CATIE

PROYECTO REGIONAL DE MANEJO DE CUENCAS

CONSERVACION DE SUELOS

CURSO DE CAPACITACION — DICTADO EN PANAMA EN JULIO DE 1985

JORGE FAUSTINO

DOCUMENTO DE TRABAJO

Preparado para el desarrollo del curso de Capacitación "CONSERVACION DE SUELOS Y EXTENSION" realizado en David,Panamá desde el 22 al 26 de Julio

1985

PRESENTACION

El presente documento contiene el desarrollo del Temario, referente al curso corto de Capacitación "Conservación de Suelos y Extensión", en él se expresan los conceptos teóricos y aplicativos para la realización de las principales prácticas de Conservación de Suelos (primera parte).

Los temas expuestos están orientados a la definición de los conceptos de Conservación de Suelos, Análisis de la Erosión de Suelos, Identificación de los problemas de Conservación de Suelos y al Análisis, diseño y construcción y mantenimiento de algunas prácticas de la Conservación de Suelos.

Para la preparación de este documento se han consultado diferentes trabajos de los cuales se incluyen información muy importante.

Uno de los propósitos del Proyecto Regional de Manejo de Cuencas PRMC del CATIE, es contribuir con este tipo de material técnico elemental que esperamos sea de gran utilidad para los técnicos y especialistas en Conservación de Suelos.

El autor expresa, su reconocimiento al personal técnico y administrativo del PRMC por toda la colaboración obtenida para hacer posible esta publicación.

EL AUTOR

CONTENIDO

PROGRAMA DE PRACTICAS

1- Análisis de la problemática de Conservación de Suelos en una Cuenca Clasificación de los problemas y clasificación de las prácticas.

2- Diseño de prácticas agronómicas-culturales.

3- Diseño de prácticas forestales-agrostológicas y mecánico-estructurales.

4- Aplicación de campo.

   a) Construcción de prácticas agronómicas-culturales

   b) Construcción de prácticas mecánico-estructurales

Instrucciones:

- Las prácticas se desarrollaran en grupos no mayores de 4 participantes
- La práctica 1 se presentará al día siguiente
- La práctica 2 se presentará al término del temario indicado
- La práctica 3 se presentará al día siguiente
- Las prácticas de campo tendrán su calificación según las responsabilidades indicadas a cada participante.

PRACTICAS

1- Análisis de la problemática de conservación de suelos en una cuenca; clasificación de problemas y prácticas.

Objetivo: Establecer el desarrollo analítico para identificar los problemas de conservación de suelos, otorgarle una denominación técnica y lograr el planeamiento de las soluciones a través de las prácticas de Conservación de Suelos.

Material:

- Diagnóstico de una cuenca o sector o sub-cuenca
- Cartografía básica o escala 1/10,000 - 1/50,000
- Informes y/o estudios técnicos de los recursos naturales
- Dibujo, etc.
- Información del curso (teoría)

Organización de trabajo:

- Grupo de 4 participantes
- Trabajo en equipo, para presentar un solo resultado
- El informe se presentará el siguiente día de la práctica

Procedimientos:

- Discutir toda información disponible
- Caracterizar la cuenca (tipo de cuenca)
- Definir problemas e identificar en el mapa
- Clasificar los problemas (utilizar código)
- Clasificar las soluciones (utilizar código)
- Definir acciones prioritarias

Evaluación: Presentación de informe.

2- Diseño de prácticas agronómico-culturales.

Objetivos: Desarrollar un caso aplicativo, acerca de las prácticas más importantes, de las agronómico-culturales.

Matèrial:

- Cartografía y Plano a curvas de nivel
- Información específica, suelos, clima; de un estudio sobre recursos naturales
- Tema del curso

Organización: La misma de la 1a. práctica.

Procedimiento:

- Discutir la información disponible
- Seleccionar las prácticas, posibles a diseñar (2ó3)
- Diseño y trazo en el mapa
- Cuadro de características
- Replanteo
- Construcción
- Recomendaciones

Evaluación: Presentación del Informe.

3- Diseño de prácticas forestales-agrostológicas y mecánico estructurales.

Objetivo: Desarrollar en caso aplicativo acerca de las prácticas más importantes en estudio.

Material y organización: (idem a práctica 2)

Procedimiento:

- Discutir la información disponible
- Seleccionar las prácticas a diseñar (2 ó 3)
- Desarrollo de prácticas Forestales-Agrostológicas
- Cuadro de Características
- Desarrollo de Prácticas Mecánico-Estructurales
- Diseño y Gráficos
- Cuadro de Características
- Replanteo
- Construcción
- Recomendaciones

Evaluación: Presentación del Informe.

4- Práctica de campo

Objetivo: Consistirá en realizar el ejercicio integrado de las prácticas anteriores; en un terreno que represente el caso más real y frecuente como problema a solucionar.

Procedimiento:

- Disponer de materiales y equipo
- Realizar un reconocimiento integral
- Disponer de características de las prácticas a replantear o construir
- Efectuar el replanteo (trazo)
- Efectuar la construcción
- Analizar los resultados
- Comentar las recomendaciones
- Evaluar el resultado

Evaluación: Por participación de cada estudiante.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

1.1 Definición

CONSERVACION DE SUELOS

CONCEPTO:

Es toda acción orientada hacia el uso adecuado del suelo, evitando su degradación, inutilización y en general la pérdida irremediable de un recurso natural muy valioso.

INDICADORES DEL USO INADECUADO DEL SUELO

- Carencia de elementos nutritivos en el suelo
- Exceso de sales o elementos tóxicos a la planta
- Carencia de materia orgánica y de microflora
- Compactación
- Erosión
- Problemas de drenaje
- Producción de sedimentos
- Deforestación
- Conflictos en el uso de la tierra
- Inundaciones y deslizamientos
- Utilización de tierras agrícolas altamente productivas, en la expansión urbana.

La conservación del suelo se consigue:

1. Empleando prácticas convenientes de conservación y las obras necesarias para evitar o controlar la erosión del suelo, y el depósito perjudicial de los productos de la propia erosión.
2. Empleando un mejor laboreo y prácticas mejoradas de recubrimiento del suelo.
3. Controlando el desague para satisfacer las necesidades del suelo.
4. Empleando agua, materia orgánica, abonos, fertilizantes etc., con el máximo de eficacia y de acuerdo a las necesidades del suelo.
5. Cambiando el drenaje y la irrigación para evitar la acumulación de sales tóxicas y mejorar el suelo alcalino.
6. Drenando, con el objeto de evitar el encharcamiento o de mejorar los campos humedos y los pastos.
7. Realizando riego mediante diques y bombeo.
8. Manteniendo un nivel freático adecuado.
9. Adecuando y programando los cultivos aparentes para las tierras.
10. Realizando riego, drenaje, limpiado de maleza o rocas, o mejorando en cualquier otra forma, tierras anteriormente improductivas, para adaptarlas a un uso práctico, productivo.
11. Irrigando y aumentando la producción de forraje adicional en áreas adaptables.
12. Empleando con eficiencia las maquinarias agrícolas adecuadas.
13. Manteniendo todas las construcciones y prácticas en vista a la conservación.

Significado de la Conservación de Suelo

La conservación de suelo consiste en salvaguardar toda las clases de tierra útil, contra el empobrecimiento o el desgaste producido por:

1. Excesivo desprendimiento de tierra; erosión.
2. Depósito de productos de la erosión; recubrimiento.
3. Agotamiento de los elementos nutritivos de las plantas debido a lixiviación, cultivo excesivo o pastoreo sin medida.
4. Acumulación de sales tóxicas; estado alcalino.
5. Incendio: destrucción efectiva en el caso de suelo orgánico y quema de la vegetación seca.
6. Formaciones de acumulación de agua perjudicial y falla consistente en no proporcionar un drenaje adecuado a las tierras de cultivo.
7. Cultivo inapropiado: como la aradura hacia arriba y hacia abajo en el sentido de la pendiente.
8. Uso impropio de la tierra, conducente al perjuicio del suelo: tal por ejemplo; el cultivo de una tierra de gran inclinación que debería dejarse permanentemente con vegetación.
9. Pérdida innecesaria del agua de lluvia debido a un escurrimiento incontrolable.
10. Falta de rotación en los cultivos, lo que conduce a una estructura pobre del suelo.

1.2 Acciones de la Conservación de Suelos

ACCIONES CONSERVACIONISTAS

- Enseñanza
- Investigación
- Labor conservacionista en el campo
- Capacitación
- Extensión

APLICACION DE LA TECNOLOGIA PARA LA CONSERVACION DEL SUELO

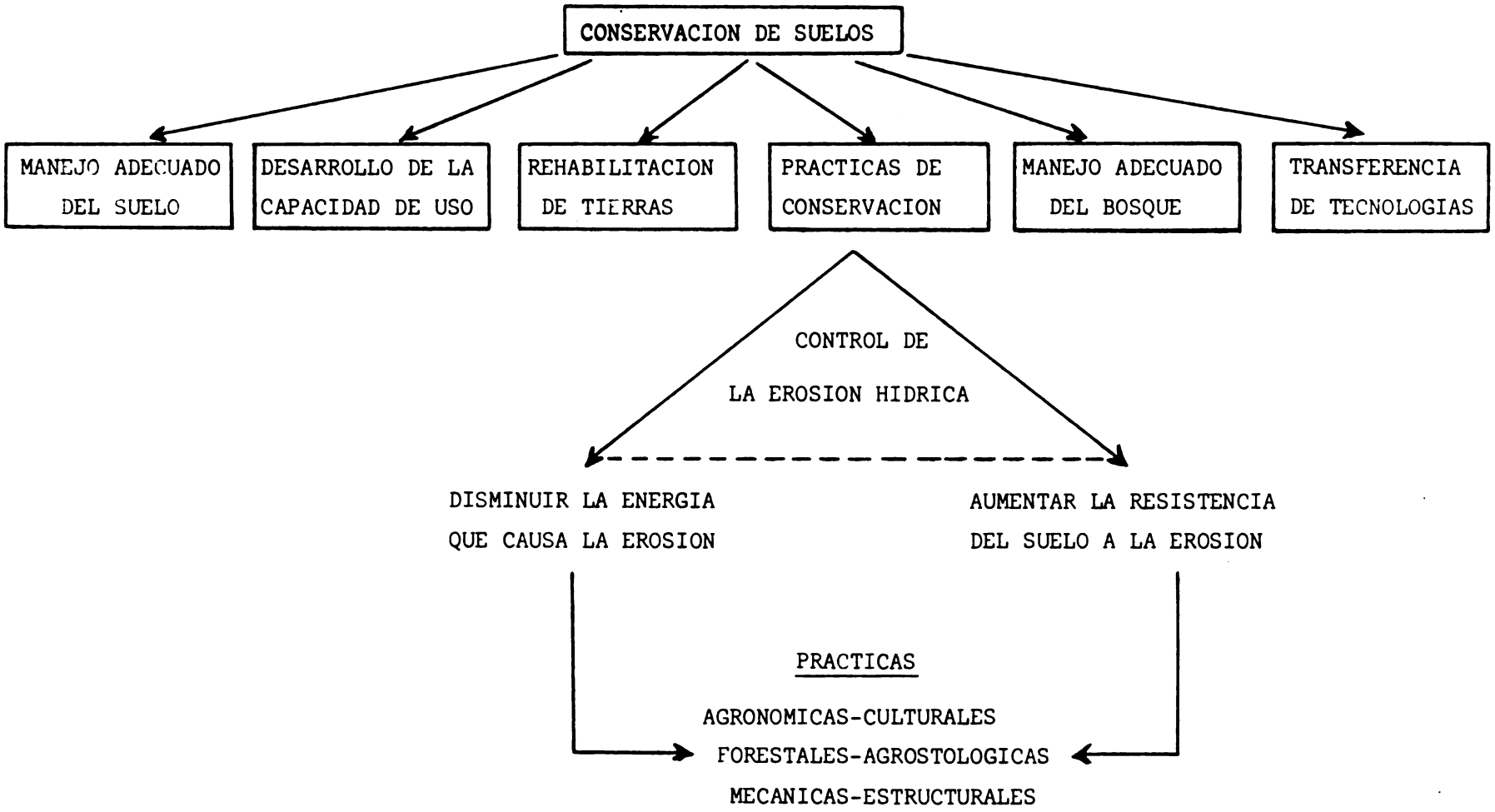
- Manejo de suelos
- Control de la pérdida del suelo
- Manejo de áreas silvestres
- Reforestación
- Recuperación de suelos
- Protección de cauces
- Uso adecuado de la tierra
- Drenaje
- Desarrollo de sistemas Agro-silvo-pastoriles
- Manejo de cuencas

DONDE REALIZAR O APLICAR LA TECNOLOGIA

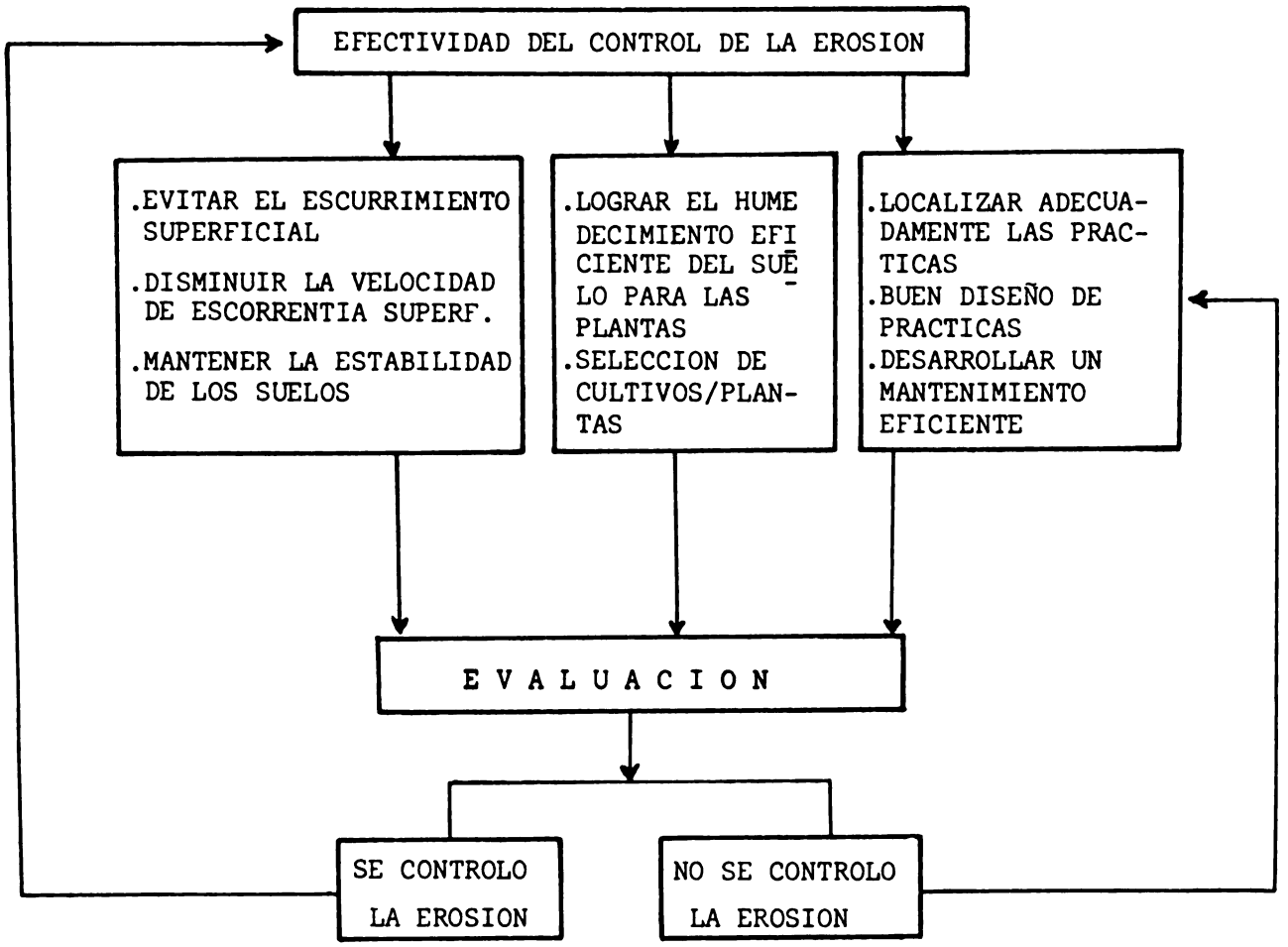
- Valles
- Laderas
- Cauces

→ CUENCA HIDROGRAFICA

ZONAS DE TRATAMIENTO


CONSERVACION DE SUELOS
MANEJO ADECUADO DEL SUELO
DESARROLLO DE LA CAPACIDAD DE USO
REHABILITACION DE TIERRAS
PRACTICAS DE CONSERVACION
MANEJO ADECUADO DEL BOSQUE
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIAS
CONTROL DE LA EROSION HIDRICA
DISMINUIR LA ENERGIA QUE CAUSA LA EROSION
AUMENTAR LA RESISTENCIA DEL SUELO A LA EROSION
PRACTICAS
AGRONOMICAS-CULTURALES
FORESTALES-AGROSTOLOGICAS
MECANICAS-ESTRUCTURALES

1.3 Análisis Esquemático para el control de la erosión



ELEMENTOS DE ANALISIS PARA EL CONTROL DE LA EROSION

CONOCIMIENTO DEL SUELO

- -Fertilidad
- -Profundidad (Perfil) (S)
- -Retención de humedad
- -Estabilidad
- -Productividad

CONOCIMIENTO DEL CLIMA

- -Precipitación (P)
- -Estacionalidad
- -Temperatura
- -Humedad

CONOCIMIENTO DEL RELIEVE

- -Pendiente (I)
- -Areas

CONOCIMIENTO DE LA VEGETACION

- -Bosques
- -Cultivos
- -Frutales
- -Pastos

SIN MODIFICACION

DECISION (D)

CON MODIFICACION

PRACTICAS DE CONSERVACION

- -Seleccion
- -Diseño
- -Construcción
- -Mantenimiento

EFECTIVIDAD DE LAS PRACTICAS

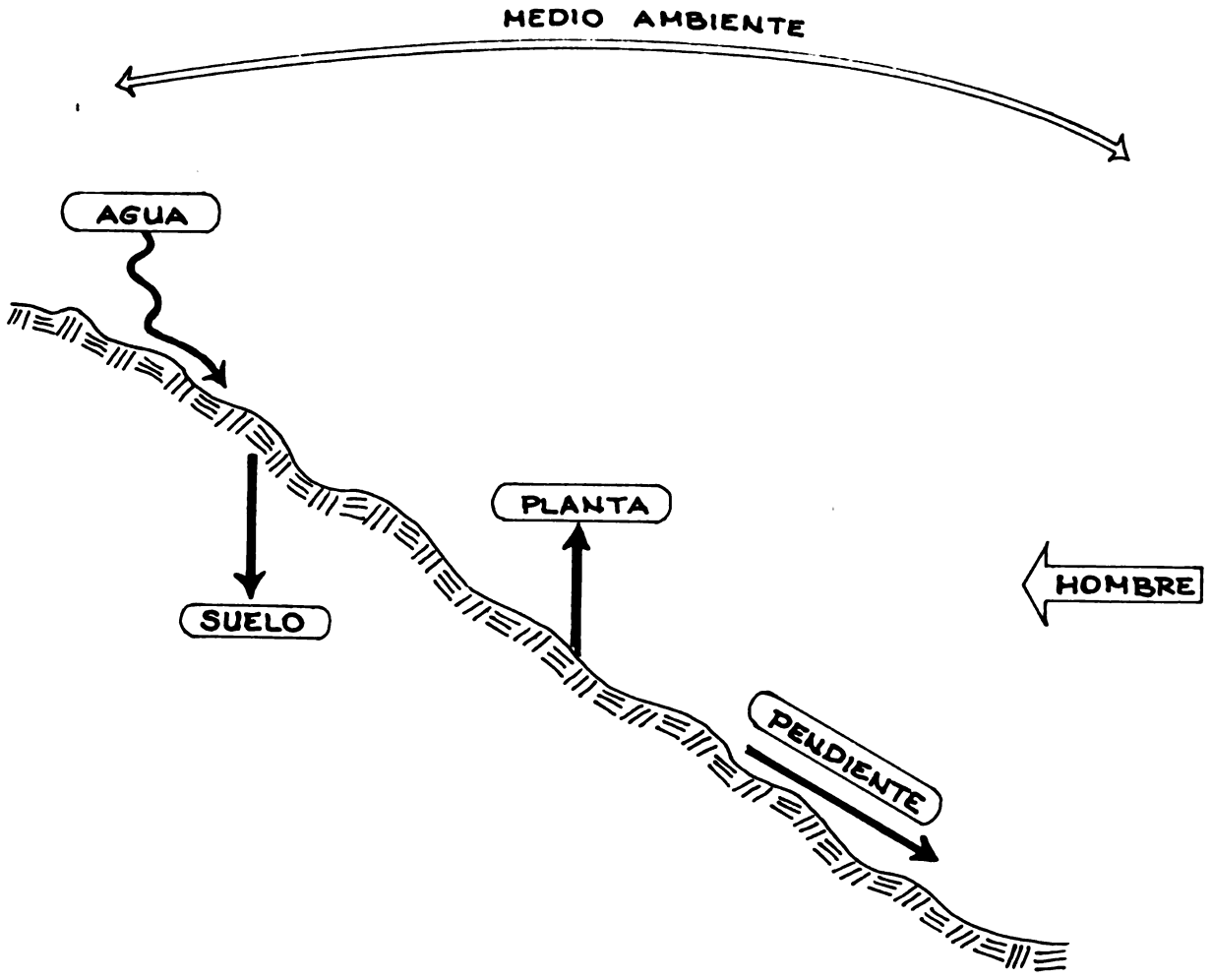
- -Control del agua
- -Control de la erosión
- -Mayor productividad
- -Buen manejo

