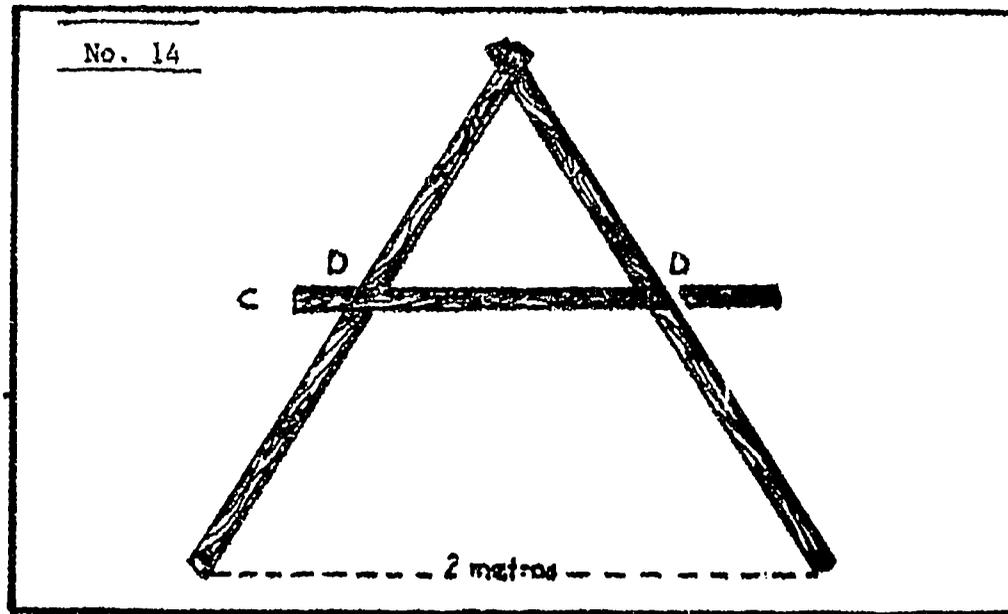
1. Ponga la regla "B" sobre la regla "A" y ajuste los dos extremos A y B para que queden parejos.



2. Sostenga bien las reglas para que no se muevan y coloque un trozo o una piedra debajo de los extremos que no llevan letras y clave sin introducir o meter todo el clavo porque la cabeza servirá para colgar la pita de la plomada. Doble la punta del clavo que atravesó las reglas. (Ver figura o ilustración No. 12).
3. Separe los extremos A y B de las reglas hasta darles dos metros de abertura, medidos de sus esquinas internas o sea las de adentro.



4. Con la lazada de la pita abrazando la cabeza del clavo, estire la pita hasta la mitad del largo de una de las reglas (puede ser un poco menos de la mitad) y marque en esta regla y en la otra, esta misma longitud. La marca debe quedar en el borde externo (o filo de afuera) de cada regla y también les pondremos la letra "D" a cada una de las marcas. (Ver ilustración No. 13).
5. Coloque la regla "C" sobre las reglas "A" y "B" haciendo que quede el filo de arriba de la regla con las marcas "D".