RECEPTIVIDAD DEL AGRICULTOR

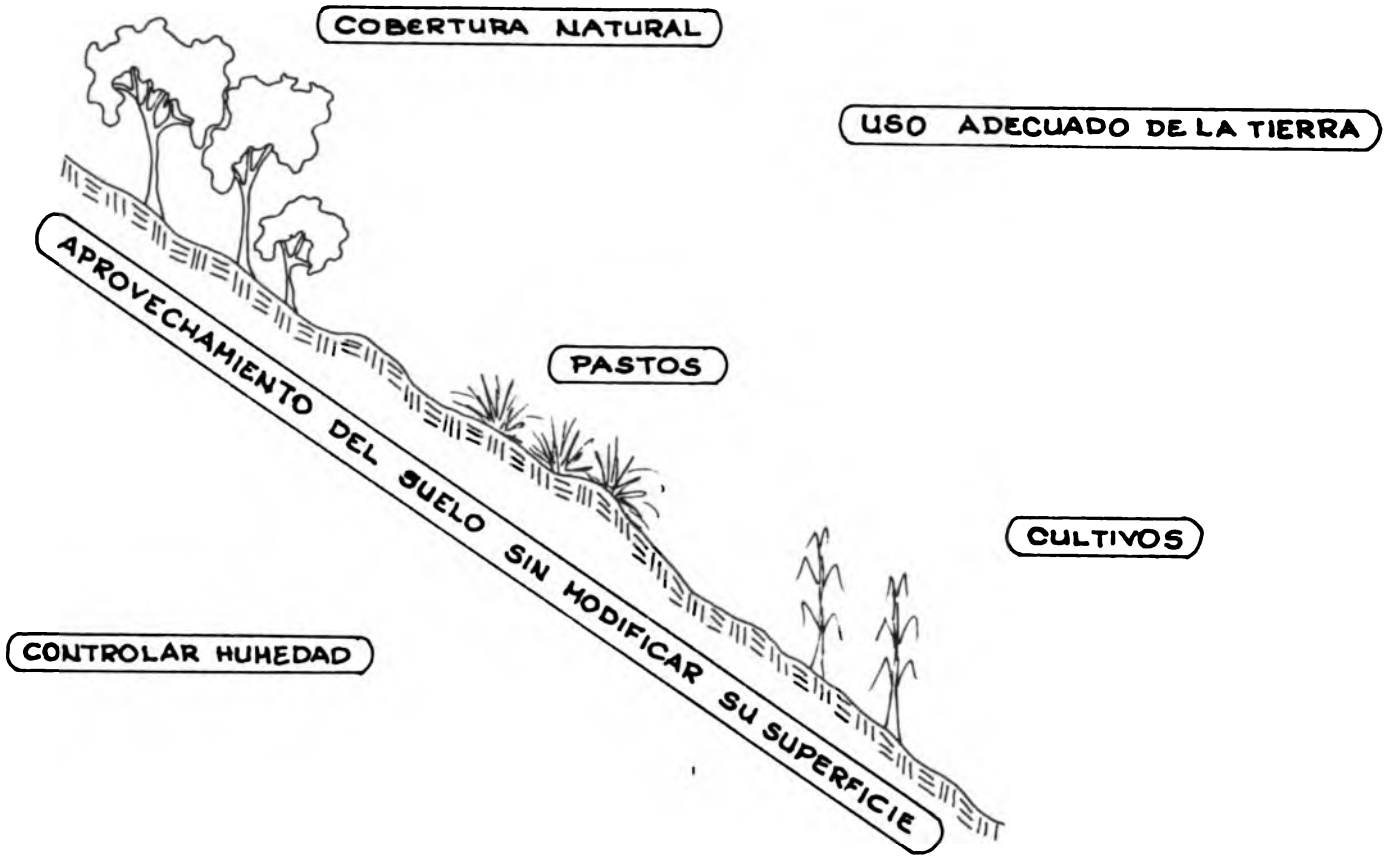
- -Favorable
- -Extensión
- -Incentivos

FORMULA SINTETICA:

$$D = f(S, P, I)$$

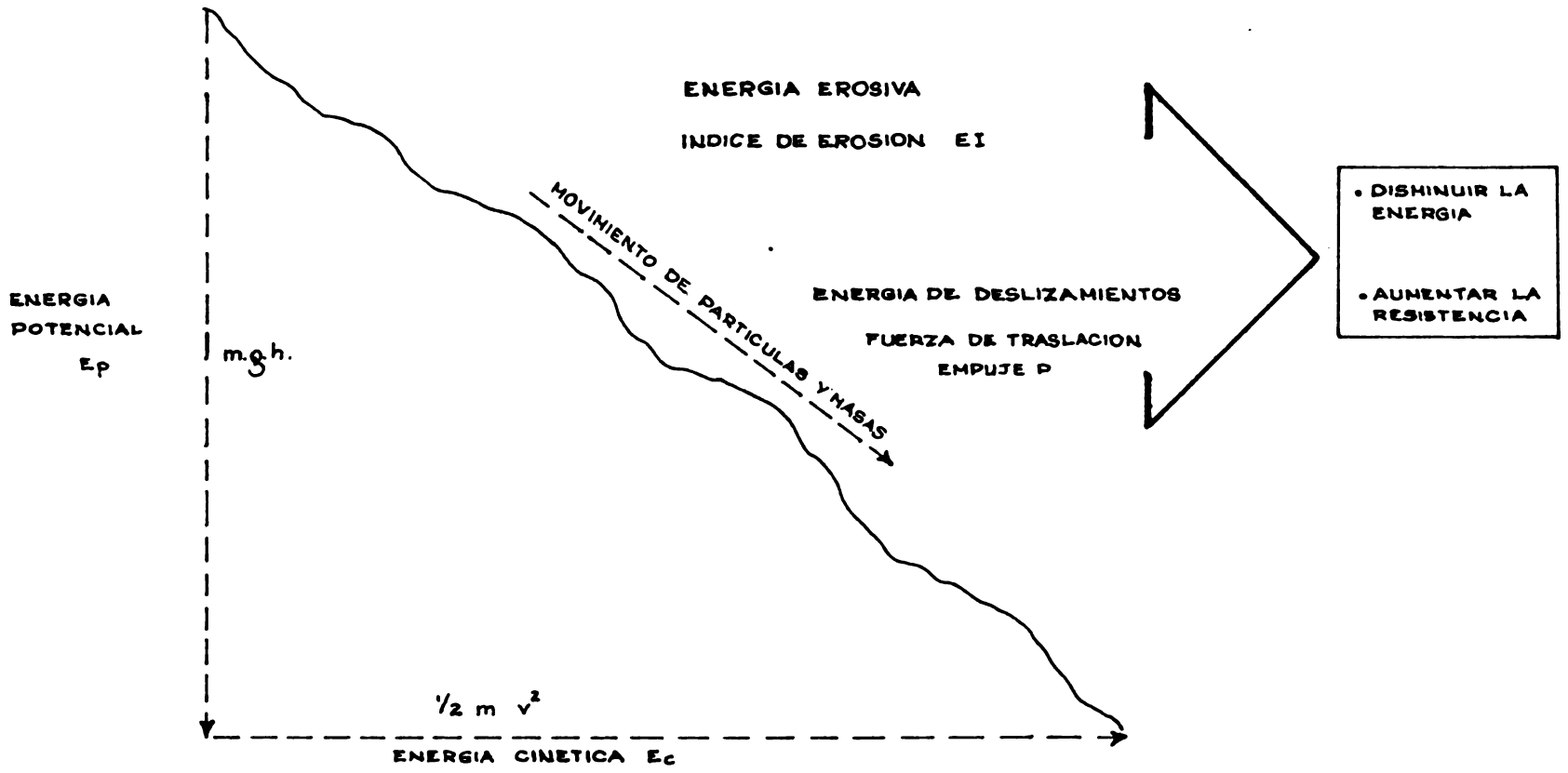


ELEMENTOS PARA EL ANALISIS DEL CONTROL DE LA EROSION

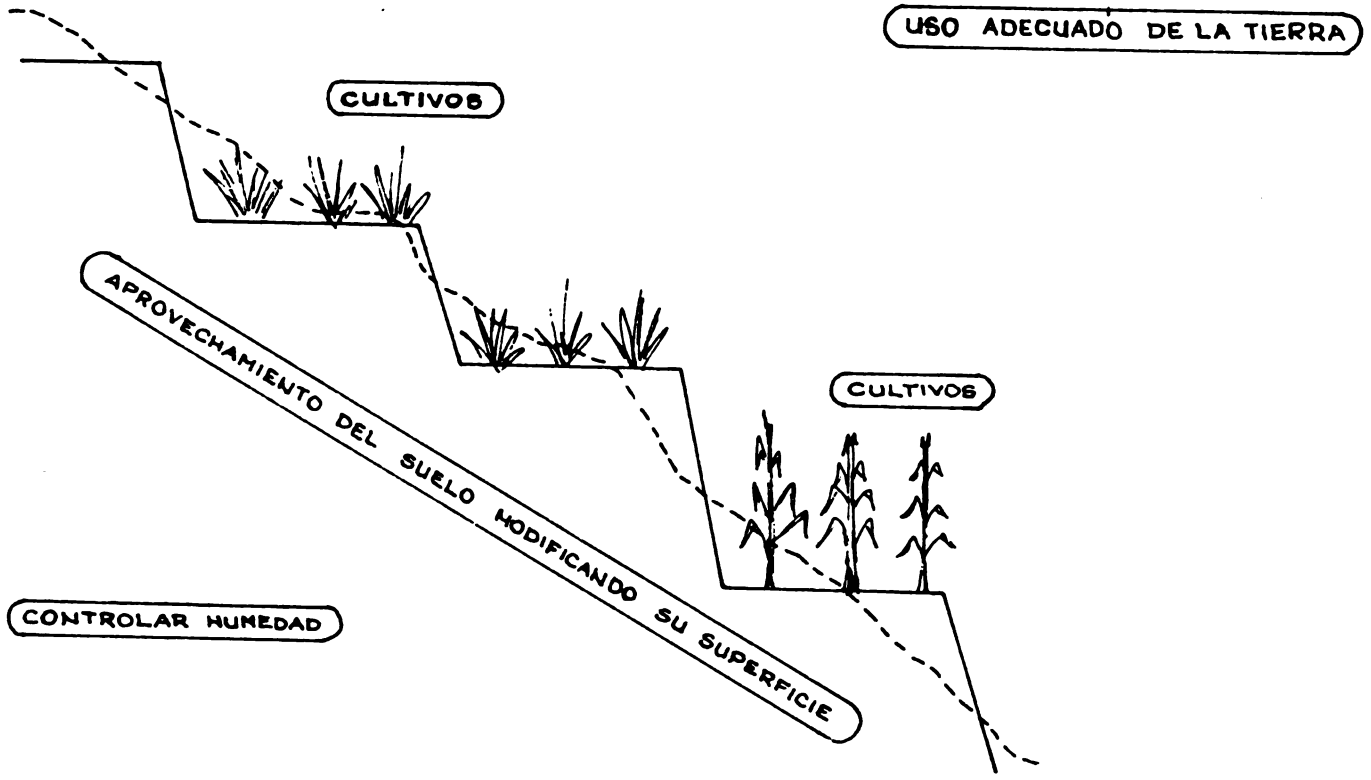


PROTECCION Y MANTENIMIENTO DE LA SUPERFICIE ORIGINAL DEL SUELO.

EL CONCEPTO DE LA INGENIERIA APLICADA



APLICACION DE LA INGENIERIA: Agronómica, Forestal, Civil, Agrícola y Ramos Afines.



CONTROL Y MANTENIMIENTO EN LA SUPERFICIE MODIFICADA DEL SUELO

1.4 Estudio de elementos básicos

1.4.1 Suelo

Para efectuar las prácticas de conservación es fundamental conocer el origen, tipos, características físicas y químicas de los suelos, este conocimiento permitiría una mejor definición de los problemas, y sus soluciones.

¿Que es el suelo? Es un cuerpo natural formado por minerales meteorizados y materia orgánica en descomposición que cubre la corteza terrestre y permite la fijación de raíces para el crecimiento de las plantas. Es considerado como un organismo viviente con diferentes estados de desarrollo.

PERFIL DEL SUELO: Es la configuración de un corte desde la superficie hasta la roca madre, que muestra una serie de capas denominadas "horizontes", cada horizonte tiene ciertas características morfológicas físicas y químicas, los factores que determinan los tipos de perfil son: clima, relieve, material madre, tiempo y factores bióticos.

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS: Las principales características de los suelos que influyen en su uso y manejo son: fertilidad, contenido de materia orgánica, textura, estructura, estabilidad, relación aire-agua, profundidad y uniformidad del perfil.

FERTILIDAD: Una característica química que influye en la fertilidad de los suelos es la acidez, o sea la actividad del ión hidrógeno que se mide en pH. Un suelo ácido es el que tiene pH menor de 6,6 (como la mayoría de los suelos originados de cenizas volcánicas). Para fines prácticos, un suelo con pH neutro es el que varía entre 6,6 a 7,3.

Es importante tener en cuenta el pH cuando se van a analizar problemas de fertilidad de los suelos, ya que la solubilidad o insolubilidad de algunos elementos están condicionadas por él.

Un suelo puede perder su fertilidad de dos formas: en suelos de texturas finas, por erosión; en suelos de texturas gruesas principalmente por lixiviación.

MATERIA ORGANICA; La materia orgánica está sometida a la actividad biológica. Los microorganismos (hongos, bacterias) encuentran en los tejidos vegetales; alimento y energía para su desarrollo.

El clima (humedad y temperatura) influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica y en la acumulación de humus en el suelo. En climas húmedos y calientes, la descomposición es muy rápida, facilitando la volatilización y lixiviación de algunos compuestos. En climas fríos y secos, la descomposición es más lenta, pero hay mayor acumulación de materia orgánica en el suelo.

En los bosques naturales, el mayor aporte de materia orgánica se debe a la hojarasca, que al descomponerse, produce una acumulación mayor de humus en la capa más superficial del suelo. Cantidades menores de humus se encuentran hacia abajo en el perfil, debidas a la descomposición de las raicillas y de los cuerpos de organismos animales.

La materia orgánica le da al suelo diferentes propiedades que ayudan al crecimiento de las plantas. Estas propiedades son las siguientes:

- Suministra compuestos orgánicos y de condiciones físicas que aumentan la actividad y población de microorganismos.
- Es responsable del color negro que aumenta la capacidad de absorción de calor, necesario para la actividad biológica.
- Fomenta la granulación que desarrolla estructuras favorables para la aireación y drenaje de los suelos.
- Da estabilidad a los agregados del suelo y aumenta el grado de resistencia a la erosión.
- Reduce la plasticidad y cohesión en los suelos arcillosos.
- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- Aumenta la capacidad de absorción de cationes.
- Suministra nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, boro y otros elementos.
- Retarda la fijación del fósforo mineral.

TEXTURA: Se define como la proporción relativa en que se encuentran las partículas minerales de diferentes tamaños . Es decir, la cantidad de arenas, limos y arcillas expresadas en porcentaje.

Hay una relación estrecha entre el tamaño de las partículas y las propiedades físicas del suelo. De la textura depende en gran parte el suministro de nutrientes, el abastecimiento de agua y la circulación del aire. De ahí que se considere como factor básico de la productividad. (Ver tabla)

Según la proporción en que se encuentran las partículas en los suelos, éstos serán arenosos (textura gruesa), limosos (textura media) y arcillosos (textura fina). Cuando la proporción de estas partículas equilibran sus propiedades en el suelo, se dice que éste es franco (mediano).

También se emplean otras texturas intermedias según los porcentajes de las partículas. (Ver triángulo textural).

ESTRUCTURA: Las particulas en los suelos tienden a agruparse en unidades llamadas agregados, por la acción de la arcilla, la materia orgánica, algunos cementantes inorgánicos (óxido de Fe, AL) y la cohesión entre ellas, formando la estructura de los suelos. Esta varía desde granos pequeños hasta bloques de tamaño grande.

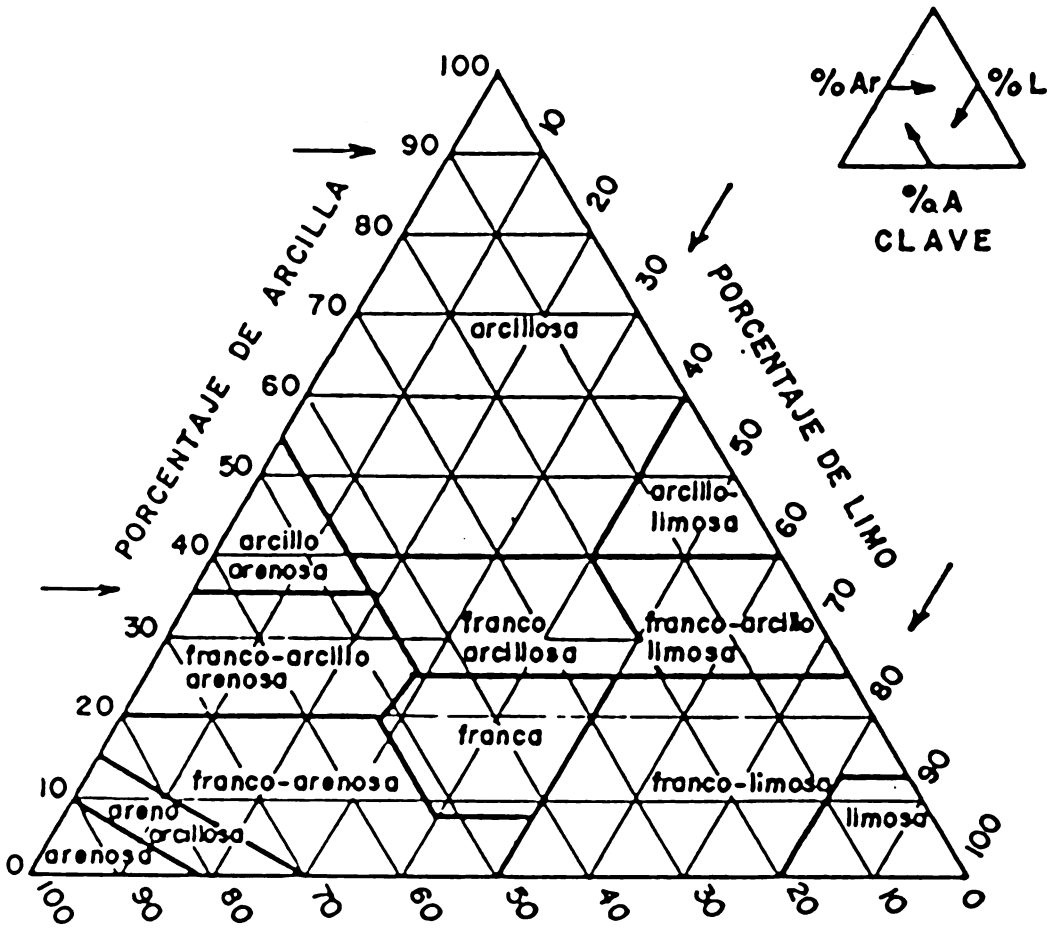
El tipo de estructura determina la formación de cavidades y grietas que facilitan la aireación del suelo, el movimiento del agua y la penetración de las raíces y juega un papel importante en la susceptibilidad o resistencia de los suelos a la erosión, de acuerdo a la estabilidad de los agregados.

La estructura es el factor más importante de la permeabilidad (movimiento de aire y agua). La presencia de una estructura, su forma, tamaño y disposición o arreglo de los agregados, determinan la cantidad y tamaño de los poros y por consiguiente el grado de permeabilidad.

De acuerdo con la forma, los tipos de estructura que se encuentran en los suelos son: granular, columnar, prismática y laminar.

TEXTURA AL TACTO CON SUELO HUMEDO

TEXTURA		CARACTERISTICAS
Arenosa	A	Al comprimirlo con los dedos se siente áspero.
Arenoso-franca	AF	Aspero, forma bolas que se desmenuzan fácilmente, mancha ligeramente los dedos.
Franco-arenosa	FA	Forma bolas poco resistentes, mancha ligeramente los dedos.
Franca	F	Forma bolas resistentes, mancha los dedos pero no forma cinta.
Franco-limosa	FL	Forma bolas que no se rompen y una cinta rizada.
Limosa	L	Talcoso y jabonoso pero no es pegajoso
Franco-arcillo-arenosa.	FArA	Algo pegajoso, plástico y mancha los dedos
Franco-arcillosa	F Ar	Pegajoso, mancha los dedos, forma bolas resistentes al manipuleo y cintas que se rompen fácilmente.
Franco-arcillo-limosa	FArL	Algo plástico, forma una cinta rizada.
Arcillo-arenosa	Ar A	Pegajoso, plástico y áspero.
Arcillo-limosa	ArL	Suave y liso.
Arcillosa	Ar	Forma bolas firmes, cintas delgadas y firmes.



TRIANGULO DE TEXTURA SEGUN PORCENTAJE DE ARENA LIMO Y ARCILLA.

La estructura, junto con la textura determinan las características físicas más importantes del suelo.

Cuando se describen los tipos de estructura de un suelo en el campo, es conveniente anotar no solo el tipo, sino también el tamaño promedio de los agregados, el grado de desarrollo, su estabilidad y la disposición entre ellos.

El grado de la estructura es la intensidad de agregación de las particulas del suelo (sin estructura, débil, moderada y fuerte), el cual se define de acuerdo con el grado de desarrollo.

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL: Es una característica de la estructura y se define como la resistencia de los agregados del suelo a desintegrarse por la acción del agua y por el manipuleo. Mientras mayor sea la estabilidad mayor será la resistencia de un suelo a la erosión.

Los suelos de cenizas volcánicas de grano fino tienen estructuras estable, y con presencia de materia orgánica la estabilidad es mayor.

RELACION AIRE-AGUA DEL SUELO: Para una buena germinación y para el desarrollo de las raíces de las plantas, es necesario que el suelo tenga aire, agua y temperatura adecuados. El contenido de aire y agua depende de la cantidad y tamaño de los poros (porosidad) y de su movimiento que está regido por la permeabilidad. Estas características están determinadas por la textura, la estructura y la actividad biológica.

Porosidad: Es la relación entre el volumen de los espacios vacíos y el volumen total de la masa del suelo.

Los suelos arenosos tienen entre 35 y 50 por ciento de espacios porosos, mientras que los suelos de texturas finas tienen entre 40 y 60% o más. Estos porcentajes aumentan en suelos de textura finas con el contenido de materia orgánica, la presencia de estructura granular y la acción biológica.

El aire y el agua compiten por los poros del suelo. Cuando el contenido de agua es grande, el del aire es poco y viceversa.

COLOR: El color es otra propiedad física de los suelos, que principalmente se debe a su composición o reflejos de buen o mal drenaje. Los colores más comunes son negro, rojo y amarillo.

- El color negro generalmente es debido a la materia orgánica y la intensidad varía con su mayor o menor contenido.
- El color rojo es debido a la oxidación del hierro, lo cual indica buena aireación y buen drenaje.
- El color amarillo es debido a la oxidación de hierro hidratado, en condiciones de aireación, deficiente y mal drenaje.
- Otros colores que pueden presentarse, tales como el gris, son debidos a la baja o ninguna oxidación del hierro, en suelos muy mal drenados y con muy bajo o nula aireación.

PROFUNDIDAD EFECTIVA: Es la profundidad a la cual pueden llegar las raíces de las plantas, sin obstáculos físicos ni químicos.

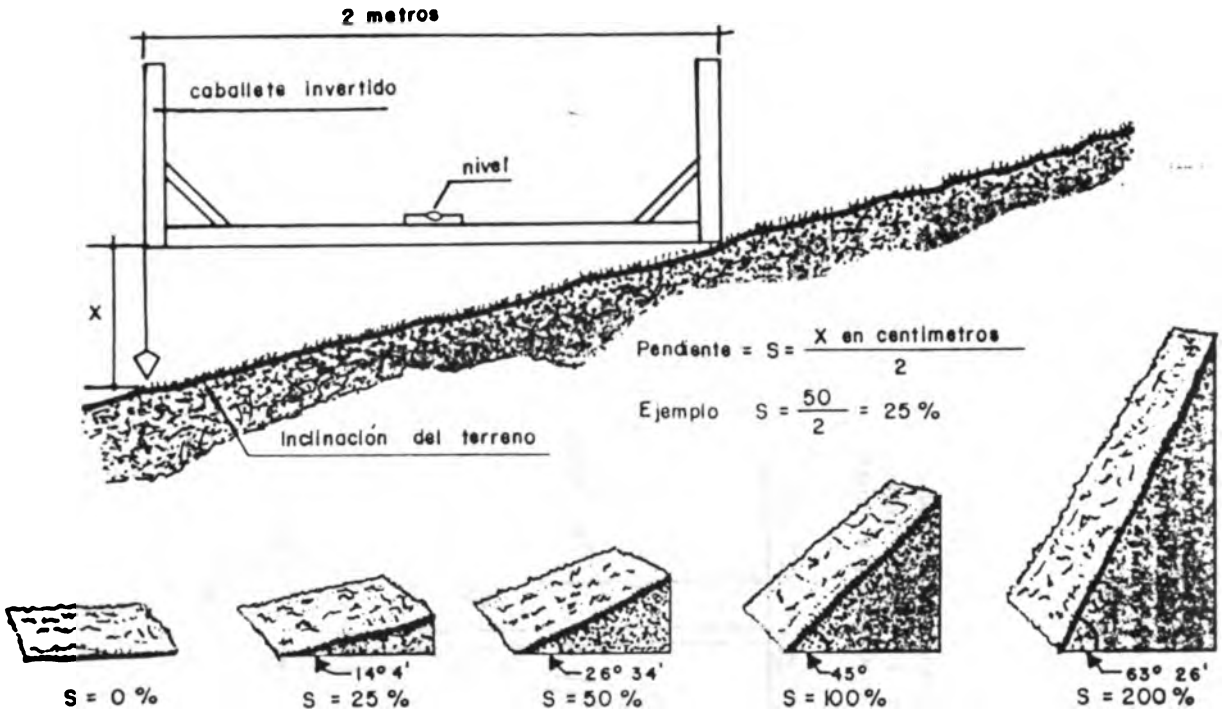
Esta característica contribuye a determinar la vocación de uso de un suelo, teniendo en cuenta el sistema radical de la planta.

UNIFORMIDAD DEL PERFIL: Se refiere a la uniformidad entre las diferentes capas de perfil en cuanto a textura, estructura y permeabilidad.

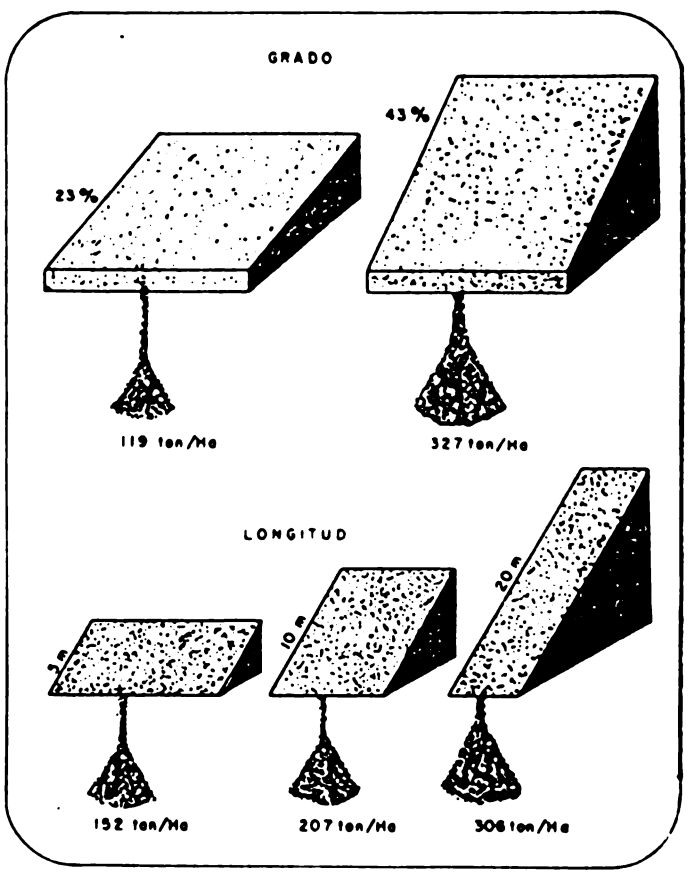
- En perfiles profundos y uniformes, con texturas medias o gruesas y estructura granular, la permeabilidad de las capas permite una transmisión uniforme del agua a través del perfil, lo cual favorece una buena infiltración y menor escorrentía.
- En perfiles uniformes con texturas finas y consistencia plástica, la transmisión del agua de infiltración es muy lenta, lo cual favorece la escorrentía o el encharcamiento, de acuerdo a la topografía.
- Perfiles con capas de texturas gruesas superficiales y finas internas, presentan problemas en el movimiento del agua, ya que la diferencia de permeabilidad entre estas capas ocasiona saturación en los horizontes de texturas gruesas y baja permeabilidad en los estratos inferiores de texturas finas. En terrenos con pendientes esto puede conducir a remociones de suelos, tales como derrumbes, deslizamientos, y problemas de solifluxión. En terrenos planos, ocasionan problemas de drenaje.

Un aspecto importante es el análisis de relieve, fundamentalmente la inclinación y longitud de las pendientes, las prácticas de conservación de suelos en laderas se seleccionan entre otros factores; en relación a la pendiente.

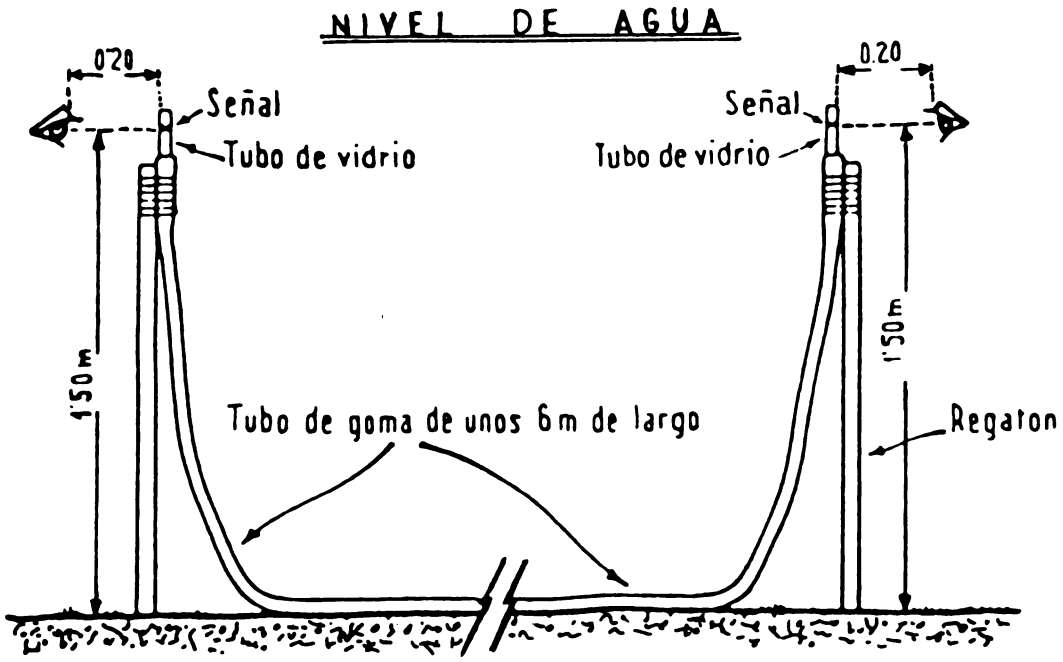
La pendiente se expresa en %-$^{o}/_{oo}$ (por ciento-por mil) o también por grados de inclinación y para su cuantificación se pueden utilizar: clinómetros, nivel de ingeniero, caballetes y otros niveles; dependiendo de las inclinaciones del terreno y del grado de precisión que se desean obtener.



- MEDICION DE LA PENDIENTE CON UN CABALLETE DE 2 METROS. CORTE DE DIFERENTES GRADOS DE PENDIENTE



- EFECTOS DE LA PENDIENTE EN LA PERDIDA DE SUELO POR ESCORRENTIA EN LOTES DE IGUAL AREA CON SUELOS COLUVIALES



.—El nivel de agua con tubo de goma no necesita mira, sino que sus dos regatones nos van marcando los puntos del nivel directamente cuando el agua llega a igual altura en ambos tubos.

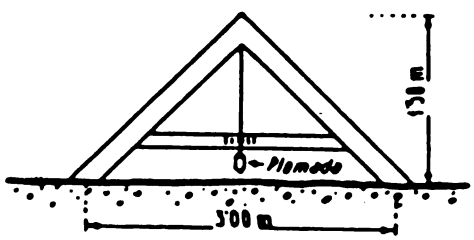
A continuación se presentan los medios prácticos para efectuar una nivelación o control de una pendiente.

A medida que aumente la inclinación, aumenta el peligro de la erosión por que el agua fluye a mayor velocidad por la superficie y disminuye el tiempo para infiltrarse.

La longitud de la pendiente influye en la velocidad, energía y volumen de agua de escorrentía, aumentando el poder erosivo.

GRADO DE PENDIENTE: Es la diferencia de altura que existe entre 2 puntos.

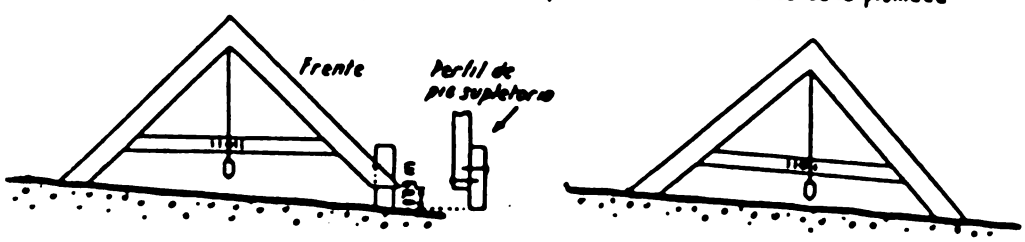
CABALLETE DISPUESTO PARA TRAZAR LINEAS DE NIVEL



CABALLETE DISPUESTO PARA TRAZAR LINEAS DE PENDIENTE DADA

(A) Con suplemento en un pie

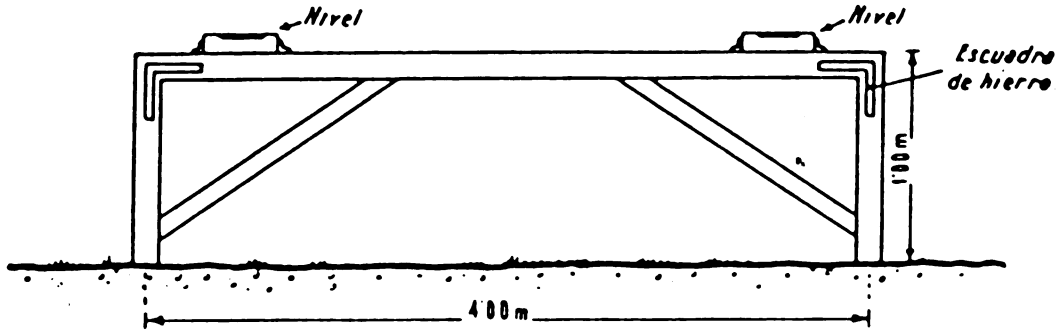
(B) Utilizando los enrases de la plomada



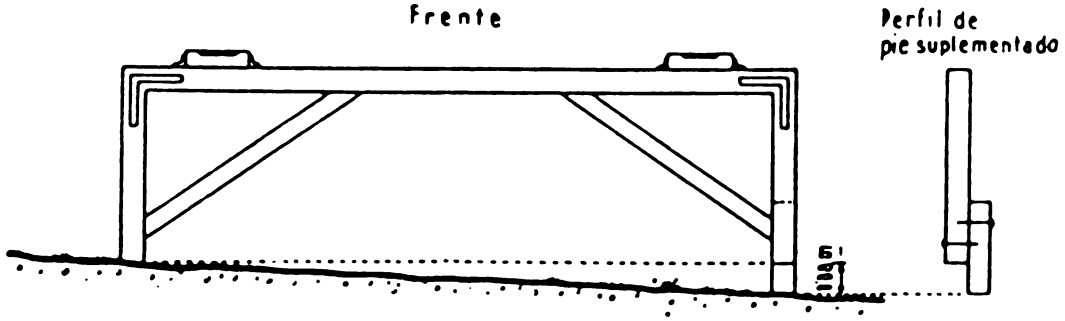
Características del suelo según su textura.

Textura		Adhesi-vidad	Infiltración	Retención de Humedad	Aireación
Nombre	Símbolo				
Arenosa	A	No hay	Excelent.	Muy baja	Excelente
Arenoso franca	AF	Muy poca	Buena	Baja	Buena
Franco arenosa	FA	Media	Buena	Regular	Buena
Franca	F	Ligera	Buena	Regular	Buena
Franco limosa	FL	Media	Buena	Buena	Buena
Limosa	L	Poca	Buena	Buena	Buena
Franco-arcillo-arenosa	FArA	Alta	Regular	Regular	Regular
Franco arcillosa	FAr	Alta	Regular	Regular	Regular
Franco-arcillo-limosa	FArL	Alta	Pobre	Regular	Regular
Arcillo arenosa	ArA	Media	Pobre	Media	Pobre
Arcillo limosa	ArL	Alta	Pobre	Alta	Muy pobre
Arcillosa	Ar	Muy alta	Pobre	Muy alta	Muy pobre

CABALLETE DISPUESTO PARA TRAZAR LINEAS DE NIVEL



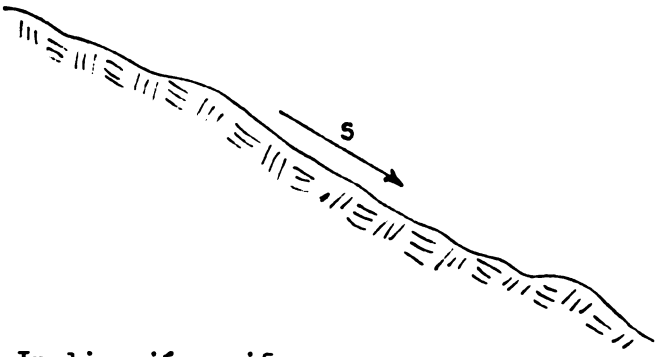
CABALLETE DISPUESTO PARA TRAZAR LINEAS DE PENDIENTE DADA

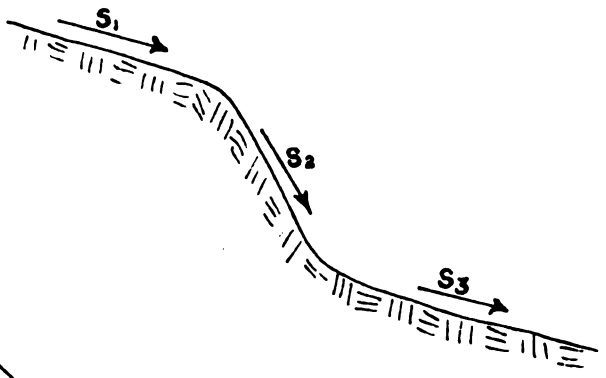


—En estos esquemas se muestran tanto el caballete dispuesto para trazar líneas de nivel, en el superior, como provisto de un pie suplementario, en el inferior, con el que se pueden trazar líneas de pendiente constante; en el caso del esquema inferior, el caballete está preparado para trazar líneas del 20 por 100 de pendiente (8 : 4 = 2).

METODO PARA LA DETERMINACION DE PENDIENTES

APLICACION PRACTICA





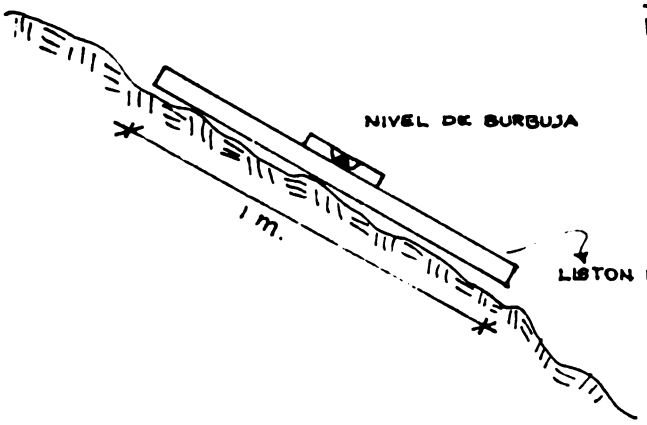
Inclinación uniforme

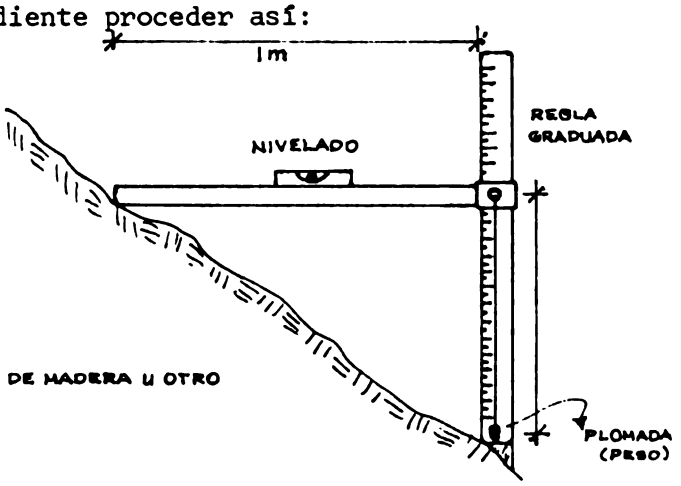
Elija un lugar promedio

Inclinación variable

Elija tres lugares promedios

En cualquier lugar que desee medir la pendiente proceder así:





Luego

D.N. Será la diferencia de nivel

D.N. (m) ⟶ 1 m.

X (m) ⟶ 100 m

$$X = \frac{D.N. \times 100}{1} = \text{Pendiente } (\%)$$

Luego la pendiente en % se obtiene multiplicando directamente x 100

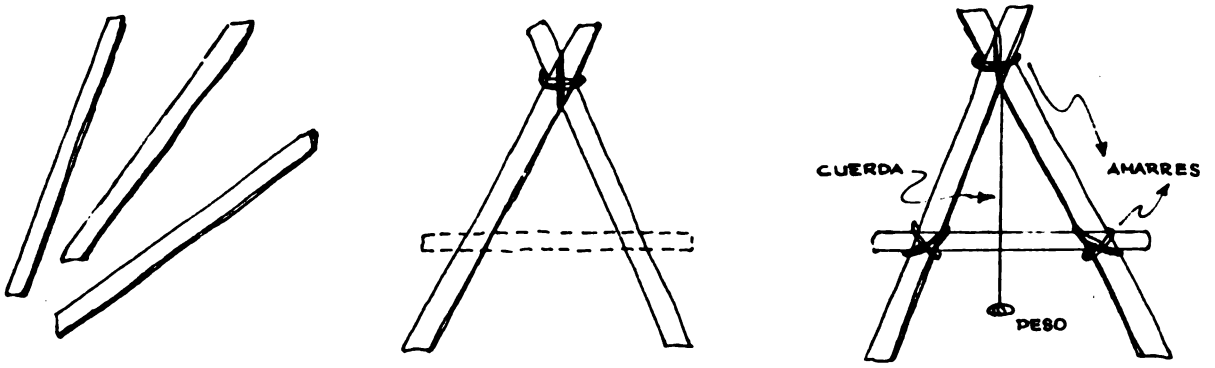
Ej.: Si D.N. = 0.10 la pendiente (S) será igual a 10%.

METODO PARA REPLANTEAR CURVAS DE NIVEL

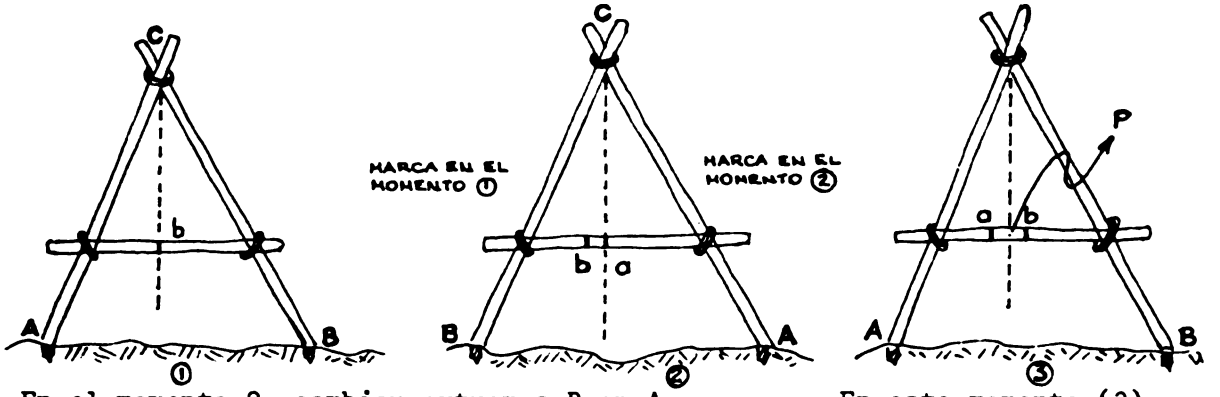
Aplicación Práctica (Nivel en A)

1. Construir un nivel en " A "

- Corte 3 palos, (varas delgadas de 2m aproximadamente)
- Disponga de hilo, cuerdas u otro material para amarrar los palos
- Trate de formar una A con los 3 palos y amárrelos bien.



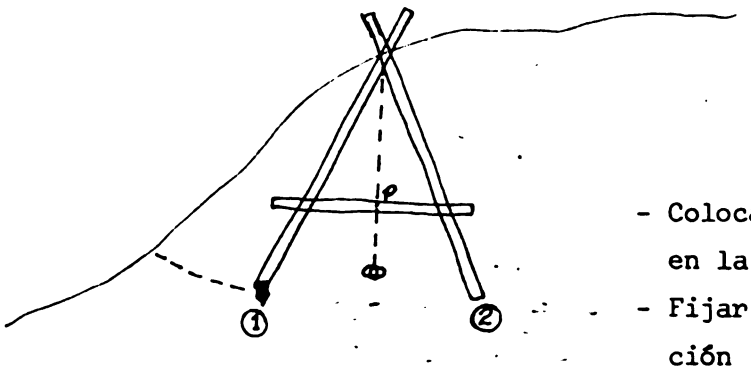
- Desde el vertice superior de la "A" fije una cuerda, con un peso (plomada)
- Realizar la graduación para obtener el nivel (ver gráfico)



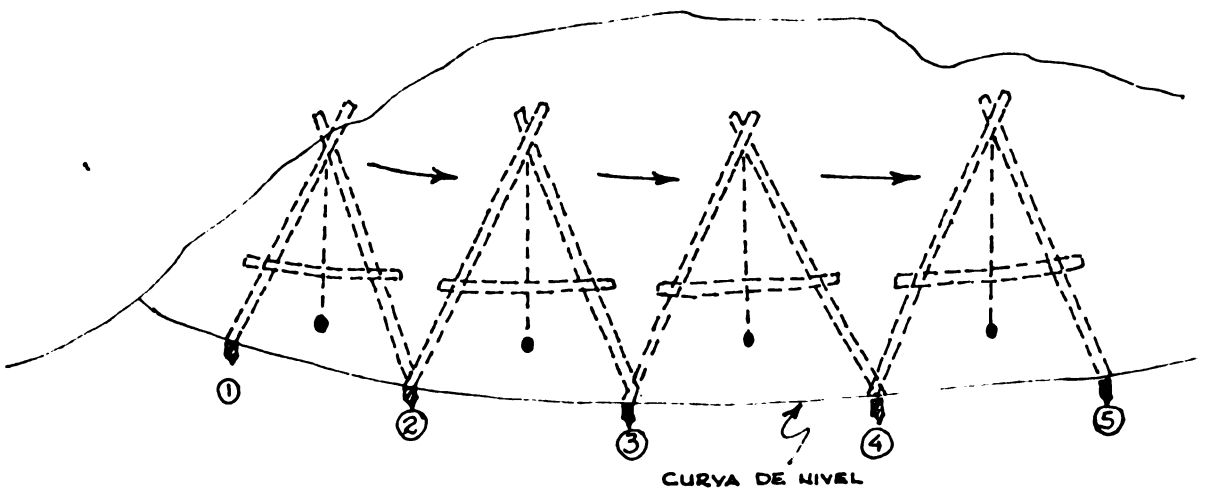
En el momento 2, cambiar extremos B en A y A en B, determinar distancia a b, dividir entre 2 y determinar el punto para la plomada P.

En este momento (3) A y B estarán a un mismo nivel.

2. Utilizando el nivel en A, y con el auxilio de estacas siga el siguiente gráfico:



- Colocar un extremo del nivel en A en la primera estaca
- Fijar la plomada sobre la graduación (realizando movimientos del nivel en A)
- Determinar el punto para la estaca 2
- Repetir la operación.



3. Puede marcar la línea de curva de nivel o realizar un surcado muy leve para su mayor distinción y también puede fijar más estacas o pintar las enumeradas (1), (2), (3).....

1.4.2 Precipitación

Las lluvias ejercen un efecto mecánico sobre los agregados del suelo debido al impacto de las gotas que desprenden las partículas y así son arrastradas fácilmente por el agua de escorrentía.

La velocidad y el volumen de escorrentía, están directamente relacionados con la intensidad y frecuencia de los aguaceros.

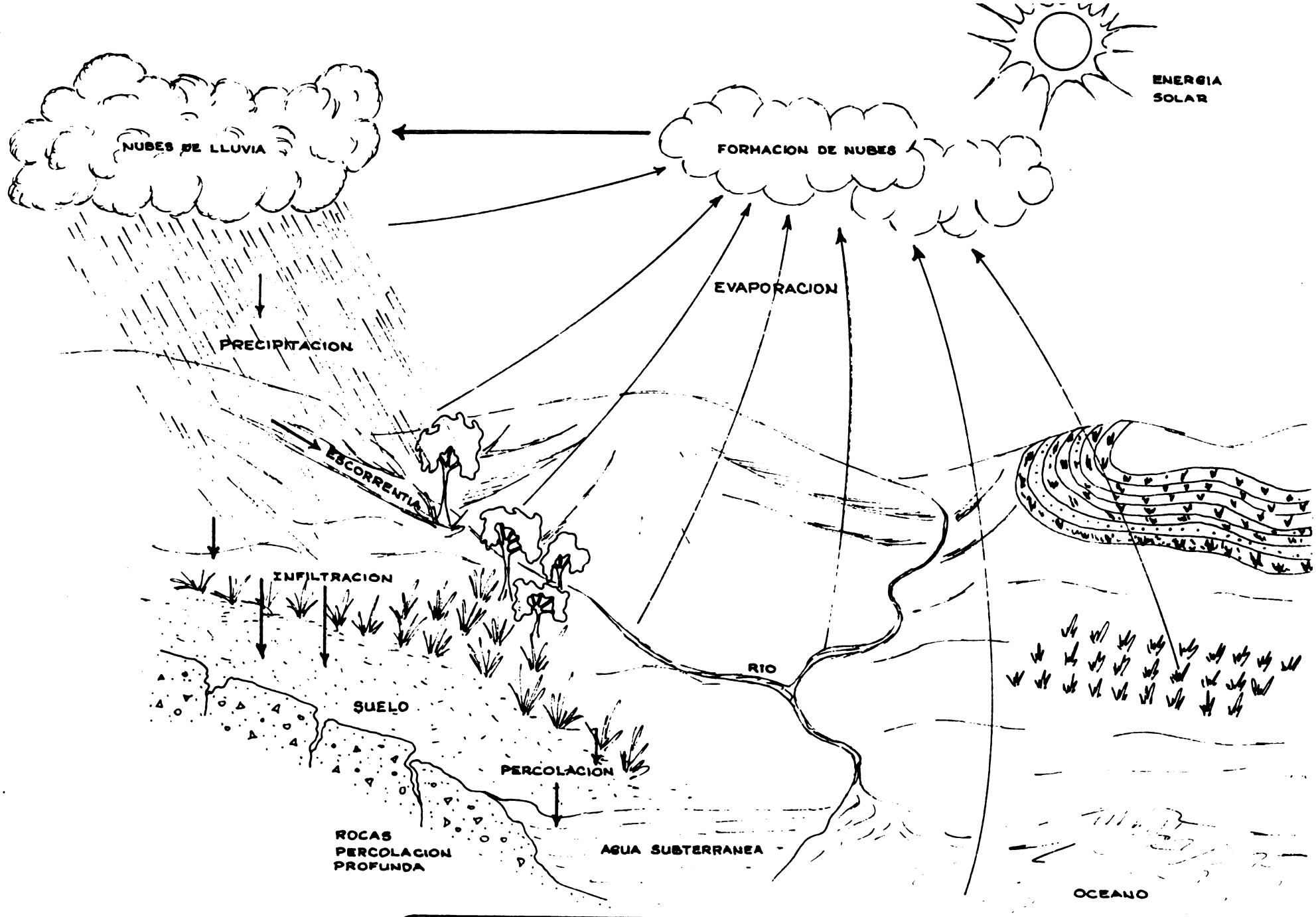
Intensidad: Es la cantidad de lluvia (en mm de altura) caída en un determinado tiempo. Cuando la intensidad de un aguacero sobrepasa la velocidad de infiltración del agua en el suelo, se presenta la escorrentía; ésta aumenta con el grado de humedad del suelo, el cual está determinado por la frecuencia y cantidad de lluvias anteriores.