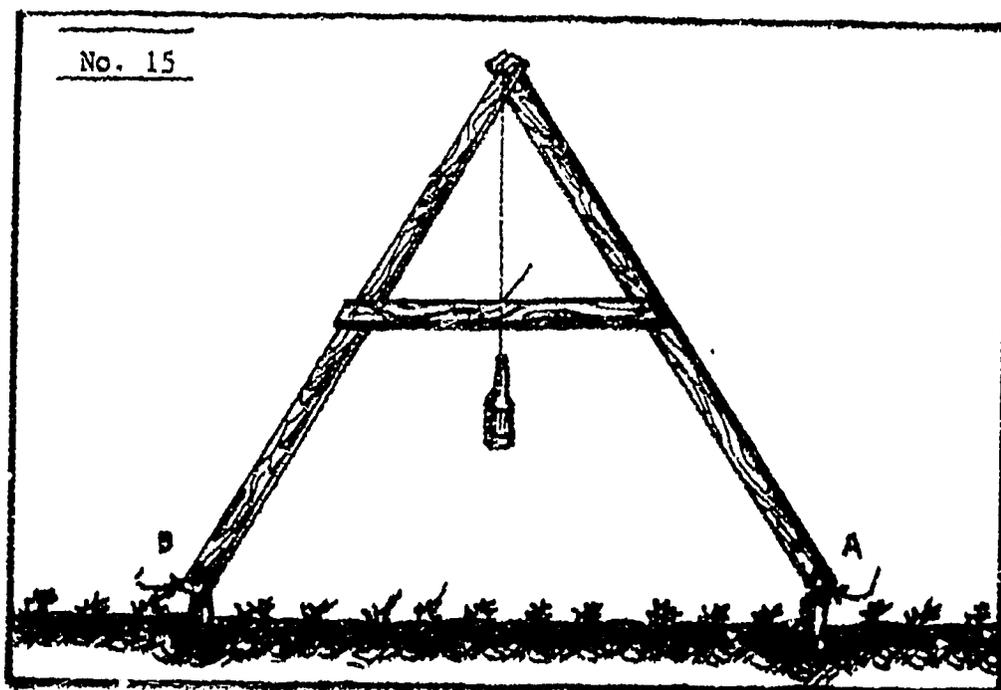
6. Clave los dos extremos de la regla "C" en las marcas que ya puso en las reglas "A" y "B". Antes de clavar el segundo extremo tenga cuidado de ajustar los dos metros de abertura que hay que darle al aparato. Para clavar, use siempre el trozo debajo de las reglas, nunca clave las reglas al aire y luego doble las puntas de los clavos. Córtete las puntas que hayan sobrado a la regla "C". (Ver figura o ilustración No. 14).
7. Prepare la plomada de la siguiente manera:
  - a) Saque el corcho o cartón que tiene todo tapón de botella y despéguele un pliego delgado para que primero lo doble por la mitad y luego esa mitad en otra mitad, estando ya doblado en cuatro córtete un pedacito muy pequeño a la punta que se formó para hacerle un hoyito en el centro.
  - b) Extienda nuevamente el papelito y colóquelo de nuevo dentro del tapón y con un clavo haga un hoyito en el tapón, exactamente en el centro que marcó en el papelito.
  - c) Meta la punta de la pita dentro del hoyito que hizo en el tapón y mida el largo necesario para que le sirva de plo-

mada y hágale aquí un nudo doble para que no se safe el tapón.

- d) Llene la botella con agua o tierra y póngale su respectivo tapón (o sea el tapón que ya tiene la pita para la plomada).

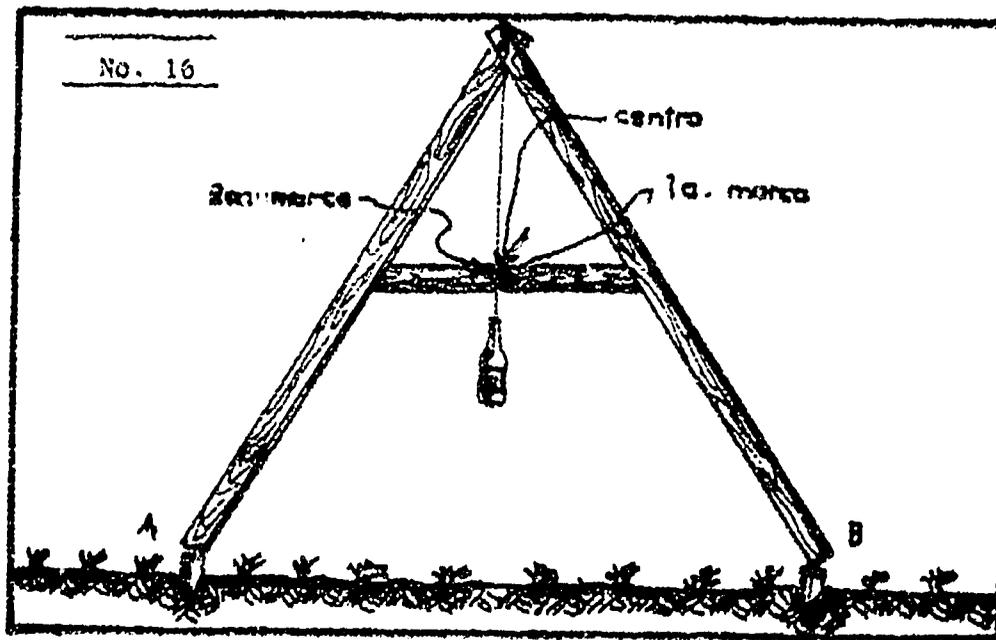
C. Cómo Encontrar el Verdadero Centro para Plomada

1. Siembre las dos trompos a dos metros de distancia de centro a centro de cada uno. Si los siembra en ladera calcule que la línea que los une esté más o menos a nivel y que los trompos no queden flojos.