Frecuencia: Es el tiempo trascurrido entre los aguaceros. Si los intervalos entre las lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas y se aumenta la posibilidad de que se origine escorrentía, aún con lluvias de baja intensidad. Si por el contrario son largos los períodos entre lluvias, el suelo estará seco y no habrá escorrentía con aguaceros de baja intensidad.

Potencialidad erosiva de las gotas de lluvia: La energía es función de la intensidad, tamaño de gotas y altura de caída. Laws encontró que al caer una gota entre 2.2 y 7.8 metros de altura, adquiere el 95% de su velocidad máxima. El tamaño de las gotas aumenta en el follaje por la unión de dos o más de ellas, siendo mayor su velocidad y energía que gotas normales.

1.4.3 Vegetación

La vegetación tiene una gran importancia en la defensa contra la erosión, porque amortigua el golpe de las gotas de lluvia, forma hojarasca y



REPRESENTACION DEL CICLO HIDROLOGICO

raicillas que disminuyen la velocidad y fuerza del agua, retienen y amarran el suelo, y aportan materia orgánica.

Las hojas y las ramas que están por debajo de dos metros de altura, amortiguan el impacto de las gotas de lluvia.

Los tallos ofrecen un obstáculo al agua superficial y disminuyen su velocidad.

Las raíces forman una red interna que amarra las partículas del suelo.

Cuanto más tupida sea la vegetación, mejor defendido estará el suelo. Por eso, un pasto ofrece una protección mayor que cultivos de maíz, cereales, frutales o café. Los cereales ofrecen buena protección cuando están desarrollados.

1.4.4 El Hombre

Existen numerosos factores antrópicos que no sólo favorecen y aceleran los procesos de erosión, sino que limitan la aplicación de prácticas conservacionistas y de control. Los principales son:

De tipo social y cultural: Los agricultores tienen ciertas creencias, tradiciones y costumbres muy arraigadas, que los hace aplicar prácticas de cultivo indiscriminadamente, en terrenos planos y pendientes, susceptibles y resistentes a la erosión, húmedos y secos.

Aunque el agricultor se da cuenta de los descensos en la producción debidos en parte a la erosión y del deterioro de su finca, desconoce las causas del problema y sus funestas consecuencias con el tiempo. Por no apreciar resultados benéficos de inmediato, continúa sus prácticas y no se decide a

establecer sistemas conservacionistas.

La presión de la población y la demanda de alimentos y tierras pueden ser factores críticos en una campaña de conservación. Por ejemplo, en tiempos de escasez de alimentos los inviernos e inundaciones graves; presionan sobre el uso de la tierra en fuertes pendientes, produciéndose una fuerte erosión.

De tipo económico: No se ha logrado convencer al agricultor que las prácticas de conservación son rentables, al disminuir las pérdidas por erosión o al disponer de una base para tecnificar el cultivo de ladera.

Por falta de conocimiento, el agricultor no utiliza prácticas culturales adecuadas que tendrían costos similares a las que él realiza; cree que algunas prácticas de conservación son adiciones secundarias para el cultivo, cuando en realidad son obligadas, inherentes a la explotación misma.

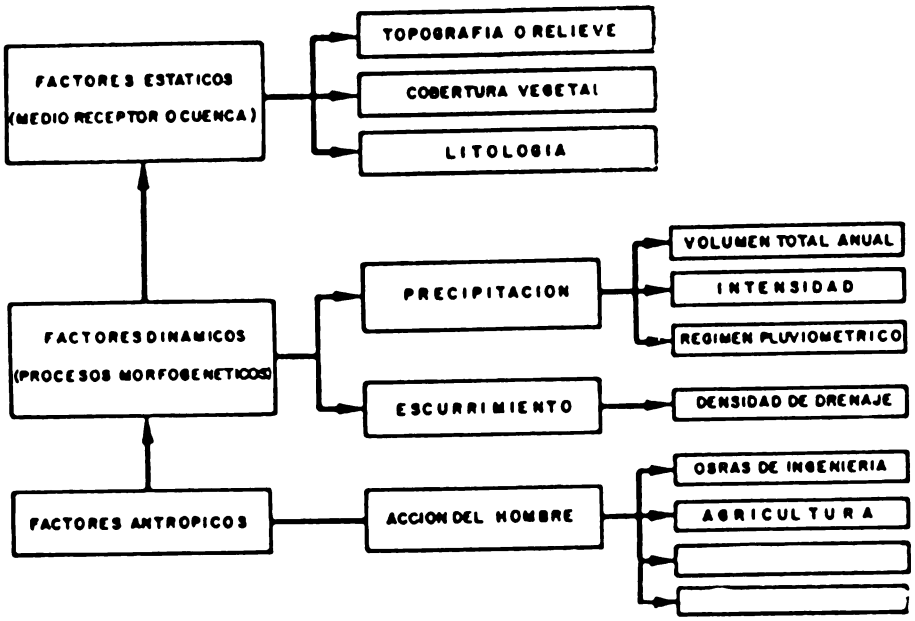
El establecimiento de prácticas mecánicas y obras de ingeniería es aún más difícil, pues sus costos son más altos, requieren de ciertos conocimientos técnicos, ciertas condiciones físicas y conservación constante, y no se convencen fácilmente de los beneficios económicos que reportarían.

De tipo técnico: La falta de un inventario y clasificación de tierras que especifique las relaciones roca-suelo-clima-planta-hombre ha limitado la recomendación de prácticas específicas para cada cultivo, material de origen, suelo y condiciones de los terrenos (grado y longitud de pendiente).

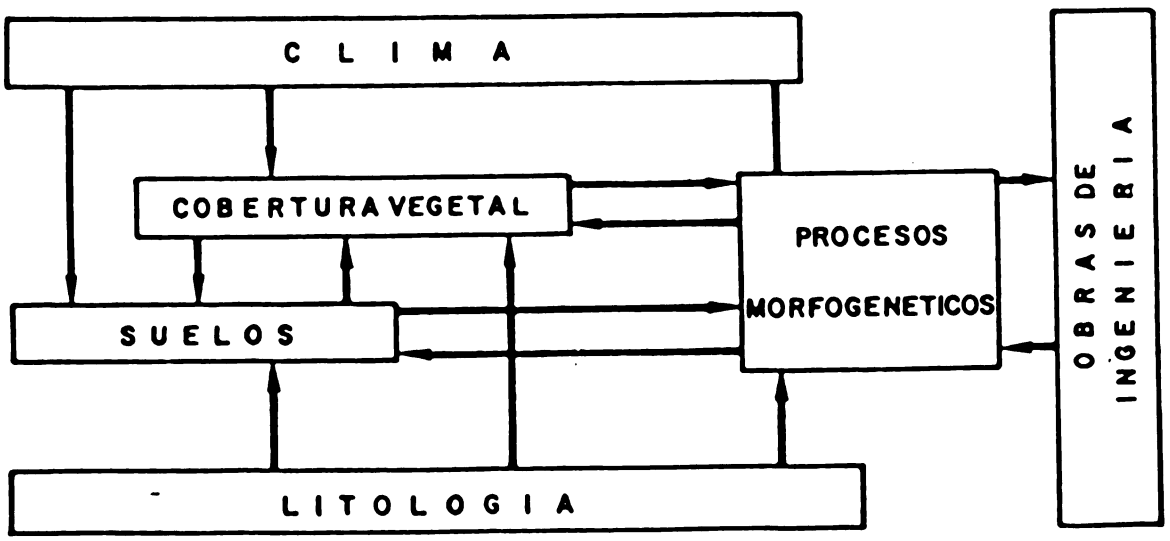
Otra barrera técnica es la falta de conocimientos experimentales y prácticos para definir la aplicación de determinadas prácticas, culturales y de ingeniería.

La construcción de obras de ingeniería sin complementarlas con otras prácticas culturales, hace que muchos agricultores no tengan el éxito económico que se busca con ellas. También la falta de evaluación periódica y mantenimiento de dichas obras, reduce su duración y eficiencia.

FACTORES QUE ORIGINAN O ACELERAN LA EROSION



INTERRELACION ENTRE LOS FACTORES - OBRAS DE INGENIERIA Y SU INFLUENCIA SOBRE LA EROSION



CAPITULO II

LOS PROBLEMAS DE CONSERVACION DE SUELOS

2.1 Clasificación de los problemas de conservación de suelos

a) Criterios de clasificación

No existe criterio único sobre el enfoque que debe darse a los problemas derivados del uso y manejo de los recursos de tierra y agua. Algunos Organismos Internacionales como la FAO consideran los problemas del suelo en términos de degradación de la tierra, significando ésto la pérdida parcial o total de la productividad de la misma, cualitativa o cuantitativamente, o en ambas formas, a causa de procesos tales como la erosión hídrica o eólica, salinización, anegamiento, agotamiento de nutrientes, polución, etc. Los problemas así analizados pueden ser agrupados en términos de manejo:

- Manejo de Suelos
- Manejo de Vegetación
- Manejo de Animales

De acuerdo a estos criterios tomados en forma conjunta, los problemas de conservación se han clasificado como se indica a continuación:

- Inundaciones
- Erosión
- Polución
- Problemas especiales de manejo ocasionados por el hombre
  - a) Inadecuado manejo de la vegetación
  - b) Inadecuado manejo de suelos

b) Definición de problemas y clasificación

b.1) Problemas de inundación

Definición del problema: Puede definirse como el ascenso del nivel de agua y su retención durante determinado tiempo, en ambientes que son ocupados por el hombre con perjuicio de su vida, viviendas, instalaciones, áreas de cultivo, etc.

Tipos de inundación: Las inundaciones pueden clasificarse de la siguiente manera:

Por la extensión del área afectada

- Generalizados
- Localizados

Generalizados: Si su incidencia afecta una gran área dentro del sistema de drenaje de la cuenca. Estas a su vez pueden subdividirse por su ocurrencia en las siguientes clases:

- Frecuentes
- Eventuales
- Localizados

Si su incidencia es puntual afectando áreas relativamente pequeñas. Estas a su vez también pueden subdividirse por su ocurrencia en:

- Frecuentes y Eventuales

b.2) Problemas de erosión

Definición del problema: Es el desprendimiento y arrastre del suelo causado por el agua o por el viento, o su remosión en masa.

Tipos de erosión: Puede clasificarse de la siguiente manera:

Por la naturaleza de su origen

- Geológica o natural
- Acelerada o Antrópica

Geológica o natural: O sea el desgaste natural de la superficie de la tierra sin la intervención del hombre y por lo tanto fuera de su control. Los factores que actúan en este tipo de erosión son:

a) La precipitación
b) Las corrientes fluviales
c) El viento
d) La temperatura
e) La gravedad

Acelerada o Antrópica: Es decir, la erosión propiciada por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación, el agua o el viento.

Este tipo de erosión a su vez puede sub-dividirse de acuerdo al FACTOR EROSIVO MAS IMPORTANTE en:

a) Erosión Eólica: Es aquella que es causada por el viento en terrenos sueltos, localizada en regiones con grandes variaciones de temperatura, de escasa precipitación y predominancia de vientos fuertes.

b) Erosión Hídrica: Su agente es el agua de lluvia, que actúa por el impacto en el desprendimiento del suelo y su arrastre por el agua de escurrimiento. Es la forma de erosión más importante debido a la frecuencia e intensidad de las lluvias.

Esta clase de erosión a su vez puede sub-dividirse de la siguiente manera:

- Erosión Pluvial
- Erosión por Escurrimiento
  - Escurrimiento difuso
  - Erosión laminar
  - Erosión por surcos
  - Erosión por cárcavas
  - Erosión regresiva o remontante
  - Terracetas

- Remoción en Masa

  - Deslizamientos
  - Derrumbes
  - Coladas de Barro
  - Solifluxión o reptación

b.3) Problemas especiales de manejo ocasionados por el hombre

Inadecuado manejo de la vegetación: Inciden básicamente en el manejo de cultivos, conducción de praderas, conducción de bosques naturales o establecidos, sistemas de cultivo, etc.

Inadecuado manejo de suelos: Debido fundamentalmente a la alteración de las propiedades del suelo con pérdida de su fertilidad y disminución de su productividad. Estos problemas pueden ocurrir sin necesidad de que se produzcan pérdidas efectivas de suelo.

2.2. Codificación de los problemas de conservación de suelos

a) Criterios de codificación

Para efectos de la codificación se ha tenido en cuenta el ordenamiento establecido en la clasificación de los problemas de conservación de suelos. La nomenclatura que corresponde a cada uno de los problemas descritos en el presente trabajo, está dada en forma literal y numérica mediante códigos tal como se indica a continuación:

- El primer código expresado mediante una letra "Mayúscula" identificará al problema genérico.

Ejm.	Problemas de inundación	: I
	Problemas de erosión	: E
	Problemas especiales de manejo	: M

- El segundo código, expresado en forma literal mediante dos letras en minúsculas que precederán al código anterior mediante un punto, identificará

los tipos o formas de ocurrencia de cada uno de los problemas de conservación.

Ejm: (caso de las inundaciones)

Generalizada	: ge
Localizadas	: lo

(caso de la erosión)

Geológica	: ge
Antrópica	: an

- El tercer código, expresado en forma numérica, procederá al código anterior mediante un guión identificando las sub-divisiones (clases) que corresponden cada uno de los tipos a formas de ocurrencia de los problemas de conservación.

Ejm: (caso de las inundaciones generalizadas)

Frecuentes	: I. ge - 1
Eventuales	: I. ge - 2

(caso de problemas especiales de manejo)

Tala irracional	: M. ve - 1
Sobre pastoreo	: M. ve - 2
Mal drenaje	: M. sa - 1
Salinidad	: M. sa - 2

En el caso especificado de la erosión, el Tercer Código estará expresado en forma literal mediante dos letras: una mayúscula y otra minúscula, que precederán al segundo código mediante un punto. La primera letra de este código corresponde a la CLASE de Erosión.

Ejm: (caso de la Erosión Antrópica)

Eólica	: E. an. E
Hídrica	: E. an. H

La segunda letra de este código identificará las sub-clase 1, o sea, las divisiones comprendidas dentro de la CLASE denominada "Hídrica" tal como sucede con la erosión por escurrimiento, pluvial y remoción en masa.

Se ubicará como sub-índice de las letras mayúsculas.

Ejm: (caso de la Erosión Antrópica Hídrica)

Pluvial	: E. an. Hp
Escurrimiento	: E. an. He

Finalmente y siempre referido al caso de la Erosión, existirá un cuarto código expresado en forma numérica que identificará a la sub-clase 2, es decir las divisiones comprendidas en las sub-clases 1 de Erosión que para el caso corresponden al "Escurrimiento" y "remoción en masa", respectivamente. Esta numeración permitirá diferenciar los problemas de erosión a nivel de la sub-clase 2 a la vez que les proporcionará un ordenamiento.

Ejm: (caso de la Erosión Antrópica Hídrica por Escurrimiento)

Difuso	: E. an. He - 1
Laminar	: E. an. He - 2
Surcos	: E. an. He - 3

												del Problema
INUNDACION	I	Generalizada	ge	Frecuencia	1							I. ge - 1
				Eventual	2							I. ge - 2
		Localizada	lo	Frecuente	1							I. lo - 1
				Eventual	2							I. lo - 2
EROSION	E	Geológica	ge	Eólica	1							E. ge - 1
				Hídrica	2							E. ge - 2
				Gravedad	3							E. ge - 3
		Antrópica	an	Eólica	E							E. an. E
				Hídrica	H	Pluvial	P					E. an. Hp
						Escurrimient.	e	Difuso	1			E. an. He-1
								Laminar	2			E. an. He-2
								Surcos	3			E. an. He-3
								Cárcavas	4			E. an. He-4
								Regresiva	5			E. an. He-5
								Terracetas	6			E. an. He-6
						Remoción en masa	r	Deslizamient.	1			E. an. Hr-1
								Derrumbres	2			E. an. Hr-2
								Colados Barro	3			E. an. Hr-3
								Solifluxión	4			E. an. Hr-4
								Hundimientos	5			E. an. Hr-5
								Desprendimient.	6			E. an. Hr-6
ESPECIALES DE MANEJO	M	Inadecuado Manejo de la Vegetación	ve	Tala irracion.	1							M. ve - 1
				Sobre Pastoreo	2							M. ve - 2
				Incendios	3							M. ve - 3
				Dispo.Inad. de cultivos	4							M. ve - 4
				Sustit.de plantas perennes por anuales	5							M. ve - 5
		Inadecuado Manejo del Suelo y Agua	sa	Mal Drenaje	1							M. sa - 1
				Salinidad	2							M. sa - 2
				Labranza exce.	3							M. sa - 3
				Nivelación def.	4							M. sa - 4
				Métodos Inadecuados	3							M. sa - 5

2.3 Cuadros de Clasificación de Prácticas (Clasificación base)

a) Por la naturaleza del tratamiento

- Prácticas Agronómicas-Culturales
- Prácticas Forestales-Agrostológicas
- Prácticas Mecánica-Estructurales

b) Por el lugar geográfico donde se aplican

- A nivel geográfico de laderas
- A nivel geográfico de valles
- A nivel geográfico de cauce

c) Por la frecuencia y duración de las prácticas

- Permanentes
- Ocasionales
- Anuales

Sub-Clasificación de las prácticas por la naturaleza de tratamiento:

a) Prácticas Agronómicas-Culturales

- Prácticas de labranza
- Prácticas de Manejo de los cultivos
- Prácticas Especiales de cultivo

b) Prácticas forestales-Agrostológicas

- Prácticas Forestales-Agrostológicas de Protección
- Prácticas Forestales-Agrostológicas de Aprovechamiento

c) Prácticas Mecánico Estructurales

- Prácticas de almacenamiento y captación del agua
- Prácticas de Conducción, control y evaluación del agua
- Prácticas de distribución y aplicación del agua

Cuadros de prácticas clasificadas

a) Prácticas Agronómico - Culturales

- Prácticas de labranza
  Aradura del suelo
  Labranza del sub-suelo
  Surcos en contorno
  Surcos tabicados

- Prácticas de manejo de cultivos

  Aplicación de materia orgánica
  Rotación de cultivos
  Cultivos asociados
  Cultivos en fajas (bandas)
  Cultivos con "MULCH"
  Cultivos de cobertura
  Aplicación de fertilizantes
  Uso de semillas seleccionadas (mejoradas)

- Prácticas especiales de cultivos

  Abono verde
  Barreras vivas
  Fajas (bandas) de contención
  Agregantes ("Acondicionadores" - Correctores del suelo)

b) Prácticas Forestales - Agrostológicas

- Prácticas forestales - agrostológicas de protección

  Cercas de protección del bosque
  Cortafuegos
  Vedas rotativas
  Foresta de protección de taludes, quebradas y cárcavas
  Protección de riberas con vegetación nativa
  Establecimiento de pasturas con fines de protección
  Ejecución de deshierbas en pastos

- Prácticas forestales - agrostológicas de aprovechamiento

  Ordenamiento de bosques con fines de aprovechamiento
  Pastos mejorados con fines pecuarios
  Establecimiento de potreros
  Selección de especies y semillas forestales con fines de aprovechamiento
  Entresaque racional del bosque
  Podas forestales
  Cortes selectivos forestales con fines de aprovechamiento

- Prácticas de almacenamiento y captación del agua

  Micropresas
  Pozos de almacenamiento nocturno
  Estanques de captación del agua
  Pozas de captación
  Terrazas de captación

- Prácticas para la conducción, control y evacuación del agua

  Acequias de ladera
  Canales de desviación
  Canales vegetados
  Drenes subterráneos y superficiales
  Zanjillas de desague

Vertimientos de agua
Defensas ribereñas y control de torrentes* (Ver principales prácticas en el siguiente cuadro)

- Prácticas para la distribución y aplicación del agua

Terrazas

Terrazas de Banco o Bancales
Terrazas con plataforma inclinada
Terrazas de Camellón
Terrazas individuales

Zanjas de absorción

---

* Defensas Ribereñas y Control de Torrentes

Diques de mampostería de piedra asentada
Muros enmallados o gabiones
Diques de concreto ciclópeo
Diques de roca pesada
Dados de concreto
Diques de muro seco
Caballos
Diques de madera
Mancarrones
Gallineros
Muros de piedraplén
Muros de terraplén
Bolsas
Caballos achiquerados
Tetrápodos
Diques transversales de madera
Diques transversales de muro seco
Diques transversales de concreto

2.4 Ordenamiento de las prácticas con fines de identificación

a) Prácticas agronómicas-Culturales

1- Araduras del suelo
2- Surcos en contorno (curvas a nivel)
3- Rotación de cultivos
4- Aplicación de fertilizantes
5- Cultivos en fajas (bandas)
6- Cultivos asociados
7- Cultivos de cobertura
8- Cultivos con Mulch
9- Uso de semillas seleccionadas (mejoradas)
10- Aplicación de materia orgánica
11- Labranza de sub-suelo
12- Surcos tabicados
13- Aplicación de abonos verdes
14- Barreras vivas
15- Fajas de contención (bandas)
16- Correctores del suelo (Agregantes, acondicionadores)

b) Prácticas Forestales-Agrostológicas

1- Ordenación de bosques con fines de aprovechamiento
2- Pastos mejorados con fines pecuarios
3- Establecimiento de potreros
4- Selección de especies y semillas forestales con fines de aprovechamiento
5- Entresaque racional del bosque
6- Podas forestales
7- Cortes selectivos forestales con fines de aprovechamiento
8- Cercas de protección del bosque
9- Cortinas rompevientos
10- Corta fuegos
11- Rotación de potreros
12- Vedas rotativas
13- Foresta de protección de taludes, quebradas y cárcavas
14- Protección de riberas con vegetación nativa
15- Establecimiento de pasturas con fines de protección
16- Deshierbas en pastos

c) Prácticas Mecánico-Estructurales

1- Terrazas de banco o bancales
2- Micropresas
3- Pozas de almacenamiento nocturno
4- Canales de desviación
5- Acequias de ladera
6- Zanjas de absorción
7- Canales de vegetación
8- Estanques de captación del agua
9- Drenes subterráneos y superficiales
10- Zanjillas de desague

11- Terrazas de captación
12- Terrazas de camellón
13- Muros de sostenimiento
14- Banquetas
15- Fajinados
16- Diques de mampostería de piedras asentadas
17- Diques de roca pesada
18- Muros enmallados o gabiones
19- Diques transversales de madera
20- Diques de concreto armado
21- Terrazas de plataforma inclinada
22- Terrazas individuales
23- Diques de concreto ciclópeo
24- Caballos y mancarrones
25- Muros de piedra Plen
26- Muros de terraplén
27- Gallineros
28- Caballos achiquerados
29- Dados de concreto
30- Tetrápodos

CODIGO	PRACTICA	CRITERIOS DE CODIFICACION				OBSERVACIONES
		Clasificación por la Naturaleza del Tratamiento	Tipo de Manejo	Frecuencia y Duración de la práctica	Ordenamiento con fines de Identificación.	
Ac.MS.A-1	Aradura Mínima del Suelo	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del suelo (MS)	Anual	1	
Ac MS.A-2	Surcos en contorno	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del suelo (MS)	Anual	2	
Ac MV.O-3	Rotación de cultivos	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	3	
Ac MS.O-4	Aplicación de Fertilizantes	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del Suelo (MS)	Ocasional	4	
Ac MV.P-5	Cultivos en Fajas	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	5	
Ac MV.O-6	Cultivos Asociados	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	6	
Ac MV.O-7	Cultivos de Cobertura	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	7	Permanente
Ac MV.O-8	Cultivos con "Mulch"	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	8	
Ac MV.A-9	Uso de semilla seleccionada	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Anual	9	
Ac MV.O-10	Aplicación de Materias Orgánicas	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	10	
Ac MS.O-11	Labranza del sub-suelo	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del suelo (MS)	Ocasional	11	
Ac MS.O-12	Surcos tabicados	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del Suelo (MS)	Ocasional	12	
Ac MV.O-13	Aplicación de abonos verdes	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	13	
Ac MV.O-14	Barreras vivas	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	14	
Ac MV.O-15	Fajas de contencion (Bandas)	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo de la vegetacion (MV)	Ocasional	15	
Ac MS.O-16	Correctores del suelo	Agronómico-Cultural (Ac)	Manejo del suelo (MS)	Ocasional	16	

CODIGO	PRACTICA	CRITERIOS DE CODIFICACION				OBSERVACIONES
		Clasificación por la Naturaleza del Tratamiento	Tipo de Manejo	Frecuencia y Duración de la práctica	Ordenamiento con fines de Identificación	
Fa MV.P-1	Ordenación de bosques con fines de aprovechamiento y/o protec.	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	1	
Fa MV.P-2	Pastos mejorados con fines pecuarios	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	2	
Fa MV. P-3	Establecimiento de Potreros	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	3	
Fa MV.O-4	Selección de especies y semillas forestales	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	4	
Fa MV.O-5	Entresaque racional del bosque	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	5	
Fa MV.O-6	Podas forestales	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	6	
Fa MV.O-7	Cortes selectivos forestales	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	7	
Fa MV.O-8	Cercos de protección del bosque	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	8	
Fa MV.P-9	Cortinas rompevientos	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	9	
Fa MV.P-10	Corta-fuegos	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	10	
Fa MV.0-11	Rotación de potreros	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la Vegetación (MV)	Ocasional	11	
Fa MV.O-12	Vedas rotativas	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	12	
Fa MV. P-13	Foresta de protección de quebrados y cárcavas	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	13	
Fa MV. P-14	Protección de riberas con vegetación nativa	Forestal-Agrostológico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	14	
Fa MV. P-15	Establecimiento de pasturas con fines de proteccion.	Forestal-Agrostologico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Permanente	15	
Fa MV.O-16	Deshierbos en pastos	Forestal-Agrostologico (Fa)	Manejo de la vegetación (MV)	Ocasional	16	

CODIGO	PRACTICA	CRITERIOS DE CODIFICACION				OBSERVACIONES
		Clasificación por la Naturaleza del Tratamiento	Tipo de Manejo	Frecuencia y Duración de la práctica	Ordenamiento con fines de Identificación	
Me MA.P-1	Terrazas de Banco	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	1	
Me MA.P-2	Micropresas	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	2.	
Me MA.P-3	Pozos de Almacenamiento nocturno del agua.	Mecánico-Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	3	
Me MA.P-4	Canales de Desviación	Mecánico-Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	4	
Me MA.P-5	Acequias de Laderas	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	5	
Me MA.P-6	Zanjas de Absorción	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	6	
Me MA.P-7	Canales Vegetados	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	7	
Me MA.P-8	Estanques de Captacion del agua	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	8	
Me MA.P-9	Drenes Subterráneos y Superficiales	Mecanico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	9	
Me MA.P-10	Zanjillas de Desague	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	10	
Me MA.P-11	Terrazas de Captacion	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	11	-
Me MA.P-12	Terrazas de Camellón	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	12	
Me CD.P-13	Muros de sostenimiento	Mecánico Estructural (Me)	Control de Deslizamientos (CD)	Permanente	13	
Me CD.P-14	Banquetas	Mecánico Estructural (Me)	Control de Deslizamientos (CD)	Permanente	14	
Me CD.P-15	Fajinados	Mecánico Estructural (Me)	Control de Deslizamientos (CD)	Permanente	15	

CUADRO DE PRACTICAS CODIFICADAS

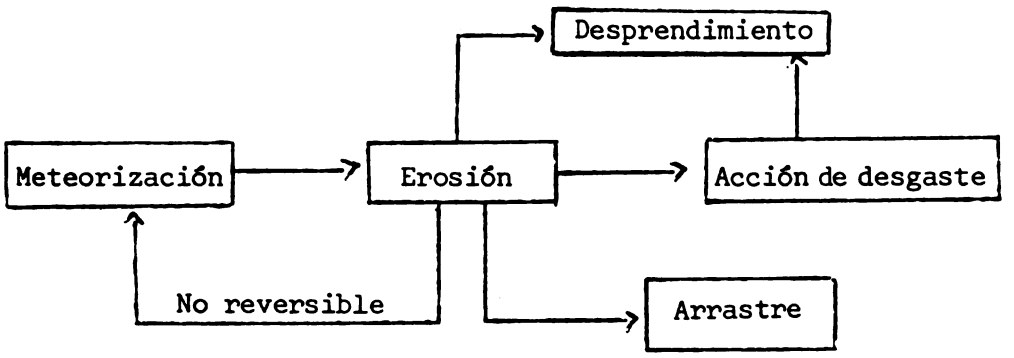
CODIGO	PRACTICA	CRITERIOS DE CODIFICACION				OBSERVACIONE
		Clasificación por la Naturaleza del Tratamiento	Tipo de Manejo	Frecuencia y Duración de la práctica	Ordenamiento con fines de Identificación	
Me MA.P-16	Diques de mamposteria de piedras asentado	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	16	CT
Me MA.P-17	Diques de roca pesada	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	17	
Me MA.P-18	Muros enmallados o gaviones	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	18	CT
Me CT.P-19	Diques transversales de madera	Mecánico Estructural (Me)	Control de Torrentes (CT)	Permanente	19	
Me CT.P-20	Diques de concreto armado	Mecánico Estructural (Me)	Control de Torrentes (CT)	Permanente	20	
Me MA.P-21	Terrazas de plataforma inclinada	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	21	
Me MA.P-22	Terrazas Individuales	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	22	
Me MA.P-23	Diques de concreto ciclópeo	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Permanente	23	
Me MA.O-24	Caballos y Mancarrones	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	24	
Me MA.O-25	Muros de piedraplen	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	25	
Me MA.O-26	Muros de terraplén	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	26	
Me MA.O-27	Gallineros	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	27	
Me MA.O-28	Caballos achiquerados	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	28	
Me MA.O-29	Dados de concreto	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	29	
Me MA.O-30	Tetrápodos	Mecánico Estructural (Me)	Manejo del agua (MA)	Ocasional	30	

CAPITULO III

ESTUDIO DE LA EROSION DEL SUELO

3.1 Definición y principios de la erosión

La palabra EROSION viene del latín ERODERE que significa ROER. Erosión del suelo, remoción del manto de suelo mediante un proceso rápido y contemporáneo que implica un desequilibrio en la naturaleza.



La meteorización prepara las partículas para su fácil movimiento y transporte.

Los dos agentes erosivos más importantes, son el agua y el viento.

3.2 Clasificación de la erosión

Clases de erosión:

a) Erosión geológica o natural: Es el desgaste natural de la superficie de la tierra sin intervención del hombre y por lo tanto fuera de su control. Los factores que actúan en este tipo de erosión son: el agua de las lluvias, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura y la gravedad. La erosión geológica contribuye a la formación del relieve, a la meteorización de las rocas y a la formación de los suelos.

b) Erosión acelerada o antrópica: Es la erosión rápida del suelo propiciado por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación y el agua o el viento.

El hombre favorece la acción erosiva del agua y el viento, especialmente en los terrenos pendientes, al usar sistemas y herramientas inadecuadas en los cultivos, al talar los bosques o quemar la vegetación, al construir obras o vías de comunicación.

CLASIFICACION DE LA EROSION ACELERADA

- EROSION EOLICA (Movimiento de partículas)
  - Desprendimiento de partículas
  - Transporte de partículas
  - Deposición de partículas
- EROSION HIDRICA (Movimiento de partículas; Movimiento de masas)
  - Pluvial
    - Por escurrimiento
      - Normal
      - Laminar
      - Surcos
      - Cárcavas
    - Movimiento de masas
      - Deslizamientos
      - Derrumbes
      - Solifluxión
      - Hundimientos
      - Desprendimientos y desplomes

3.3 Formas de erosión

Erosión Eólica: Es aquella causada por el viento en los terrenos sueltos, localizados en regiones con variaciones altas de temperatura, poca precipitación y predominancia de vientos fuertes.

Erosión Hídrica: Su agente es el agua de las lluvias, que actúa por el impacto de las gotas en el desprendimiento del suelo, y su arrastre por el agua de escurrimiento.

3.4 Clasificación de la erosión hídrica

Erosión pluvial: Una parte del proceso de erosión se debe al golpe de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo (salpicadura). Por la fuerza de caída y el tamaño de las gotas, éstas desprenden las partículas de los agregados del suelo y las dispersan.

Además de los efectos de desprendimiento y dispersión, la erosión pluvial deja las partículas finas del suelo en suspensión para que el agua superficial las arrastre, iniciándose así otras formas de erosión.

Erosión por escurrimiento: Cuando el agua de lluvia no alcanza a infiltrarse en el suelo (debido a que la intensidad del aguacero es mayor que la velocidad de infiltración o que el suelo está saturado) fluye por la superficie de terrenos pendientes (escorrentía) arrastrando el suelo desprendido.

Según sean la pendiente, la cantidad de agua y la clase de suelo, se presentan diferentes formas de esta clase de erosión.

a) Escurrimiento difuso: Es un tipo de erosión llamada "normal", consistente en desplazamientos cortos de pequeñas partículas, o en la formación de surquillos temporales. Ocurre aún en terrenos con buena cobertura vegetal.

b) Erosión laminar: (escurrimiento difuso intenso) es el arrastre uniforme y casi imperceptible de delgadas capas de suelo por mantos de agua. A veces se forman redes de pequeños surquillos por las rugosidades de la superficie, que cambian su curso y su forma durante el aguacero.

Es común aún en suelos resistentes a la erosión.

Cuando el agricultor advierte este tipo de erosión, sólo queda una capa muy delgada de suelo, las raíces de las plantas están desnudas o se ha lavado completamente el suelo hasta aparecer el subsuelo o la roca, También se observan cambios de color en algunas partes del terreno.

c) Erosión en surcos: Es causada por el escurrimiento concentrado del agua en surcos más o menos paralelos, independientes y durables. El cultivo en sentido de la pendiente facilita la concentración del agua de escurrimiento, formando los surcos. En pendientes menores al 20%, estos surcos pueden ser borrados con herramientas de labranza y así evitar que aumenten su tamaño hasta formar cárcavas. La formación de surcos es frecuente en suelos medianamente susceptibles a la erosión.

d) Erosión en cárcavas: Cuando hay una mayor concentración en el escurrimiento, las irregularidades del terreno permiten la unión de varios surcos y se forman zanjas de gran tamaño conocidas como cárcavas, generalmente ramificadas y que no permiten el uso de maquinarias ni el cultivo. Esta forma de erosión es común en suelos susceptibles a la erosión.

Movimientos de masa: Es un movimiento de una masa de suelo, causado por la infiltración del agua y la acción de la gravedad. Puede ser de movimiento o flujo lento como la solifluxión, o de flujo rápido como los derrumbes.

Las principales formas en que se presenta este fenómeno son:

a) Deslizamientos: Son movimientos de suelo en masa, rápidos, que ocurren por saturación y aumento del peso de la masa. El agua infiltrada encuentra capas inferiores de texturas más finas o impermeables, que facilitan el deslizamiento de la capa superior del suelo por lubricación y gravedad.

Se favorecen cuando se destruye la vegetación y se propicia la infiltración. Se pueden observar masas removidas que conservan su cubierta superficial sin dañarse.

b) Derrumbes: Son desmoronamientos progresivos que se desplazan violentamente hacia abajo en zonas pendientes, por efectos del agua y la gravedad. Afectan toda clase de terrenos, y presentan posteriormente pérdidas de suelo por escurrimiento del agua dentro de ellos.

Solifluxión: Es un movimiento lento y progresivo de suelos que han alcanzado al límite de liquidez, y que descansan sobre materiales arcillosos o rocas de baja permeabilidad, con planos favorables de deslizamiento, o sobre zonas con materiales metamórficos en estado avanzado de meteorización.

Los problemas de solifluxión son ocasionados por aguas internas provenientes de infiltración o corrientes subterráneas.

Hundimientos: Pueden ser rápidos o lentos. Los rápidos son causados por el lavado diferencial de materiales, por disoluciones, por socavación o por falla de los estratos subyacentes; se presentan en áreas con minas, con calizas cavernosas subyacentes y en áreas con corrientes subterráneas artesianas en estratos de materiales con baja estabilidad. También pueden producirse por excavaciones para construcciones, alcantarillados, etc.

Desprendimientos y desplomes: Son caídas rápidas de tierra o roca producidas "en seco" por su peso y pérdida de cohesión. Se presentan en bordes o salientes de formaciones rocosas, formaciones esquistosas y conglomerados, entre otras.

3.5 Medida y grados de la erosión

Métodos para medir la erosión:

Directos: Aquellos que se utilizan directamente en el campo:

a) En el lugar donse se producen

b) Durante el transporte de las partículas

c) En el lugar donde se depositan las partículas

Indirectos. Se derivan de las anteriores; basados en las observaciones, se establecen análisis, mediante aplicación de formulas.

a) Ecuación Universal de pérdida de suelo (parcelas)

b) Fórmula de Frederic Fournier (cuencas)

La erosión se expresa en términos de peso x unidad de área, volumen x unidad de área o profundidad x unidad de área.

De los métodos directos se desarrollan aplicaciones de fórmulas para calcular la erosión, relacionado a la sedimentación.

Fórmula de Einstein
Fórmula de Einstein modificada
Fórmula de Straus (a partir de la fórmula de Du Boys)
Fórmula de Kalinske
Fórmula de Meyer-Peter Muller
Fórmula de Schoklistsh
Fórmula de Colbey

Fórmulas aplicables más importantes

Ecuación de Straub

$G = 43.2 \theta S^2 \; wd \; (d-do)$

G = descarga de sedimentos en Tn/día

43.2 = Constante para conversión de lb x seg a tn/día

θ = Características de transporte de Straub lb/pie^3

S = pendiente de la gradiente de energía

do = profundidad mínima en la cual los sedimentos del río empiezan a tener movimiento (pie)

w = peso específico del agua lb/pie^3

d = profundidad del río (pie)

Ecuación universal de pérdida de suelo

A = R K L S C P

A = pérdida promedio del suelo en tn/unidad de área

R = factor de lluvia

K = factor de suelo

LS = factor de la longitud e inclinación de la pendiente

C = factor de manejo de cultivo

P = factor de práctica de conservación

Cada factor a su vez tiene una fórmula de cálculo o corresponde a coeficientes establecidos en tablas.

Tolerancia de la erosión:

1.8 tn/ha/año Suelos profundos, bien drenados y permeables

0.4 - 0.8 tn/ha/año Suelos poco profundos y con subsuelos rocosos

GRADOS DE EROSION

Equivale a establecer una valoración directa sobre el terreno para determinar la intensidad del fenómeno sobre el área; se relacionan áreas afectadas y profundidades pérdidas, los cuales corresponden a intensidades. (Ver Cuadro).

Grados de Erosión	Area afectada
Ligera	hasta 10%
Moderada	11 - 25%
Severa	25 - 50%
Grave	mayor de 50%

Grados de Erosión	Espesor de suelo perdido
Nula - 0	25% del horizonte A
Normal - 1	25% - 50% del horizonte A
Ligera - 2	50 - 75% del horizonte A
Moderada - 3	75% del horizonte A 25% del horizonte B
Severa - 4	25% - 50% del horizonte B
Grave - 5	75% del horizonte B

3.6 Efectos causados por la erosión

Los daños causados por la erosión pueden ser directos cuando afectan las plantaciones o dañan la finca, disminuyen la capacidad de producción y desvalorizan la propiedad.

La suma o conjunto de los problemas de erosión de varias fincas ocasiona daños indirectos que se manifiestan en desequilibrios hidrológicos y ecológicos, en problemas de sedimentación y daños en las vías, en los acueductos, en las hidroeléctricas y en las viviendas.

Todos los daños directos e indirectos, significan grandes pérdidas económicas para el agricultor, la comunidad y el país, y en ocasiones la pérdida irreparable de vidas humanas y la esterilidad de vastas regiones.

a) Daños directos: Son los que se manifiestan visiblemente en una finca y que pueden ocurrir aún por la acción de un sólo aguacero fuerte.

Entre los principales daños directos están:

- Pérdida de siembra: En muchas ocasiones, el agua de escorrentía puede desanclar y arrastrar completamente plantaciones poco desarrolladas o recién plantadas en las laderas.

- Dificultad de laboreo: La formación de surcos y cárcavas, divide los lotes y dificulta las labores culturales y el empleo eficiente de labranza.

- Pérdida de suelo: En suelos desprotegidos, con estructura débil y estabilidad baja, ocurren las mayores pérdidas de suelo por acción de las lluvias. Aunque la velocidad de la escorrentía sea muy baja, hay pérdida de partículas finas (limos, arcillas). Así, los suelos se empobrecen y tienden a convertirse en campos de arena, grava o subsuelo improductivo. En las zonas de sedimentación se acumulan arcillas, que limitan la profundidad efectiva de los suelos.

- Arrastre de nutrientes: El agua de escorrentía puede arrastrar los fertilizantes y la materia orgánica aplicados superficialmente. Los fertilizantes solubles también se pueden perder por infiltración excesiva (lixivia - ción) en suelos muy permeables.

- Pérdida de agua: La pérdida de agua almacenada disponible para las plantas, puede ocurrir como consecuencia de la desprotección de la superfice, que favorece una mayor evaporación y un resecamiento del suelo.

- Pérdidas de áreas de cultivo: Por derrumbes, hundimientos, deslizamientos y cárcavas, y en las orillas de ríos y carreteras. Se disminuye el área productiva y se desvaloriza la finca.

- Pérdidas por compactación del suelo: Debido al laboreo continuo, se va perdiendo la estructura de los suelos y tienden a compactarse limitando el desarrollo y producción de los cultivos. El sobrepastoreo también ocasiona esta compactación.

b) Daños indirectos: La desforestación de las hoyas hidrográficas hace más grande las fluctuaciones de los caudales de quebradas y ríos; los máximos y mínimos se hacen más críticos (torrencialidad), debido al desbalance entre la lluvia y la retención por parte de la vegetación y el mulch.

Los principales problemas ocasionados por este desequilibrio hidrológico son:

- Daños en cultivos, vías y poblaciones por avenidas, inundaciones y derrumbes.
- Pérdida de cosechas y escasez de agua para el consumo en las sequías.
- Colmatación de lagos, embalses y canales, con disminución de su capacidad de almacenamiento y conducción. Esto afecta acueductos e hidroeléctricos, así como la pesca y la navegación.
- Las fluctuaciones de los caudales aumentan la potencia erosiva de las aguas, causan desprendimientos y socavamientos en las orillas y aumen- el tamaño y la cantidad de materiales arrastrados. Estos sedimentos ocasionan el levantamiento paulatino de los cauces y la alteración de sus cursos.
- La acumulación de sedimentos en las desembocaduras, forma abanicos que represan los ríos, causan la elevación remontante del tirante del agua y producen desbordamientos, inundaciones y problemas de drenaje en las zonas aledañas.
- Los materiales depositados por el agua sobre tierras de cultivo, en la mayoría de los casos, son improductivos, tales como arena, grava y piedra, que es necesario remover para recuperar la fertilidad de los suelos.

Lo mismo ocurre con lotes sepultados por derrumbes, coluvios y remociones en carreteras.

- Cuando los sedimentos depositados son limos o arcillas, es muy poco o nada lo que mejoran las tierras sobre las cuales se depositan

También los desequilibrios hidrológicos causados por la tala indiscriminada de los bosques de las cuencas afectan las condiciones climáticas de determinadas áreas (topoclimas).

CAPITULO IV

ANALISIS, DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS

4.1 Criterios de selección

Para la decisión y selección de prácticas de conservación de suelos deben considerarse aspectos de caracter técnico, económicos y sociales; así mismo las acciones de control en la construcción y el mantenimiento de las prácticas. (Obras).

a) De caracter técnico:

El estudio y reconocimiento de los problemas, deben basarse en los factores del suelo, clima, topografía, uso y manejo. Es necesario indicar en cada uno de los fenómenos erosivos, su evolución y tendencia y determinar los procesos y la intensidad de cada uno de ellos para aplicar el tratamiento más aconsejable en cada uno.

Otro aspecto técnico importante, especialmente en suelos en procesos de formación, es la tendencia de evolución o meteorización del material de origen ya que esto los hace más o menos susceptibles a la erosión.

La frecuencia e intensidad de la lluvia, y la forma como se presenta la escorrentía, también determinan tipos de control para cada caso.

Hay zonas donde predomina el escurrimiento superficial (poca cobertura, suelos compactos o de texturas finas, de baja infiltración) y en otros, la infiltración (suelos sueltos, materiales metamórficos con buena cobertura, etc.) Se sabe que estos son factores antagónicos desde el punto de vista del efecto de la erosión. Con igual pendiente, el uso no puede ser el mismo para ambos casos y tampoco las obras de control contra la erosión. Por ejemplo, en áreas

que parecen de erosión laminar o en surcos, en muchos casos es aconsejable construir zanjillas de infiltración, mientras que el aplicar el mismo tratamiento a una zona de solifluxión, resultaría desastroso pues ocasionaría derumbes o deslizamientos, o los agravaría.

También es necesario diseñar diferentes tipos de obras y prácticas para casa clase de relieve. Por ejemplo, hay casos en que es necesario evacuar aguas de escorrentía, pero la alta variación del relieve no permite el trazo de canales o acequias, y es necesario aplicar otros sistemas.

Las obras de conservación o de control deben ser oportunas, es decir no dejarlas para los momentos en que los problemas se agravan, ya que los costos de las soluciones son mucho más altas o técnicamente se dificultan y en ocasiones ya no se pueden realizar.

b) De carácter socio-económico:

En el aspecto económico, debe considerarse no sólo el costo de las obras con relación a la utilidad de los terrenos recuperados, sino el beneficio que reportaría a la comunidad al evitar que avance el problema y afecte nuevas áreas.

No se deben construir obras costosas si es posible corregir el problema con prácticas económicas, sencillas, agronómicas o culturales, y con materiales disponibles en la región.

La justificación, además de factibilidad técnica y económica, está determinada por los beneficios directos o a largo plazo para la comunidad, tales como protección de cuencas hidrográficas.

En el aspecto social, el nivel educativo y económico de los agricultores son factores limitantes para el éxito de las campañas de control.

También la tenencia de la tierra influirá en el tipo de control. En las zonas de minifundio, no es posible programar obras que ocupen mucho terreno con relación al tamaño de la propiedad, y se deben buscar prácticas culturales y materiales vegetativos, que produzcan alguna utilidad económica.

c) De mantenimiento

A menudo se realizan trabajos para combatir la erosión y luego se descuidan. Las consecuencias no tardan en manifestarse: las obras se vuelven ineficaces, el desgaste del suelo se renueva, sumándose a esto el desperdicio de dinero y esfuerzo.

La inspección regular de los trabajos y obras efectuadas es fundamental, pues permite hacer oportunamente las modificaciones o reparaciones necesarias. La observación atenta de las zanjas o cárcavas corregidas, de los derrumbes tratados, y de los canales, acequias, etc. debe hacerse durante y después de lluvias intensas, a fin de determinar su verdadero funcionamiento.

Debe advertirse que las obras artificiales tardan algún tiempo en consolidarse o asentarse, por lo que pueden presentarse sorpresas desagradables si no se les atiende debidamente desde el primer momento. Las defensas vegetales requieren cuidados continuos, especialmente en su período de arraigamiento y conviene en ocasiones cercarlas para protegerlas del pisoteo de personas y animales, mientras se establecen.

4.2 Etapas para solucionar problemas de erosión

Para solucionar problemas de erosión se sugiere seguir los siguientes puntos:

1- Observar cuidadosamente el problema de erosión

2- Estudiar las condiciones dentro de las cuales ocurre el fenómeno

(material de origen, suelo, clima, vegetación, topografía).

3- Determinar todas las causas que originan el problema

4- Hacer un diagnóstico correcto del mismo

5- Estudiar con muy buen criterio las soluciones posibles y la forma como se controlarían las causas.