2. Coloque verticalmente el aparato con el punto de apoyo del pie de la regla "A" sobre el centro de la cabeza de uno de los trompos y el otro pie sobre el otro trompo. Marque con crayón o con lápiz el lugar exacto donde esté apoyado cada uno de los pies del aparato. (Ver ilustración No. 15).
3. Cuelgue la plomada de la cabeza del clavo que se ha dejado en el aparato y observe cuidadosamente donde corta el hilo de la plomada a la regla "C" y marque ahí con lápiz. (Ver ilustración No. 15).
4. Dale vuelta al aparato poniendo un pie donde estuvo el otro sobre los trompos y observe nuevamente donde corta el hilo de la plomada a la regla "C" y marque con lápiz.

5. El centro entre las dos marcas será el verdadero centro para nivelación.



D. Desengáñese de la Exactitud del Aparato

1. Coloque el aparato verticalmente sobre los dos trompos pero sin que roce la pita con la regla "C".
2. Observe cuál de las dos estacas está más alta para sumirla poco a poco hasta que quede al mismo nivel de la otra estaca.
3. Cambie la posición del aparato poniendo cada pie en el lugar que estuvo el otro y si hilo de la plomada, debe marcar el centro otra vez. De lo contrario corríjalo hasta encontrar el verdadero centro.

E. Aproveche el Material que Usted Tenga

1. El tamaño de las reglas no tiene importancia, todo depende del material que usted tenga, puede ser madera rolliza, puede ser tamaño juguete, pueden usarse reglas torcidas.
2. Lo que sí debe hacerse de acuerdo a las instrucciones es: "Saber Encontrar el Verdadero Centro para Plomada".

## ANEXO B

### PRACTICAS REALIZADAS EN YACUIBA

Disertante: Inq. Juan Arandía - Bolivia

Durante la realización del Primer Curso Nacional de Conservación de Suelos, se llevaron a cabo las correspondientes prácticas, las mismas que estuvieron programadas como una característica propia del curso: es decir, mayor dedicación práctica en un 80 por ciento frente a las bases teóricas 20 por ciento.

Es así que, como un primer paso todos los asistentes al curso fueron divididos en cuatro grupos de cinco personas con el propósito de hacer mucho más viable la práctica en sí. Todos los grupos después de recibir las clases teóricas, se constituyeron en la Propiedad Agrícola del señor Jorge Palacios, cuya superficie es de 40 hectáreas. Constituidos los grupos reunieron información sobre las diferentes partes de que consta un terreno.

#### A. Suelos

- Nombre de la clase, el tipo y la serie
- Extensión superficial
- Profundidad y espesor
- Constituyentes físicos (arena, limo, arcilla)
- Constituyentes químicos
- Constituyentes biológicos
- Materia orgánica
- Agua
- Aire
- Capas en horizonte
- Substrato o roca madre

#### B. Relieve

- Partes planas
- Lomas, cumbres, mesetas
- Valles o llanuras
- Depresiones (zanjones o cárcavas y barrancos)

#### C. Cubierta Vegetal

- Clases de raíces, superficiales, moderadas y profundas
- Cultivos agotadores del suelo
- Cultivos protectores que conservan el suelo

#### D. Extensión Superficial

#### E. Caminos

#### F. Linderos y Colindantes

G. Manantiales

H. Medio ambiente

- Horas de radiación solar
- Intensidad de luz
- Temperatura
- Vientos
- Lluvias
- Construcciones

Primera Práctica de Campo

La propiedad objeto de la respectiva práctica de campo fue dividida en cuatro áreas, destinadas a los cuatro grupos cuyo único tema fue: Sistematización de Campo; procediendo por el:

- Reconocimiento del área
- Reconocimiento del terreno y acopio de información
- Delimitación y confección del croquis de campo
- Sistematización del área
- Presentación escrita y defensa de trabajos prácticos por grupos

Hechas las respectivas presentaciones los instructores del curso cumplieron el rol de oponentes, calificadores y orientadores sobre los temas presentados. Cabe mencionar que todos los trabajos tuvieron puntos de coincidencia general y se notó que los temas teóricos habían sido asimilados; sin embargo hubieron también muchas dudas de orden práctico principalmente en el manejo de instrumentos de medición topográfica y construcción de terrazas, las que fueron aclaradas durante la Sistematización de Suelos dirigida por el Ing. Julio E. Luna, donde hubo participación plena tanto de alumnos como instructores (ver Plano de Construcción de Terrazas en Fincas).