6- De las soluciones propuestas, escoger aquellas que estén de acuerdo con el suelo, clima, las plantas y el hombre, teniendo en cuenta su factibilidad, costos y eficiencia

7- Programar todos los pasos y detalles para la realización de las obras y prácticas de control

8- Motivar al agricultor y contar siempre con su colaboración para cumplir cabalmente las labores de conservación y mantenimiento

9- Realizar las diferentes etapas programadas en el trabajo de conservación

10- Evaluar periódicamente el trabajo realizado, para observar posibles fallas y corregirlas.

11- Mostrarle al agricultor los éxitos que se vayan alcanzando para que se sienta estimulado a conservar toda la finca y se convierta en un elemento de cambio dentro de su comunidad.

SISTEMA DE CLASIFICACION DE LA TIERRA POR CAPACIDAD DE USO

(según T.C. Sheng, 1971, con modificaciones)

Pendiente % / profundidad del suelo cm.	<12	12 - 30	30 - 50	50 - 60	>60
>90	C_1	C_2	C_3	A	F
50 - 90	C_1	C_2	C_3	A / F	F
20 - 50	C_1	C_2 / P	P	F	F
<20	C_1 / P	P	P	F	F

C_1 = Tierra cultivable con medidas extensivas de conservación de suelos, mecanización posible.

C_2 = Tierra cultivable con medidas intensivas de conservación de suelos, mecanización posible.

C_3 = Tierra cultivable a mano con medidas intensivas de conservación de suelos.

A = Arboles frutales sobre terrazas de huerto

P = Pasto

F = Forestal

Donde hay peligro de inundaciones frecuentes: pasto

Donde la pedregosidad impida la labranza con herramientas normales <50% pasto, >50% forestal

Notas: Medidas extensivas: cultivo al contorno, cultivo en fajas, barreras vivas o muertas, terrazas de base ancha, bordas de tierra, etc.

Las medidas agronómicas, como rotación de cultivos, mulch, abono orgánico y verdes, etc. son aplicables en todas pendientes donde se permite el uso agrícola.

4.3 Prácticas Agronómico-Culturales

4.3.1 Surcos en contorno

Son aquellos que se construyen transversalmente al sentido de la máxima pendiente del terreno; los cultivos se disponen en hileras.

El objetivo de esta práctica es:

- Reducir la velocidad de escurrimiento superficial
- Favorecer la infiltración del agua en el suelo
- Disminuir la erosión o controlarla
- Aumentar la producción del cultivo

CLASIFICACION

- Surcos a nivel
- Surcos con pendiente (mínima)

DISEÑO (consisten en:)

- Determinar la profundidad del surco
- Distanciamiento entre surcos
- Pendiente longitudinal del surco
- Longitud del surco

La profundidad está en relación al tipo de suelo y cultivo, 30 cm aprox.

El distanciamiento se determina por el espaciamiento que requiere la planta entre las hileras correspondiente.

Las pendientes longitudinales, pueden variar entre 0% - 5% según condiciones de suelo, precipitación y cultivos.

La longitud no debe ser mayor de 100 m, cuando se trata de surcos en contorno o pendiente.

Estos criterios deben relacionarse a las pendientes máximas del terreno, aplicable entre 5% - 10% salvo acciones de manejo altamente eficiente.

TRAZO Y CONSTRUCCION

1- Definir los elementos de diseño

2- Localizar las líneas "guías" o "base" o "maestras"

3- Las líneas guías se trazan cada 10-30 mts. en terrenos de pendiente uniforme

4- Las líneas guias se trazan cada 5-10 mts en terrenos de pendientes no uniformes

5- Utilizar un nivel de caballete o nivel A (cualquier otro) para trazar las líneas guías y construir el surco

6- Entre los espacios de las líneas guías; realizar trazos paralelos para los demás surcos intermedios (pueden quedar áreas muertas).

VENTAJAS

- Es una de las prácticas más sencillas que se aplican para la conservación del suelo y el agua, sobre todo por su fácil trazo y construcción

- No implican mayormente gasto adicional en relación a los surcos que siguen la máxima pendiente del terreno.

DESVENTAJAS

No controla totalmente la erosión:

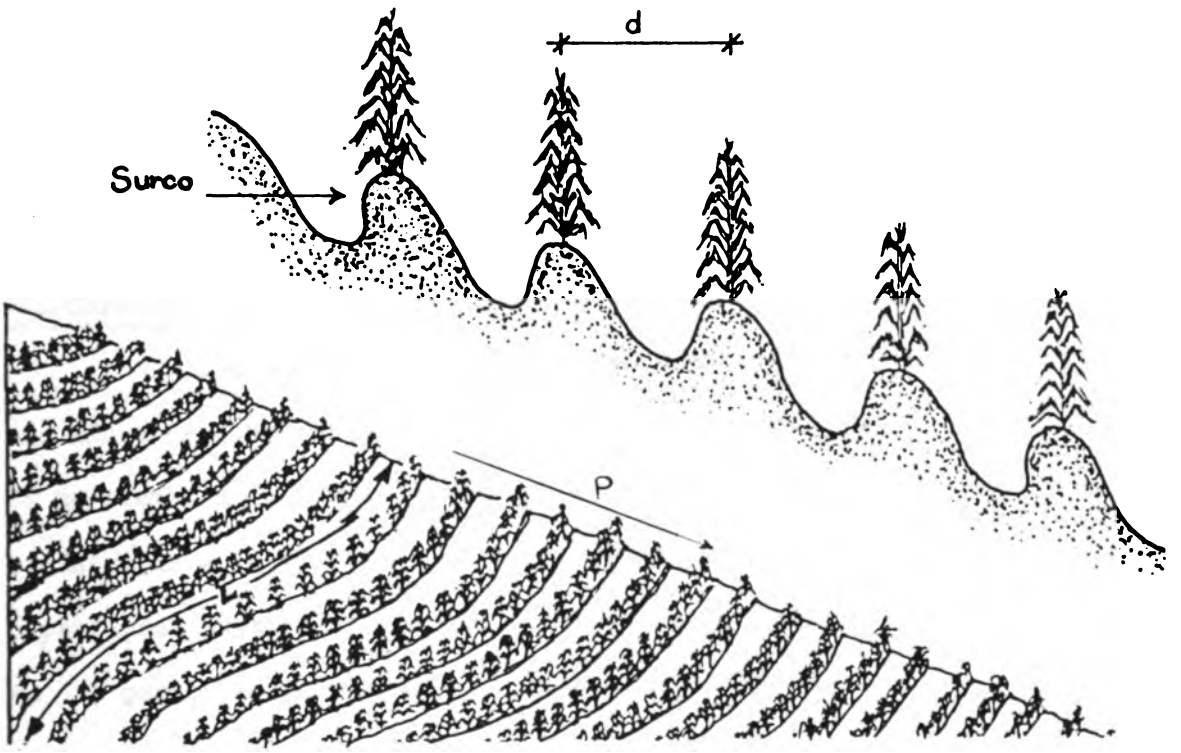
a) Al principio del cultivo cuando los surcos no están formados

b) Después de la cosecha, porque se borran los surcos

No se pueden usar en suelos muy delgados, debido a que pueden ser saturados rápidamente aún con bajas precipitaciones, originándose inmediatamente el escurrimiento superficial. Este fenómeno no se presenta también en suelos pesados debido a la baja capacidad de infiltración de los suelos.

En surcos con pendiente, la longitud máxima recomendada no debe ser mayor de 100 m aproximadamente, ya que a mayor longitud se tiene una mayor captación de agua y consecuentemente un aumento del volumen de agua a evacuarse

SURCOS EN CONTORNO



ELEMENTOS DE DISEÑO

p: pendiente máxima del terreno
h: profundidad
s: pendiente longitudinal
d: distancia entre hileras
L: longitud del surco

que puede ser mayor que la capacidad de los surcos, y en este caso el agua se rebalsará de los surcos causando erosión.

4.3.2 Cultivos en fajas

Considerando que los diferentes cultivos y diversas clases de cobertura vegetal protegen al suelo generando diferentes resistencia a la erosión.

Los cultivos de grases y forrajes proveen mejor protección al suelo que los cultivos de escarda.

Los cultivos en laderas a menudo requieren esta protección ya que siempre se desarrollan cultivos que hacen susceptible al suelo; de la erosión.

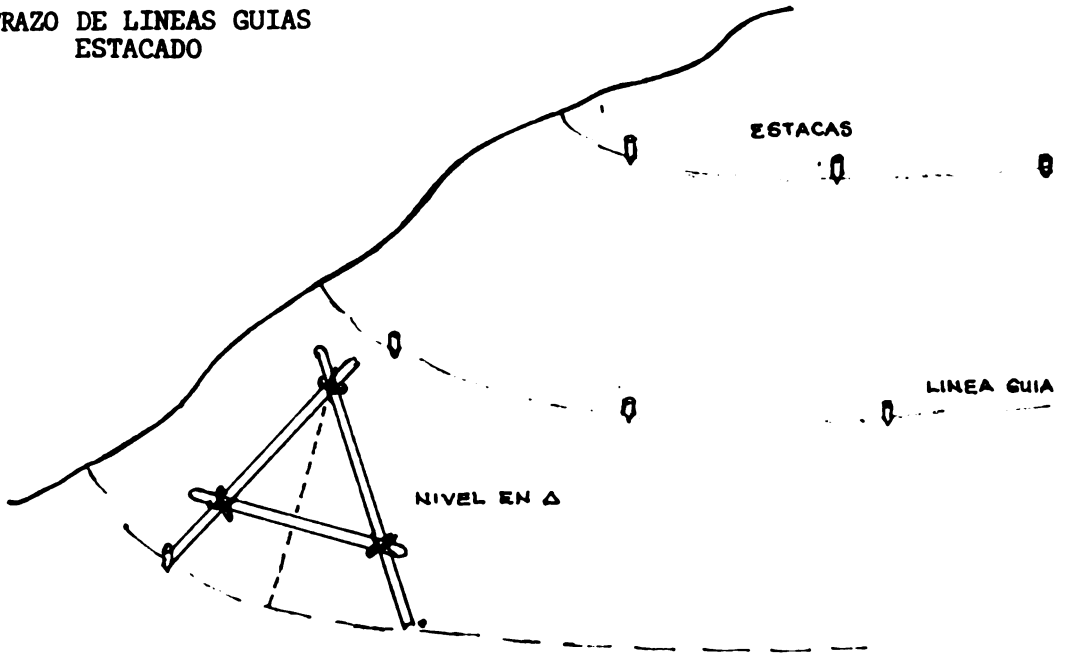
DISPOSICION

Las fajas se acomodan de tal manera que sus límites coinciden con una línea de contorno; formándose segmentos a traves de la máxima pendiente. Si se siembran cultivos diferentes alternados en los segmentos, se logra la resistencia a la erosión. La efectividad consiste en obstruir la escorrentía superficial hasta el punto que el flujo superficial no cause daño al entrar en las partes no plantadas con cultivos protectores.

FACTORES A CONSIDERAR

- Capacidad de infiltración del suelo
- Capacidad de detención del cultivo
- Pendiente transversal y longitudinal
- Consideraciones económicas

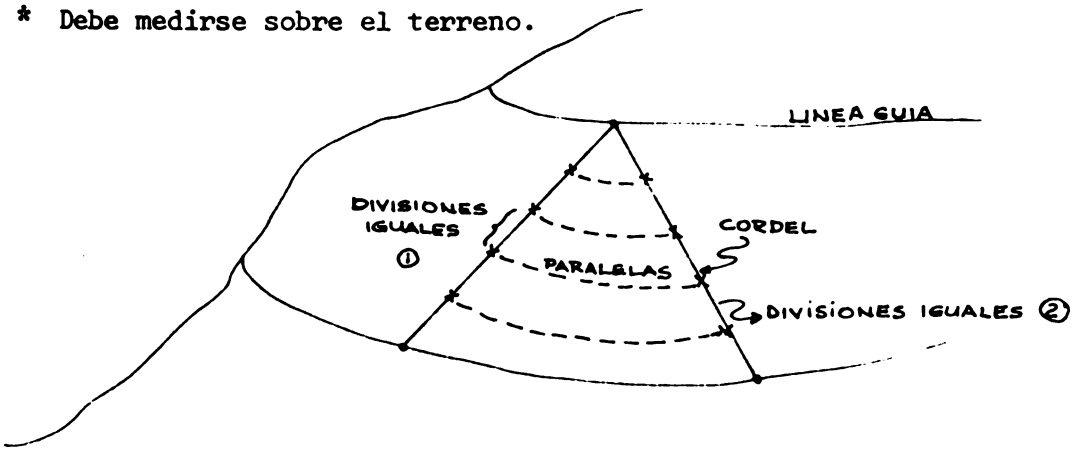
TRAZO DE LINEAS GUIAS
ESTACADO



Distancias a que deben trazarse las líneas guías en cultivos a nivel, según la pendiente del terreno.

Práctica mecánica	Pendiente media del terreno %	Distancias entre líneas guías (mts)*
Surcado al contorno (SC)	1 a 3	50
	3 a 5	40
(SC) Complementada con otra práctica mecánica	6 a 8	30
	8 a 10	20
	10 a 12	15
	12 a 15	10

* Debe medirse sobre el terreno.

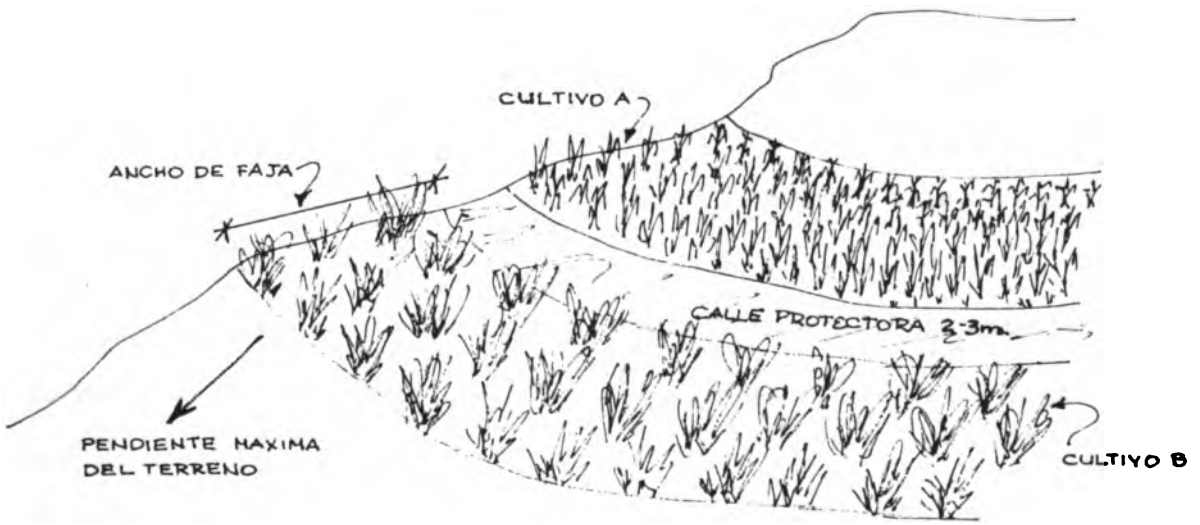


Trazo de surcos intermedios

Anchos de fajas para suelos que tienen buen poder de absorción:

Pendiente %	Ancho de la faja (m)
2 - 5	30 -
6 - 9	25
10 - 14	20
15 - 20	15

Se recomienda en términos prácticos, realizar el desarrollo de fajas en terrenos con pendiente mayor de 10% y en longitudes mayores a 200 mts, tener cuidado de combinar con otras prácticas de conservación.



Los cultivos deben ser rotativos y/o permanentes según el propósito de la práctica y las características de los suelos.

TRAZO DE LAS FAJAS

Una vez determinado el tipo de fajas por establecer en base a las características del terreno y el agente de la erosión, se procede a determinar el ancho de éstas.

La anchura de las fajas para los tres primeros tipos, está en función de pendiente del terreno, características físicas del suelo y precipitación. En el cuadro se presentan las dimensiones de la faja, de acuerdo a las condiciones del terreno.

Para los cultivos en fajas de contraviento, el ancho de la faja está en función principalmente de la textura del suelo.

El trazo en el campo para las fajas que consideran el contorno del terreno es el siguiente:

1- Se señala la línea base o de pendiente crítica del terreno mediante estacas o con una cuerda extendida si el área no es muy grande.

2- Sobre la línea base se marcan tramos con pendientes relativamente uniformes y se determina la pendiente media de cada porción de terreno.

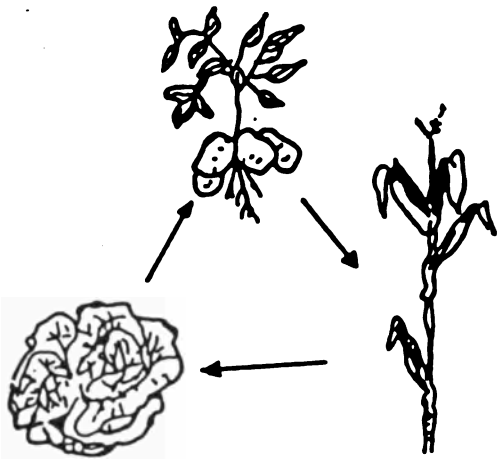
3- Con la pendiente media y las características del drenaje superficial, se determina el ancho de las fajas para cada porción del terreno.

En cada uno de los tramos y a partir de la parte más baja, se procede a señalar las divisiones de las fajas.

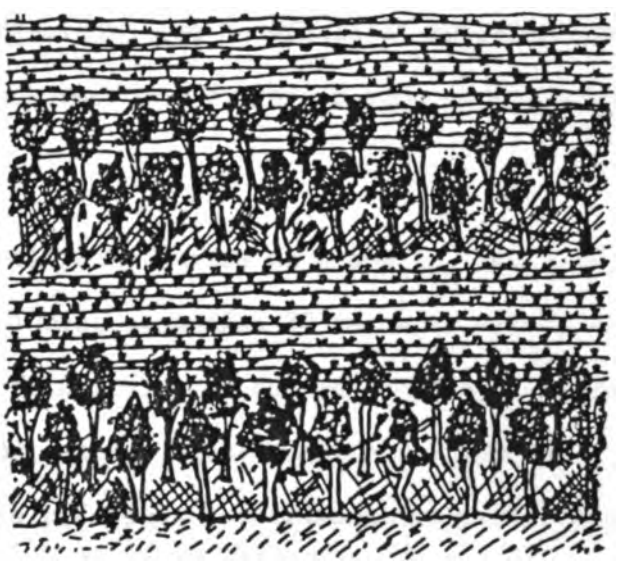
4- A partir de los sitios señalados anteriormente, se procede a estacar a intervalos regulares la curva a nivel, de acuerdo a los procedimientos y con los aparatos topográficos.

Para el caso de cultivos en fajas al contorno, las curvas a nivel señaladas en el punto anterior, se trazan en el campo por medio de un tractor o una yunta con arado de vertedera o discos, y se establecen los cultivos en forma alternada. Debe iniciarse por la parte más alta con el cultivo de escarda y de ahí continuar la alternancia con el cultivo tupido hasta determinar con toda el área.

Para los sistemas de fajas de contención y por fracciones como ya se indicó, no forzosamente siguen una curva a nivel; en estos casos al señalamiento



ROTACION DE CULTIVOS



CULTIVOS DE FAJAS

indicado, habrá que hacerle rectificaciones para formar fajas de ancho uniforme (para el cultivo de escarda), este hecho implica que algunos puntos de la nueva curva rectificada queden más bajos que los demás.

4.3.3 Cultivos de cobertura

Es la práctica que tiene por finalidad principal, establecer una cubierta vegetal sobre el terreno, después de que el cultivo principal es cosechado, evitando así la pérdida de suelo por la erosión.

La siembra de cobertura debe realizarse después que el cultivo base se haya establecido.

CARACTERISTICAS

Deben ser de tipo rastrero, que cubran bien la superficie del suelo y que se desarrollen bien, intercalándose con el cultivo principal. Debe ser en lo posible una planta leguminosa que beneficie al suelo con la fijación de Nitrógeno que pueda aprovecharse como forraje o como abono verde.

APLICACIONES

Se pueden desarrollar en suelos de clase II, III y IV preferentemente, puede sembrarse en hileras, separadas 30 cm, o al voleo, cuidando de no interferir con el cultivo principal. El cultivo de cobertura es una de las prácticas de conservación de suelo y aguas que produce mayores beneficios. Este debe adaptarse a otras prácticas conservacionistas sin interferir con su diseño y desarrollo.

SELECCION DE LAS PLANTAS COMO CULTIVO

Depende de las condiciones climáticas y del suelo; pero su función es proteger al suelo contra las gotas de lluvia y el flujo de escorrentía, por lo

tanto debe desarrollar:

- Un denso crecimiento de las partes superiores
- Un gran volumen de raíces fibrosas

4.3.4 Barreras vivas

Son hileras de plantas de crecimiento denso, de larga duración y de buena resistencia, sembradas a traves de la pendiente en curvas de nivel o en fincas de ligera pendiente.

OBJETIVO

- Disminuir la velocidad del agua de escorrentía
- Disminuir la energía del agua de escorrentía
- Interceptar y retener el suelo removido

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER LAS BARRERAS

- Determinar la pendiente
- Determinar el espaciamiento entre barreras
- Trazo de las barreras en el terreno (localización)
    - Fijación en el terreno (estacas) en la dirección de máxima pendiente la separación de acuerdo al espaciamiento calculado.
    - Trazo de las curvas en contorno a partir del punto fijo.

CONSTRUCCION

- Establecer una plataforma de 50 cm a ambos lados de la curva en contorno (línea de estacas)
- Siembra de las plantas a cada 10-15 cms de separación dependiendo de la especie
- Las plantas se disponen en doble hilera

MANTENIMIENTO

- No dejar espacios abiertos por la pérdida de algunas plantas
- No permitir excesiva altura con poco macollage de las plantas que dejen espacios abiertos al flujo de agua

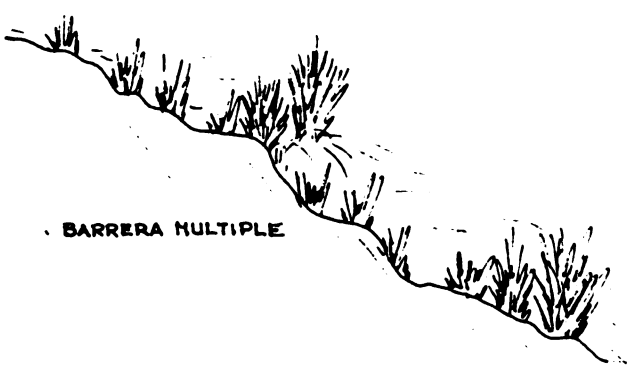
- Al realizar el corte de las plantas dejar a 20 cm. de altura, nunca al ras del suelo
- Deshierbas oportunamente, sobre todo al inicio
- No permitir que las barreras se extiendan mucho para no invadir el cultivo.

ALTERNATIVAS

- Las barreras vivas en cultivos perennes se pueden sembrar en surcos cada 5 - 30 mts dependiendo de la pendiente y del suelo.
- En barreras múltiples la distancia entre surcos es de 30 - 40 cm.

Pendiente del terreno en %	DISTANCIA EN METROS	
	Cultivos en limpio	Cultivos densos y semibosques
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	15
25	8	15
30	6.5	12
35	6	12
40	6	9
45		9
50		9
55		9
60		6

BARRERA VIVA



BARRERA MULTIPLE

4.3.5 Aplicación de Materia Orgánica

Se realiza con el propósito de mejorar la estructura y fertilidad del suelo, incrementando su productividad agrícola.

Las fuentes más utilizadas son:

- El estiercol de animales
- Los residuos vegetales descompuestos
- Los abonos verdes (leguminosas)

La efectividad se define en la medida que se logre una rápida y fácil descomposición y su incorporación sea adecuada al suelo.

Los residuos vegetales y abonos verdes serán más beneficiosos si son tiernos o verdes y menos si son leñosos o fibrosos. Mientras más viejos y leñosos, tienen mayor contenido de Carbono C y menos Nitrógeno N, la relación C : N es alta.

Los residuos de cosecha (cereales, gramíneas) tienen una relación alta C:N, pueden ser muy buenos incorporados al suelo, en la época de labranza, ya que en suelos arcillosos contribuyen a disminuir la densidad y aumentar el número de espacios (macroporos). Esta práctica no es recomendable en terreno con más del 15% de pendiente ya que la remoción de suelo es favorable para su pérdida por erosión. En terrenos con mayor pendiente estos residuos picados y esparcidos por el suelo, sirven de cobertura muerta, equilibrando la infiltración y escorrentía superficial.

4.4 Prácticas Forestales - Agrostológicas

4.4.1 Corta fuegos

Se le denomina así a la superficie de suelo mineral o sin cobertua, al descubierto, sin vegetación; trazado en forma de un camino que se construye en el bosque, con el propósito de proteger a las áreas boscosas contra el avance de incendios.