Segunda Práctica de Campo

En principio y como metodología de trabajo se procedió de la siguiente manera:

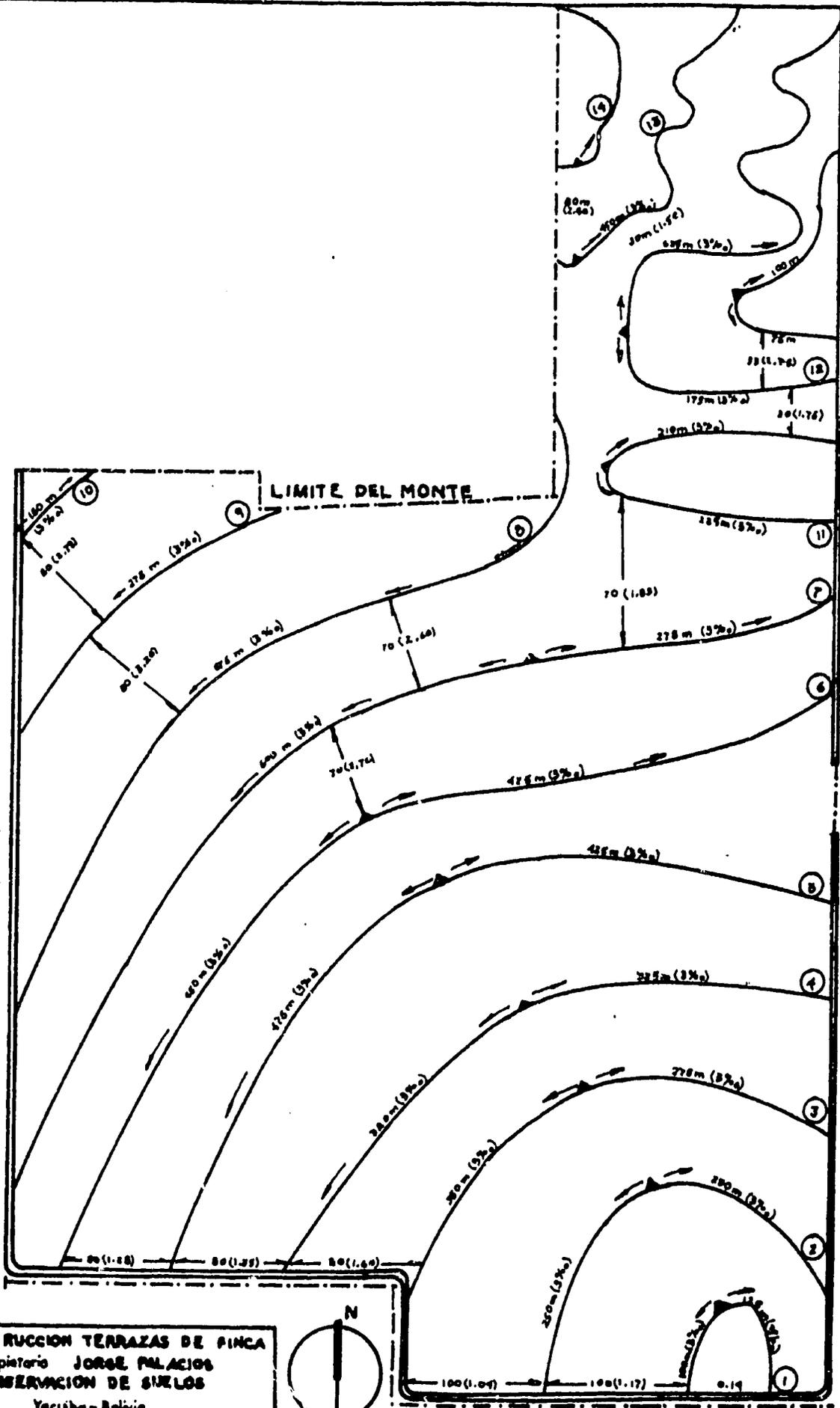
- Reconocimiento de la finca
- Orientación general y topográfica
- Consideración de linderos
- Recubrimiento de cárcavas y zanjas con ayuda de una pala mecánica
- Construcción de terrazas paralelizadas de desague (14 en total) con pendientes de 3 o/oo con el objeto de desviar el agua excedente hacia dos desagues de izquierda y derecha, con 80 - 70 metros de distancia entre terrazas, con la finalidad de ser utilizadas para el control de la erosión hídrica por medio de prácticas comunes. Interceptar el escurrimiento superficial. Facilitar la infiltración de agua para su utilización por los cultivos. Disminución del volumen de escurrimiento. Desalojo de excedentes de agua superficiales, conduciéndolos hacia una descarga estable.