- Se localizan en áreas con problemas de sequías o peligros de incendios
- Su aplicación es de carácter permanente.
- Normas para su construcción.
    - No deben facilitar la erosión, se le debe dar mantenimiento frecuente.
    - El ancho mínimo es de 2 ó 3 mts.
    - Las pendientes del trazo no deben ser muy fuertes.

4.4.2 Protección de riberas con vegetación natural

Consiste en el establecimiento de arbustos y especies forestales en lar margenes de los cauces de las corrientes fluviales.

Se emplean en corrientes con arrastre aluvional y transporte de sedimentos abundantes que puedan significar peligros de desborde y/o inundaciones.

OBJETIVOS

- Proteger a los terrenos y poblados o infraestructura expuesta a peligros de inundación por desbordamiento de ríos.
- Procurar que las corrientes fluviales se orienten a un cauce permanente y equilibrado de efecto erosivo en la sección del cauce.

Se emplean también en la defensa de los margenes, erosionados por la corriente fluvial, en tramos rectos y sinuosos.

NORMAS DE CONSTRUCCION

- La vegetación debe cubrir la parte superior e inferior de la zona de protección , en la parte superior se colocaran árboles y/o arbustos perennes o plantas pequeñas de crecimiento denso, en la parte inferior se deben sembrar arbustos de crecimiento rápido o plantas rastreras de gran fortaleza y vigor.
- Realizar labores de mantenimiento que impidan el excesivo crecimiento de la vegetación, especialmente los árboles que crecen al pie del talud.
- Proteger el enraizamiento de las plantas hasta generar una buena fijación de las plantas y desarrollo efectivo.

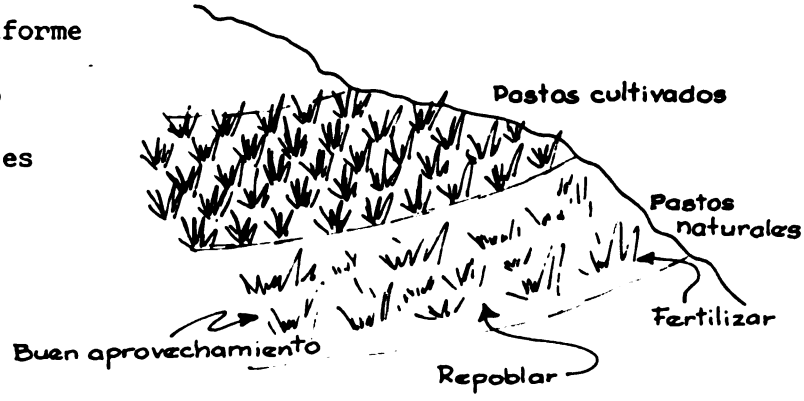
4.4.3 Mejoramiento de pastos

Consiste en cultivar pastos que han resultado como los mejores de la experimentación y promoción realizada. El pasto es muy efectivo para la protección del suelo a la erosión, como cobertura, para ganado, para protección de taludes en terrazas y acequias.

La siembra del pasto se puede realizar en surcos a cada 20/cm de separación o también como siembra al voleo previa preparación del terreno.

El mejoramiento consiste básicamente en:

- Repoblación de pastos nativos a través de la naturaleza
- Desarrollar nuevas especies
- Realizar prácticas de pastoreo tecnificadas (aprovechamiento)
- Acondicionar sistemas de drenajes
- Proveer de humedad uniforme
- Mantenimiento adecuado
- Proveer de fertilizantes y/o nutrientes



SISTEMAS DE PASTOREO PLANEADO

Un sistema de pastoreo planeado existe cuando dos o más unidades de tierras de pastoreo permanecen en descanso alternadamente, de acuerdo a una secuencia planeada. El período de descanso puede ser todo el año o durante todo o parte de la época de crecimiento.

PROPOSITOS DE LOS SISTEMAS DE PASTOREO PLANEADO:

1- Mantener o mejorar la parte aérea de las plantas usando apropiadamente el forraje de todas las unidades de pastoreo.

2- Mejorar la eficiencia del pastoreo usando uniformemente todas las partes de cada unidad de pastoreo.

3- Asegurar un abastecimiento adecuado de forraje durante la época de pastoreo.

4- Mejorar el habitat de la vida silvestre.

5- Permitir que los pastos densos capten e infiltren el agua uniformemente en todo el pastizal.

6- Controlar la erosión del suelo de la cuenca.

VENTAJAS DEL SISTEMA DEL PASTOREO PLANEADO:

1- El mejoramiento del vigor de la planta da lugar a más rizomas, macollaje y raíces.

2- Aumento de la producción de forraje, como aumento de alimentos almacenados.

3- Mejoramiento de la condición de las partes debido a que las plantas son mejores en producir semillas y en reproducirse vegetativamente.

4- Mejor distribución del ganado y pastoreo más uniforme del pasto.

5- Mejor eficiencia del pastoreo porque hay menos oportunidad del ganado de comer sólo las plantas palatables.

6- Menos problemas de parásitos y enfermedades porque las pasturas son más limpias. La rotación con tres o más pasturas rompe algunos ciclos de vida de los parásitos.

7- Más estabilidad en mantener una cantidad estable de animales.

8- Mejor eficiencia del apareamiento en un programa de terneras porque las vacas están más concentradas.

9- Requiere menos viaje y trabajo para cuidar el ganado, inspeccionar los cercos (si ya existe) y cuidar de que no falte ni sal en las unidades de pastoreo.

10- Mejorar el pastoreo de invierno.

11- Toda pastura no tiene necesariamente que ser incluído en un sistema de pastoreo. Pasturas extras se pueden necesitar para épocas de emergencia, para animales enfermos, para lotes de hijadero, períodos de cuarentena, toros en épocas que no son de apareamiento, caballos, etc.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE PASTOREO PLANEADO:

1- Puede requerir energía y tiempo para manejar su ganado. Generalmente se necesitan pasturas de tamaño más uniformes.

2- Pueden requerirse más abrevaderos o más estanques o espejos de agua.

3- El ganado y los pastos deben inspeccionarse más frecuentemente.

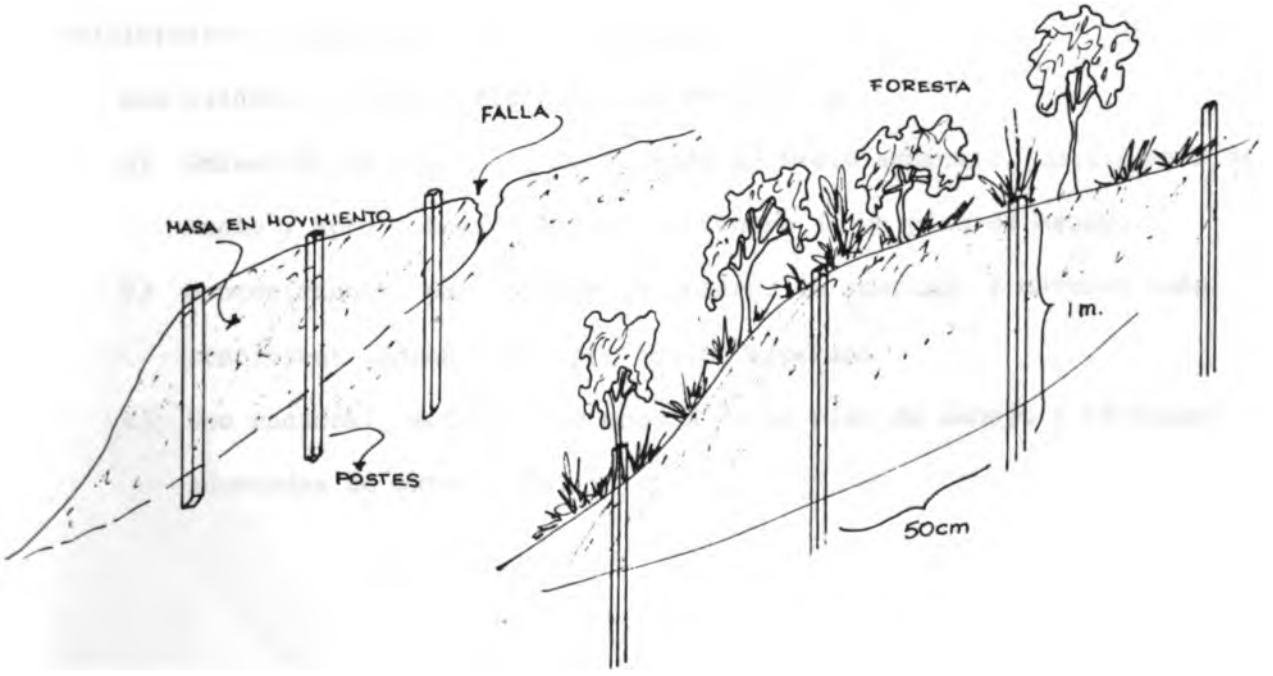
4- La producción de la ganadería puede ser inferior si el traslado de los animales de una unidad de pastoreo a otra no se hace lo suficientemente rápido, de 45 a 60 días, da más oportunidad a que se baje el performance del animal porque el forraje es menos palatable, y menos nutritivo. El plan de pastoreo debe satisfacer las necesidades nutricionales de los animales, lo cual se consigue permitiendo a las plantas crecer lo suficiente y almacenar, asimismo, suficiente carbohidrátos.

4.4.4 Foresta de protección en taludes, quebradas y cárcavas.

Se realizan para aumentar la resistencia del suelo, contra deslizamientos y erosión en las secciones de cauces (quebradas). Se utilizan, arbustos y árboles que efectúen el control mecánico contra la fuerza erosiva y de deslizamientos.

El aspecto más importante de la práctica en la fijación de postes en el suelo (penetración mínima a 1 m), y densidad puede variar de acuerdo a la forma del perfil (no mayor de 50 cm) y luego la fijación de la foresta.

Dependiendo de la función y el mantenimiento será viable, pero siempre con la finalidad de controlar los deslizamientos y evitar la erosión en los cauces de quebradas y secciones de las cárcavas.



En las cárcavas y quebradas se pueden fijar árboles y arbustos que desarrollen rápidamente y obstruir el proceso de arrastre del suelo.

4.4.5 Reforestación

Consiste en la reposición de la vegetación arbórea que existió en un área determinada; con el fin de evitar que se inicie o continue acentuando el proceso de la erosión, puede ser natural y directa.

NATURAL

Proceso de regeneración de la vegetación en un proceso técnico de aprovechamiento forestal.

DIRECTO

Consiste en la plantación de árboles en áreas explotadas, donde la erosión no se acentúa, y existe suficiente humedad y suelo.

Reforestación en cepa, con árboles distanciados a 1.5 mts. y en hileras semidistantes. (después deberá realizarse)

Los cuidados más significativos se refieren a :

a) Selección de especies, de acuerdo al medio ambiente, condiciones de suelo y aprovechamiento futuro, dentro de un plan de manejo.

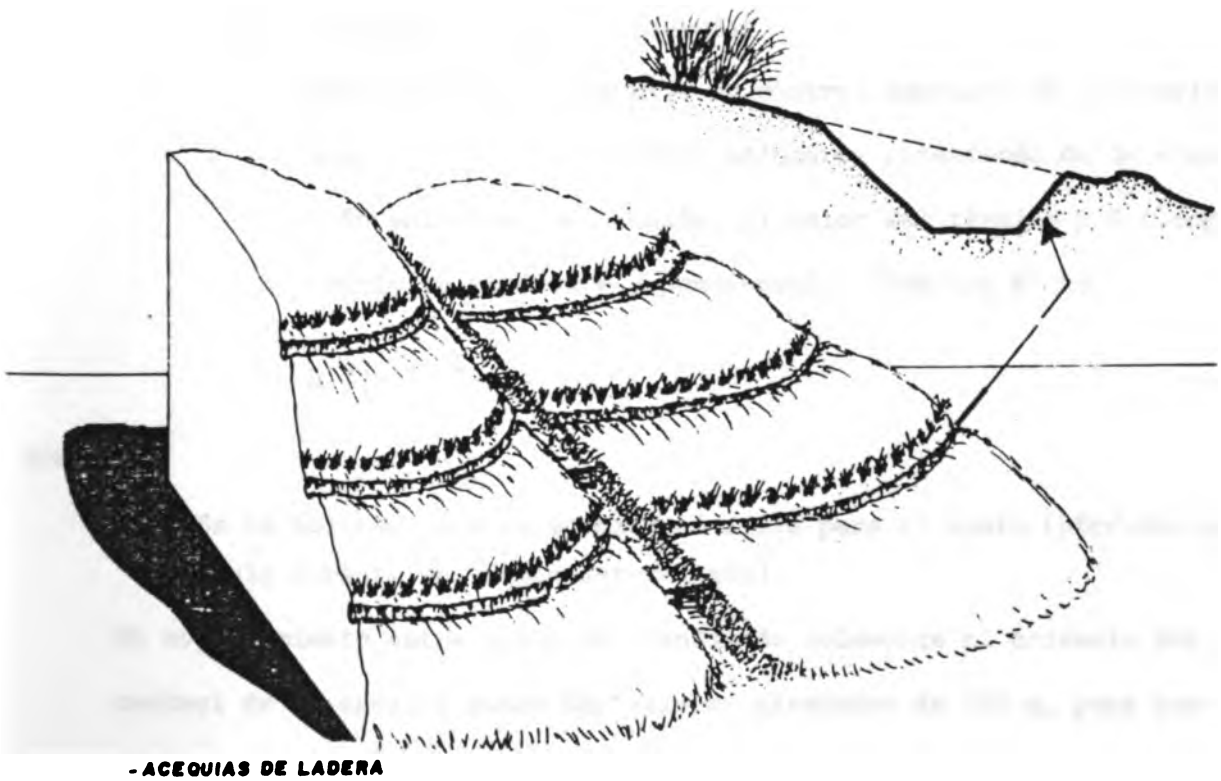
b) Mantenimiento, para lograr un desarrollo adecuado y obtener buen crecimiento, densidad y protección esperada.

c) Uso racional, mediante la acción de un plan de manejo y técnicas adecuadas de extracción.

4.5 Prácticas Mecánico-Estructurales

4.5.1 Acequias de ladera

Son canales pequeños, que se construyen a través de la pendiente a intervalos que varía con la clase de cultivo y con la inclinación del terreno. Se emplean en zonas con lluvias intensas y en áreas de suelos pesados poco permeables donde hay exceso de escorrentía y en suelos suceptibles a la erosión con pendientes hasta de 40% y longitudes largas. Las acequias deben protegerse con barreras vivas en borde superior con el objeto de amortiguar la velocidad del agua y filtrar los sedimentos.



-ACEQUIAS DE LADERA

- Objetivo de la práctica:
  - Estabilización del suelo
  - Almacenamiento temporal de escorrentía superficial y luego su evacuación

- Normas para la ejecución:
  - La finalidad sola de control de inundaciones no justifica su construcción
  - El control erosivo de estas acequias es eficiente si entre ellas se aplican, prácticas agronómicas
  - Las acequias de ladera no modifican la pendiente pero si la longitud de diseño en otras prácticas

- Diseño de acequias de ladera :

  a) Espaciamiento entre acequias

  Debe ser tal que permita un control adecuado de la erosión. Este primer criterio debe enfocarse obteniendo de la ecuación universal de erosión, el valor del término L S (longitud de la pendiente y pendiente). (Gráfico Nº 1).

$$L\ S = \frac{E}{R\ K\ C\ P}$$

DONDE:

E = Es la tolerancia a la erosión admitida para el suelo (pérdidas de suelo durante un tiempo determinado).

El espaciamiento entre acequias atendiendo solamente al criterio del control de la erosión puede dar valores alrededor de 250 m. para pendientes menores de 10%.

Para fines prácticos y en ausencia de un mejor criterio, las acequias deberán espaciarse con un intervalo horizontal, de 7.60 m.

b) Capacidad adecuada de las acequias

Debe almacenar un determinado volumen de escorrentía producido por la "lluvia de diseño". La lluvia de diseño se obtiene estudiando el tipo de lluvia más frecuente dada en el área en estudio.

b.1) <u>Diseño de acequias de ladera</u>

- <u>Cálculo de ha</u>:

$$a_1 h + a_2 h - a_a = 0$$

$$a_1 = \frac{\overline{Z}}{p}$$

$$a_2 = \frac{b_o}{p} - 2\,\overline{Z}$$

$$a_3 = C\,Dc + b_o$$

- <u>Cálculo de DC</u>:

$$DC = \frac{1}{C}\left[(b_o + Zh)\left(\frac{h}{p} - 1\right) - Zh\right]$$

$$DC = \frac{1}{C}\,\frac{Az}{h}\left(\frac{h}{p} - 2\right) + b_o$$

$$Dc = L \cos \alpha$$

$$Az = (b_o + Zh)\,h$$

- <u>Cálculo de DR:</u>

$$DR = DC + (b_o + 2\,\overline{Z}h)$$

- <u>Cálculo de Lc:</u>

$$Lc = (b_o + \overline{Z}\,h)\ \frac{\text{Sen}\ \alpha_1}{\text{Sen}\ (\alpha_1 - \alpha_o)}$$

- <u>Cálculo de Lt:</u>

$$Lt = Lc + X_2$$

$$X_2 = q\ \frac{\text{Sen}\ (\alpha_1 - \alpha_2)}{\text{Sen}\ \ \alpha_2 - \alpha_o}\ ;\ q = N\ \left(\frac{-1 + \sqrt{K}}{k-1}\right)$$

$$K = \frac{Z_o - Z_1}{Z_o - Z_2}$$

- <u>Cálculo de N:</u>

$$N = \frac{1}{\text{Sen}\ \ \alpha_1}\ (\ Lc\ \text{Sen}\ \alpha_o + 0.5h)$$

$$b_1 = b_o - X_1$$

$$X_1 = (N-q)\ \frac{\text{Sen}\ (\alpha_1 - \alpha_2)}{\text{Sen}\ \ \alpha_2\ \alpha_2}$$

$$\alpha_1 = \text{arc Tang}\ 1/Z_1$$

$$\alpha_2 = \text{arc Tang}\ 1/Z_2$$

$$\alpha_o = \text{arc Tang}\ 1/Z_o$$

DONDE:

h = altura de la zanja

m_o = pendiente del terreno (1 : Z_o)

m = pendiente de los taludes del terraplén (1:z)

b_o = plantilla de la zanja (0.40-0.20 m.)

b_1 = ancho de la berma

DC = longitud horizontal de influencia de la acequia

P = lluvia de año

C = coeficiente de escurrimiento

Lt = longitud del terreno medido sobre la pendiente

- Si $m_o < 45\%$ (Diseño simétrico)

$m_1 = m_2 = m_o = 1:50$

$b_o = b_1$

$$\overline{Z} = \frac{Z_1 + Z_2}{2}$$

- Si $m_o > 45\%$ (Diseño asimétrico)

Talud aguas arriba: $\frac{1}{Z_1}$

Talud aguas abajo: $\frac{1}{Z_2}$

Talud terraplenes: $\frac{1}{Z_2}$

m_1 = 1:1

m_2 = 1:1.25

b_o = 0.30 - 0.40 m.

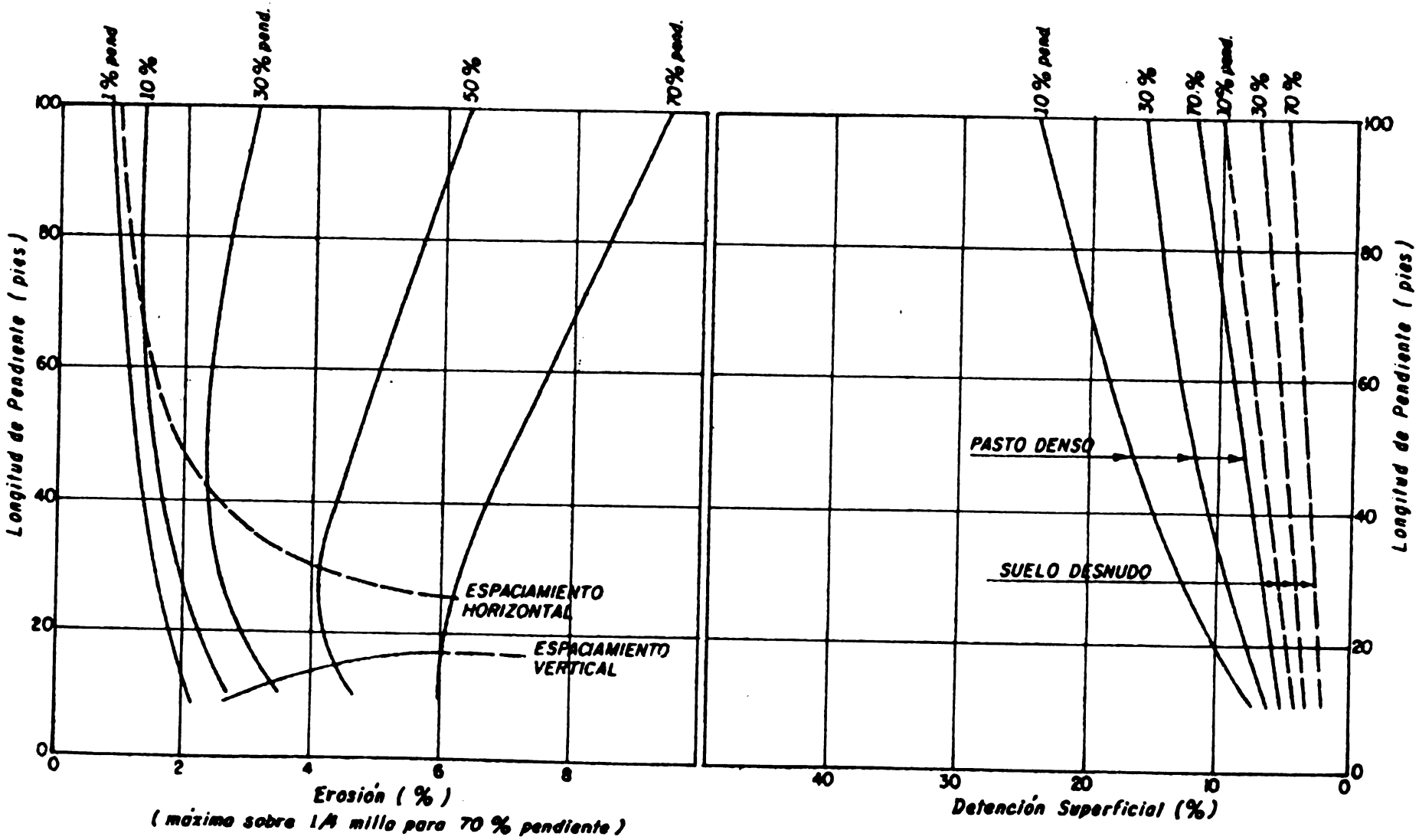
b_1 = solución aproximada = $b_o - X_1$

b.2) Cálculo del volumen de obra

Volumen de corte por metro lineal de acequia

$$Vc = 0.5\ Lc\ (b_o + \overline{Z}h)\ \text{Sen}\ \alpha_o + (b_o + 0.5\overline{Z}h)\ \frac{h}{2}$$

EROSION DEL SUELO Y DETENCION SUPERFICIAL Vs ESPACIAMIENTO



Acequias de ladera de 0.30 metros de plantilla, talud 1:1.

Desnivel de la acequia	Profundidad metros	Descarga en litros por segundo
0,5%	0,10 0,12 0,15 0,18 0,21 0,25	10,6 22,1 37,5 57,5 81,5 110,0
1 %	0,10 0,12 0,15	15,0 32,0 55,5

Adaptado del Manual del Cafetero. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1969.

Acequias de ladera en terrenos ocupados con cultivos limpios con 30 cm de plantilla y talud 1:1

Pendiente del terreno %	Espaciamiento entre acequias m	Area servicio (m^2) por cada 100 m. de canal	Descarga q litros/seg. por cada 100 m de canal	Metros de acequia por hectárea	Límite de longitud de acequia m
2	42,0	4.200	109,5	238	90
3	30,6	3.066	95,0	326	100
4	25,0	2.500	65,0	400	120
5	21,6	2.160	56,0	464	140
6	19,3	1.933	50,0	518	160
7	17,7	1.771	64,0	565	180
8	16,5	1.650	43,0	608	200
9	15,5	1.555	40,5	613	220
10	14,8	1.486	38,5	675	260
11	14,2	1.418	36,9	705	270
12	13,6	1.366	35,5	730	280
13	13,2	1.323	34,4	755	290
14	12,8	1.285	33,4	780	300
15	12,0	1.200	31.2	835	320
16	11,2	1.125	29,2	890	340
17	10,6	1.060	27,6	945	360
18	10,0	1.000	26.0	1000	380
19	9,5	950	24,6	1055	400
20	9,0	900	23,4	1110	420
21	8,6	858	22,3	1165	450
22	8,2	820	21,3	1220	470
23	7,8	783	20,4	1275	490
24	7,5	750	19,5	1330	500
25	7,2	720	18,7	1390	500
26	6,9	695	18,0	1440	500
27	6,6	667	17,3	1500	500
28	6,4	644	16,3	1550	500
29	6,2	620	15,8	1612	500
30	6,0	600	15,6	1670	500

Los datos son normales para un suelo estable, para suelos menos estables debe reducirse el espaciamiento, y para suelos muy estables aumentarlo.