- Marcado y construcción del desagüe de las aguas de escorrentía dentro la propiedad (3 desagües).
- Marcado y construcción de las vías de aguas de monte.
- Construcción de terraplenes pequeños, para interceptar las vías de agua desaguándolas hacia desagües artificiales.
- Preparación del terreno para el cultivo en franjas en curvas de nivel, con la finalidad de implantar cultivos en disposición de franjas o fajas para mantener cubierta la mayor superficie de suelo durante el mayor tiempo posible.

LIMITE DEL MONTE

LIMITE DEL MONTE

CONSTRUCCION TERRAZAS DE FINCA  
Propietario JORGE PALACIOS  
CONSERVACION DE SUELOS  
Yacuba - Bolivia  
OCTUBRE, 1984 ESCALA APPOX (1:4000)



## ANEXO C

### PLANIFICACION PARA EL CONTROL DE LA EROSION

Disertante: Ing. Juan Arandia - Bolivia

El primer paso para el control de la Erosión de los suelos consiste de un estudio de la finca y del clima local, para identificar zonas y situaciones que contribuyan a la erosión:

- Identificar áreas donde los suelos se erosionan fácilmente.
- Averiguar las temporadas críticas en las que se puede esperar lluvias torrenciales o escurrimientos erosivos.
- Fijar las épocas de mayor velocidad del viento, y la dirección predominante del mismo.
- Determinar las etapas en la producción de cada cultivo cuando el suelo no está protegido adecuadamente.
- Localizar las áreas con mayor longitud y pendientes pronunciadas.
- Determinar el mayor uso de cada parcela de terreno de acuerdo al sistema de Clasificación de Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

El Sistema de Clasificación de Capacidad de Uso del USDA considera principalmente los riesgos de erosión. No proporciona un indicador de fertilidad o capacidad productiva. En realidad, algunos cultivos pueden crecer mejor en terrenos de la Clase II o Clase III que en suelos de la Clase I porque el porcentaje más alto de arena proporciona un drenaje superior.

Todas las tierras están clasificadas en dos amplios grupos:

- A) Tierras adecuadas para cultivo.
- B) Tierras adecuadas para vegetación permanente.

Cada uno de estos grupos a su vez está dividido en cuatro clases generales. Las cuatro subdivisiones indican el grado de susceptibilidad que las tierras presentan, según los distintos tipos de utilización.

Las clases I, II y III incluyen todas las tierras que son adecuadas para el cultivo regular y la clase IV, las tierras que se pueden cultivar con riesgos, es decir, de modo limitado.

Las clases V, VI y VII, comprenden las tierras que no son adecuadas para cultivarlas, pero que son aptas para pastizales y bosques. La clase VIII, comprende las tierras que no son adecuadas para cultivos, pastizales ni explotaciones forestales. Algunas extensiones de ellas son adecuadas para fines de esparcimiento.

## 1. Definiciones de las clases de capacidad agrológica

Clase I: Comprende tierras buenas desde cualquier punto de vista. Son suelos altamente productivos, llanos o casi llanos con buen drenaje o desaque.

Poco o nada susceptibles a la erosión se los puede cultivar con seguridad y permanentemente, sin prácticas especiales de conservación de suelos.

Clase II: Está formada por tierras buenas, desde cualquier punto de vista, pero determinadas condiciones físicas hacen que no sean tan buenas como las de la Clase I. La pendiente del terreno puede ser tal como: plano inclinado o ligeramente ondulado. Esto implica que las tierras pueden estar en riesgo de erosión.

Como prácticas de conservación exige: cultivos en franja, curvas de nivel, manejo adecuado del agua mediante terrazas con o sin pendiente y rotación de cultivos.

Clase III: Comprende las tierras moderadamente buenas para cultivos. Son de uso más limitado. Se las puede usar regularmente para el cultivo, pero son necesarios tratamientos especiales, debido a su pendiente que es mayor que en la clase anterior.

Las prácticas necesarias para controlar la erosión y conservar estos suelos, pueden ser: cultivos en franja, en curvas de nivel, rotación, de cultivos, terrazamiento, y cobertura vegetal permanente.

Clase IV: La tierra de esta clase sirve únicamente para cultivos limitados y/o ocasionales. Puede ser más inclinada, degradada, muy susceptible a la erosión, con menor fertilidad, o de mal drenaje. No es tierra para cultivos que requieren limpiezas frecuentes y su mejor uso es para cultivos permanentes, como pastos.

En términos generales estas tierras se pueden cultivar, quizás un año de cada seis, y en los demás, su mejor uso es para pastizales.

Clase V: Estas tierras son casi planas y no están sujetas a erosión. Pero no son apropiadas para cultivos debido al exceso de humedad, al clima o a alguna obstrucción permanente (pedregosas).

No presentan ninguna limitación para dedicarlas como praderas de pastoreo.

Clase VI: Estas tierras no son adecuadas ni aprovechables para ningún cultivo y su uso es algo limitado para pastoreo, debido a características tales como: pendientes excesivas o capa superficial poco profunda.

Clase VII: Estas tierras no sólo son inadecuadas para el cultivo, sino que tienen graves limitaciones para ser utilizadas como pastizales o para aprovechamiento forestal. Se necesitan cuidados extremos para evitar la erosión.

Clase VIII: Estas tierras no son adecuadas para el cultivo ni para pastos o bosques. Comprenden terrenos quebrados, pedregosos y áridos, o pantanos imposibles de desecar.

Dentro de esta clasificación de "capacidad de uso" según el sistema americano, se suele agregar a las clases de suelos letras que significan lo siguiente:

- e = erosión
- w = exceso de agua superficial o sub-superficial
- s = problemas de suelo como: salinidad, alcalinidad, impermeabilidad o drenaje excesivo
- c = clima, limitación por precipitaciones insuficientes (actividad a secano imposible)

También se acompañan seguidamente a estas letras, números que representan el por ciento en que se presentan estas limitaciones.

Esta clasificación de suelos permite al técnico o al productor, dar el uso adecuado a los diferentes suelos de una región o de una finca.

## 2. Ejemplo

Se posee un campo de 1000 hectáreas y el estudio de fotointerpretación y los mapas respectivos indican que existe:

<u>Porcentaje de la tierra</u>	<u>Clase</u>
30	I
25	II e s 60%
15	III w s 40%
30	VI

Esto significa que para proceder al desmonte se debe comenzar con la Clase I, que es la mejor tierra y que no tiene problemas según lo que se ha explicado. De pretender continuar el desmonte se debe seguir con los de la Clase II, pero teniendo presente que allí figuran acotaciones e s 60%, que significan que estos suelos tienen un 60% de problemas de erosión y de suelos (llámese salinidad, impermeabilidad, drenaje excesivo). Este suelo para su habilitación y posterior manejo tendrá que sistematizarse.

Se puede continuar con el desmonte de Clase III w s 40%, teniendo presente que tiene un 40% con problemas de agua y suelo, y por último la Clase VI que no es agrícola, su uso es limitado a pastos y bosques.

Esta clasificación de suelos por capacidad de uso mayor, está indicando para qué sirve y cómo debe usarse la tierra. Pero es conveniente hacer conocer que dentro de las clases existen diferencias entre suelos, tanto en su parte mecánica como química, datos que se utilizan para afinar el diseño del desmonte y el posterior manejo.

APLICACION DE UNA METODOLOGIA EN CONSERVACION DE SUELOS

Disertante: Ing. Frederick C. Tracy (USA)

Las respuestas a dos preguntas fundamentales son determinantes en la selección de una tecnología para conservación de suelos:

Para qué? y Cómo?

A la pregunta "para qué" las respuestas pueden ser varias:

- \* Asegurar una alta tasa de éxito.
- \* Llegar a mucha gente.
- \* Lograr una masa crítica (necesaria como aceptación general de la innovación).
- \* Desarrollar un liderazgo.
- \* Evitar un esfuerzo inútil (la gente sólo puede absorber una cantidad fija de información).

A la pregunta "cómo" se pueden formular dos respuestas básicas:

- \* Enseñando un Proceso a través del cual la comunidad aprenda y pueda desarrollar su propia tecnología.
- \* Involucrando a la comunidad en el proceso de desarrollo de la tecnología que se aplicará.

A. Criterios de Selección de Tecnología

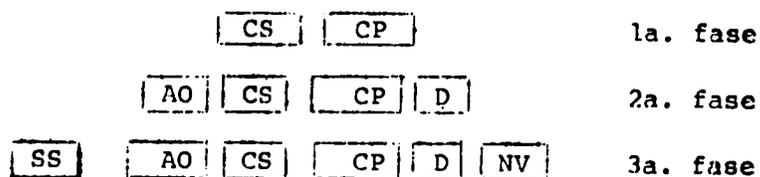
1. Tecnología reconocida como exitosa
  - \* Lleva una necesidad sentida.
  - \* Es ventajosa económicamente.
  - \* Rápidamente trae exitos visibles.
  - \* Es compatible con las prácticas agrícolas locales.
2. Dirigida a factores limitantes en el sistema de producción (cuello de botella)
3. Trae beneficios inmediatos
  - \* Utiliza recursos que ya poseen.
  - \* Mano de obra intensiva.

- \* Relativamente libre de riesgos.
  - \* Aceptable culturalmente.
  - \* Fácil de entender.
4. Impacto (ambiental) ecológico
  5. Comunicativo eficientemente
    - \* Mínimo requerimiento de supervisión.
    - \* Fácil de enseñar.
    - \* Denota entusiasmo en la gente.
  6. Ampliamente aplicable

B. Proceso de Selección de Tecnología

1. Establecimiento de prioridades en la zona.
2. Identificación de innovaciones potenciales.
  - \* Agricultores locales
  - \* Estaciones Experimentales
  - \* Otros programas
3. Selección de innovaciones.
4. Prueba de innovaciones.

C. Pirámide Tecnológica



- CS = Conservación de suelos
- CP = Control de plagas
- AO = Abono orgánico
- D = Distanciamiento y densidad
- SS = Selección de semillas
- NV = Nuevas variedades

D. Transferencia de Tecnología

PROCESO DE APRENDIZAJE

Acción del Técnico	Enseña el Para qué	Enseña el Cómo	Promoción de la Prueba	Evaluación de prueba y promoción de la innovación	Capacitación y Multiplicación
Respuesta Esperada	Aprende el "Para qué"	Aprende el "Cómo"	Hacer la Prueba	Evaluación y Adopción	Compartir la Tecnología

E. Organización Estructural - Alternativas

Proceso de Desarrollo	Superior---Inferior	Inferior---Superior
Identificación de Problemas	Institución	Institución
Selección de Tecnología	Tradicional	
Transferencia o Extensión		
Seguimiento e Institucionalización	Comunidad	Comunidad

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Manual de Conservación de Suelos  
Servicio de Conservación de Suelos  
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
Editorial LIMUSA - México 1974
2. Física de Suelos  
Principios y Aplicaciones  
Dr. Sampat A. Savande  
Editorial LIMUSA - México 1976
3. Drenaje de Tierras Agrícolas  
Teoría y Aplicaciones  
James N. Luthin
4. Conservación de Suelos  
Fernando Suárez de Castro  
Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola  
San José de Costa Rica - 1982
5. Física de Suelos - L.D. Baver, W.H. Gardner, W.R. Gardner,  
Editorial Unión Tipográfica  
Editorial Hispano Americana México 1973
6. Naturaleza y Propiedades de los Suelos  
Harry O. Buckman y Nyle C. Brady  
Editorial Unión Tipográfica Hispano  
Americana UTEHA México 1966
7. Structure of Soil Cover  
V. M. Fridland  
Moscú 1972
8. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos  
y Sódicos  
Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos  
Editorial LIMUSA - Primera Reimpresión 1974 México
9. Conservación de Suelos  
Dr. F. Fournier  
Ediciones Mundi-Prensa  
Madrid 1975
10. Osnovy Pochvovedeniya y Geografiya Pochv  
I.P. Gerasimov y M.A. Glazovskaya  
Moskva 1960

11. Taxonomía de Suelos  
Abdón Cortés Lombana  
Bogotá, 1976
  
12. Conservación en la Agricultura  
Harold A. Hughes  
Publicador: John Deere Technical Services  
Illinois 1981  
ISBN 0-86691 - 010-7