Distancia entre acequia para cafetales, cacaotales, semibosques y potreros con plantilla de 30 cm y talud 1:1.

Pendiente del terreno %	Espaciamiento entre acequias m	Area Servida (m^2) por cada 100 m. de canal	Descarga q. litros/ seg. por cada 100m.canal	Metros de acequia por hectárea	Límite de longitud de acequia m.
10	40,0	4.000	78,0	250	110
11	36,4	3.640	71,0	275	110
12	33,5	3.330	65,0	300	120
13	30,8	3.080	60,0	325	130
14	28,6	2.860	56,0	373	140
15	26,7	2.670	52,0	375	150
16	25,0	2.500	49,0	400	160
17	23,5	2.350	46,0	426	180
18	22,0	2.200	43,0	455	200
19	21,0	2.100	41,0	476	210
20	25,0	2.500	48,6	400	180
21	23,7	2.370	46,1	422	180
22	22,7	2.270	44,1	440	200
23	21,6	2.160	42,0	463	200
24	20,8	2.080	40,4	480	210
25	20,0	2.000	38,9	500	220
26	19,2	1.920	37,3	520	220
27	18,5	1.850	36,0	540	230
28	17,8	1.780	34,6	562	230
29	17,2	1.720	33,4	581	240
30	20,0	2.000	38,9	500	220
32	18,8	1.880	36,6	532	220
34	17,6	1.760	34,2	568	230
36	16,7	1.670	32,5	600	240
38	15,8	1.580	30,7	633	250
40	15,0	1.500	29,2	667	300

Los datos son normales para un suelo estable, para suelos menos estables debe reducirse el espaciamiento y para suelos muy estables aumentarlos.

4.5.2 Canales de desviación

Son estructuras para evacuar volúmenes considerables de agua (escorrentía, drenaje, acueductos, etc.).

- Objetivo de la práctica: Intercepta, desvía y transporta el agua de escorrentía proveniente de las zonas altas a otro lugar donde no cause ningún daño a los terrenos.

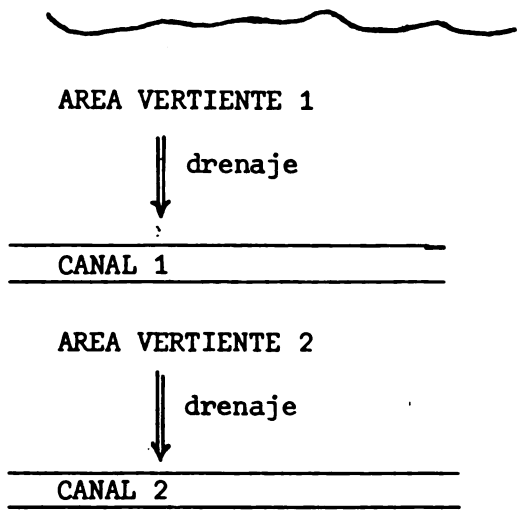
- Normas para la ejecución: Deben construirse para proteger las zonas agrícolas de la cuenca susceptible de daño por escurrimiento o para proteger las tierras altamente erosionables.

- Diseño de los canales de desviación:

a) Cálculo del caudal de diseño

$$Q = \frac{C\ I\ A}{360}$$

El área a considerar es solo el área de drenaje (vertiente)



b) Diseño del canal

Aplicando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{A}{n}\ R^{2/3}\ I^{1/2}$$

Q = Caudal
A = Area de la sección
n = coeficiente de rugosidad
R = radio hidráulico
I = pendiente

b.1) Cálculo del área del canal

$$A = \frac{Q}{V}$$

Diseño
Diseño (Tabla)

ASUMIR:

- Sección transversal del canal (trapezoidal, rectangular, etc.)
- Base o plantilla
- Talud
- Pendiente longitudinal del canal
- Hallar el tirante h de diseño

b.2) Control de la velocidad asumida

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \quad I^{1/2}$$

V debe ser semejante a V diseño

b.3) Control chequeo caudal

Q = A x V (controlada)

Q debe ser semejante a Q diseño

b.4) Sección canal (Gráfico)

DATOS:

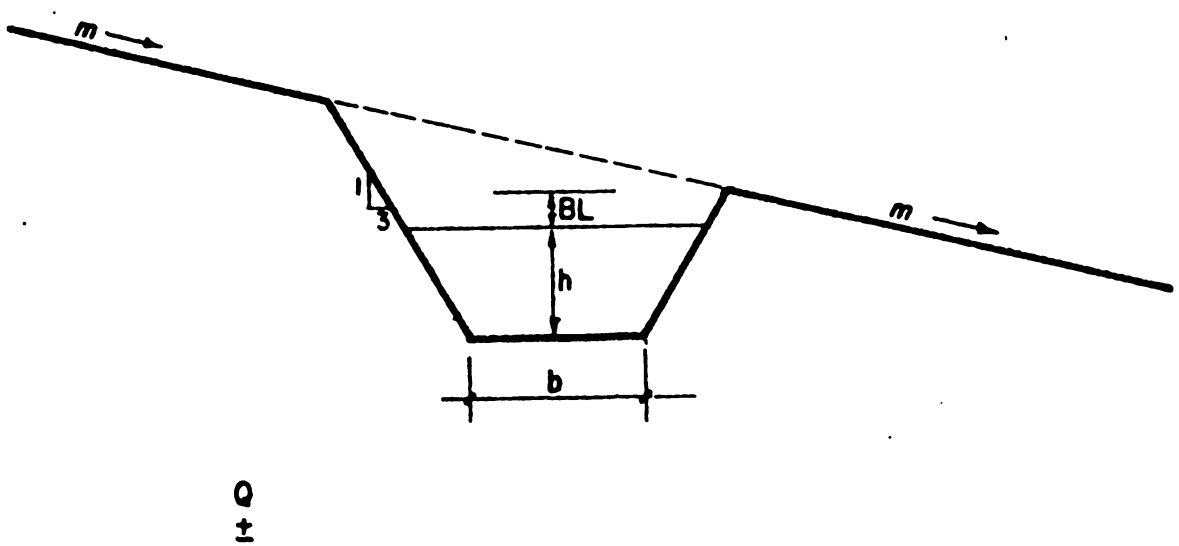
Pendiente del terreno (m)
Pendiente del canal (I)
Tirante (h)
Bordo libre (BL = 0.10 h)
Q diseño (Q_o)
Talud (z)
Plantilla del canal (b)

NOTA:

El espaciamiento entre canales está en función de la experiencia en la zona; no hay un criterio dado.

TABLA

VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS EN CAUDALES NO REVESTIDOS	
TIPO DE SUELO	VELOCIDAD (m/s)
Arena fina no-coloidad	0.7
Greda arenosa no-coloidal	0.7
Greda limosa no coloidal	0.9
Arcilla dura	1.4
Limos aluviales	1.4
Grava	1.8
Grava gruesa	2.0
Cantos rodados	2.3
Suelo con vegetación	1.2
Cesped denso	1.6



- *Diseño Canales de desviación*

4.5.3 CANALES VEGETADOS

Diseño, construcción y mantenimiento

El término "Curso de Agua Vegetado" en la conservación de suelos, significa un canal revestido de vegetación, cuya función es recibir el agua descargada por los canales de desviación y terrazas, y conducirla en forma suave y sin perjuicio al suelo; hasta un punto de descarga estable. Los cursos de agua vegetados se distinguen de los canales de desviación en varios aspectos, siendo lo más importante el hecho de que se trazan normalmente a la dirección de la máxima pendiente del canal es fija, además en muchos casos es relativamente inclinada y varía de un lugar a otro según la topografía del terreno. Por eso es indispensable revestir el canal.

No debe olvidarse que los canales vegetados forman parte de los sistemas de control de la erosión a nivel de cuenca y por lo tanto su programa de construcción debe estar integrado al resto de actividades que se planea realizar en esta unidad, tanto a nivel geográfico de ladera, como reforestación, terrazas, surcos en contorno, surcos tabicados, otros, como a nivel geográfico de cauce, como diques transversales para control de cárcavas, defensas ribereñas, caídas, rápidas y otros.

OBJETIVO: Tener conocimiento de diseño de los canales vegetados y establecer la relación de este con los diferentes sistemas de control de la erosión.

PROCEDIMIENTO: (Ubicación del canal)

El canal se ubica normalmente en el lugar de un cauce natural de desague en zonas de poca pendiente y con suelos relativamente profundos. Constituye un drenaje superficial de evacuación de aguas de escorrentía en épocas de lluvias. El canal puede ser un medio para

evacuar agua en terrazas ubicadas en zonas onduladas o para estabilizar una zona de cárcavas cambiando la sección de la misma y sembrando vegetación.

Diseño del canal:

Para el diseño se requiere un mapa de la zona, datos climáticos y de suelos, haber ubicado el canal y tener levantamiento topográficos precisos.

Seguir luego los pasos mencionados en los siguientes acápites: (Frank Low, Paulet, 1967)

1- Utilizando cualquiera de los métodos conocidos para calcular la descarga de diseño (Q) (método racional u otro más preciso). Hallarla para un frecuencia de 1/10 años.

2- Por medio de la Tabla 1, estimar la velocidad máxima permisible para el tipo de suelo de la zona. Seleccionar el tipo de cobertura vegetal (Tabla 2) y hallar la velocidad permisible para esa cobertura no exceda 120 a 130% lo indicado para el tipo de suelo respectivo y darle un margen de seguridad. De 10 a 20%.

3- Hallar el área de la sección transversal (A) dividiendo la descarga de diseño (Q) en m^3/s. por la velocidad permisible seleccionada (V) en m/seg. Seleccionar el tipo de sección transversal más aparente: trapezoidal, triangular o parabólico.

4- Seleccionar el grado de retardatividad A, B, C, D o E, de la Tabla 4 de acuerdo al tipo de vegetación, su condición esperada y el nivel de crecimiento promedio en que se espera mantenerla.

SUELOS COHESIVOS					
Partículas (%)					
0.005 mm.	0.005-05 mm.	Baja	Media	Alta	Muy alta
		Peso por volumen (T/m^3)			
		4.2	1.2-1.7	1.7-2.0	2.0-2.15
30-50%	70-50% (arcilla, arenoso pesada)	0.40	0.85	1.20	1.70
20-30%	80-79% (arcilla, arenosa liviana)	0.40	0.80	1.10	1.60
10-20%	90-80% (loess compacto)		0.70	1.00	1.30

TABLA 3. VELOCIDADES PERMISIBLES ESPECIALES PARA CANALES VEGETADOS.

Tipo de vegetación	Rango de variación de la pendiente	Suelos resistentes erosión	Suelos erosionables
Cynodon dactylon	0-5	2.25	1.75
	5-10	2.00	1.50
	10	1.75	1.25
Dactytis glomerata o Poa Pratensis o Bromus mollis o similares	0-5	2.00	1.50
	5-10	1.75	1.25
	10	1.50	0.90
Mezcla de grases	0-5	1.50	1.00
	5-10	1.20	0.90
Lespedeza o Eragrostis curvula o Andropugon ischaeum o pueraria sp o medicago sativa	0-5	1.00	0.75
	no 5%		
Grases anuales o coberturas temporales	0-5	1.00	0.75
	no 5%		

NOTA: La velocidad permisible en canales vegetados no debe exceder 120-130% los valores de velocidad permisible para canales en tierra no vegetados.

FUENTE: Servicio de Conservación de Suelos/U.S.D.A.

5- Del paso 2 se debe tener registrada una pendiente que esté relacionada con la velocidad máxima permisible. Registrarla.

6- Por medio de la figura 1, encontrar el valor del radio hidráulico "R". Asumiendo el valor "n" y con los valores de pendiente y velocidad conocidos encontrar "r" en la figura 2 (monograma para la solución de la ecuación de maning).
Calcular "V.R." y hallar el valor correspondiente a "n" en la figura 4. Con el promedio de los dos valores repetir la operación hasta que la diferencia entre los dos valores sucesivos de "n" no sea mayor de 0.003. Registrar el valor "R".

7- Dimensionar el canal de acuerdo a los requerimientos. Determinar su sección transversal, taludes, pérfil longitudinal, transiciones, obras de arte y otros detalles.

8- Graficar la sección transversal del canal diseñado.

TABLA Nº 1: VELOCIDADES PERMISIBLES (m/seg) PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO NO-COHESIVOS Y COHESIVOS, PROFUNDIDAD DE AGUA DE 1.0 m. Y CANALES RECTOS. (KINORI 2-B).

SUELOS NO-COHESIVOS		
Tipos de Suelo	Tamaño de Partícula (mm.)	Velocidad media Permisible (m/seg)
Limo fino	.005	0.20
Limo grueso, arena fina	.05	0.30
Arena fina	.25	0.45
Arena media	1.00	0.60
Arena gruesa	2.50	0.75
Arena gruesa, grava fina	5.00	0.85
Grava	10.00	1.05
Grava	15.00	1.20
Grava	25.00	1.45
Grava	40.00	1.85
Grava y piedras	75.00	2.40
Piedras-Canto rodado	100.00	2.80
Piedras-Canto rodado	150.00	3.35
Piedras-Canto rodado	200.00	3.80
Piedras-Canto rodado	300.00	4.35

TABLA 4: TABLA PARA LA SELECCION DE GRADOS DE RETARDATIVIDAD

a. Grados de retardatividad

A = Muy alto
B = Alto
C = Medio
D = Bajo
E = Muy bajo

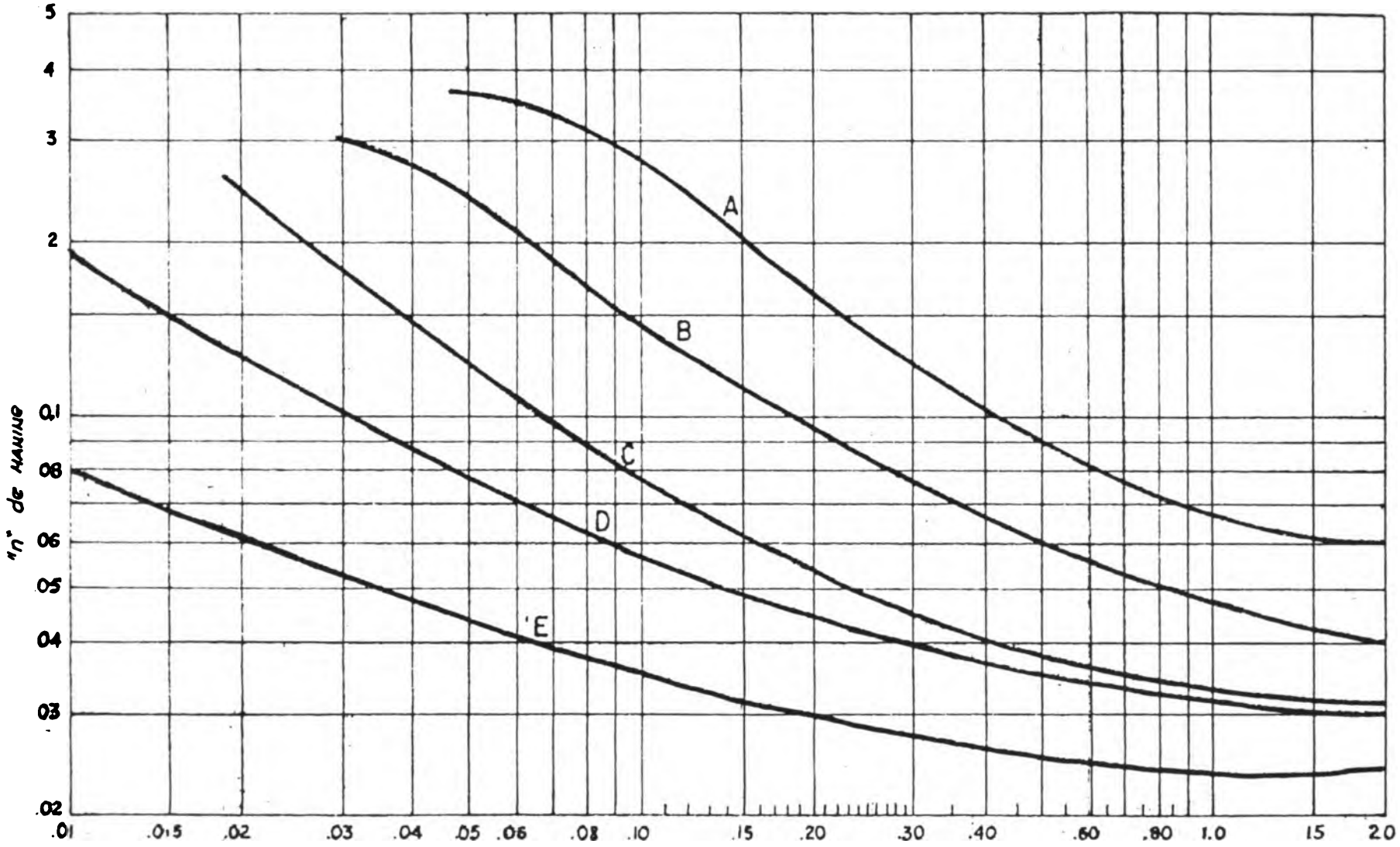
b. Grados de retardatividad y su relación con altura de crecimiento de las especies cuando estas están bien establecidas y densas.

Grado	Promedio de altura de la planta (cm.)	Ejemplo de especies (pueden ser otras)
A	75	Eragrostis curvula (75 cm.) Audropogon Ischarum (90 cm.)
B	25-60	Cynodon Dactilon (30 cm.) Eragrostis curvula (60 cm.) Lespedeza sericea (50 cm.) Medicago sativa (28 cm.) Mezcla de andropogon pueraria sp.
C	15-25	Cynodon Dactilon (15 cm.) Gramíneas-Leguminosas (15 a 20 cm.) Poa pratense (15 a 30 cm.) Lespedeza Striata (28 cm.)
D	5-15	Cynodon Dactilon (7.5 cm.) Lespedeza Striata (15 cm.) Lespedeza Scrira
E	5	Cynodon Dactilon (5 cm.)

c. Grados de retardatividad y su relación con la altura de crecimiento para especies regularmente establecidas.

Grados de Retardatividad	Promedio de la altura de la planta (cm.)
B	75
C	25-60
D	15-25
D	5-15
E	5

Referencias: Kinori, B.Z. y Soil Conservation Service (U.S.D.A.)



VR. PRODUCTO DE VELOCIDAD Y RADIO HIDRAULICO

RELACION n/VR PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RETARDATIVIDAD DE COBERTURA VEGETAL

BIBLIOGRAFIA

1- DOUROJEANNI, A. Diseño Construcción y Mantenimiento de Canales Vegetados. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú, 1978.

2- FAO. La erosión del suelo por el agua. Roma 1967.

3- FAUSTINO, J. Curso Control de la Erosión - Texto. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima-Perú, 1984.

4- FEDERACION NACIONAL DE CAFETALEROS DE COLOMBIA. Manual de Conservación de Suelos de Ladera, Colombia, 1975.

5- LOW, F. y PAULET, M. Conservación de Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú, 1967.

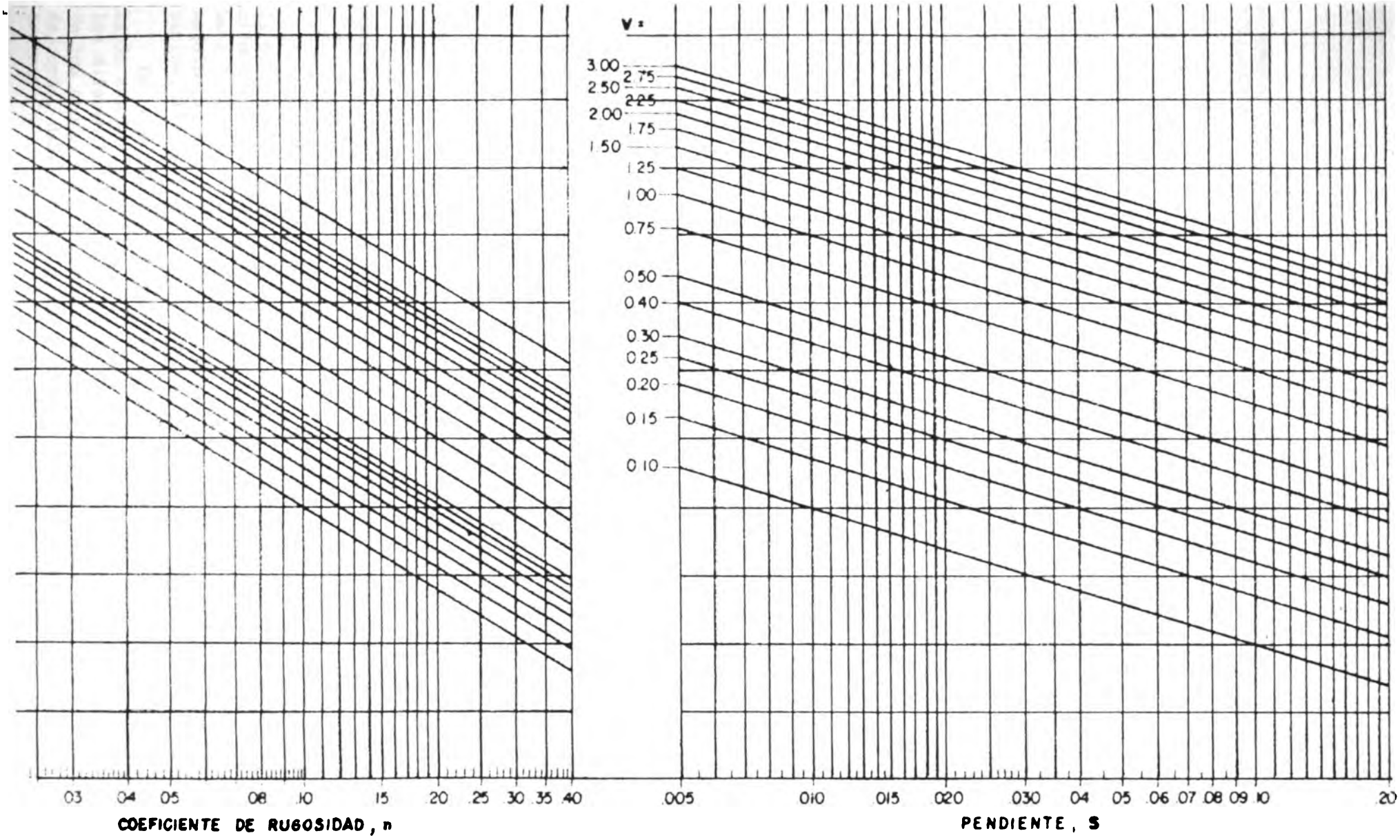
6- MICHAELSEN, T. Manual de Conservación de Suelos para Tierras de Ladera, Tegucigalpa-Honduras, 1980.

7- MINISTERIO DE AGRICULTURA. Dirección de Manejo de Cuencas. Clasificación y Codificación de Problemas y Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas. Lima-Perú, 1980.

8- PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS EN CUENCAS HIDROGRAFICAS. Manual Técnico de Conservación de Suelos. Lima-Perú, 1984.

9- SUAREZ DE CASTRO, F. Conservación de Suelos, 1979. IICA, San José, Costa Rica.

10- WISCHMEIR, W. Rainfall erosion potential, Journal Agr. Eng. USA-1962.



SOLUCION DE LA FORMULA DE MANNING PARA DESAGUES CON COBERTURA VEGETAL

Recomendaciones generales para la ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de canales vegetados. (Atkins D. y Coyle J.)

1- Los canales vegetados son recomendados para zonas de topografía suave u ondulada como pampas o planicies y preferiblemente deben tener taludes muy inclinados o ser parabólicos.

2- Ubique si es posible el canal vegetado en un lugar de drenaje natural si la pendiente lo permite. Haga un levantamiento topográfico del canal detallado, incluyendo 20 a 50 metros en ambas márgenes.

3- Despeje el lugar del canal, de árboles, arbustos y otros obstáculos y dele una forma hidráulica adecuada, uniforme, previo diseño.

4- Prepare una buena "cama" para las semillas y utilize rastrojos u otros residuos orgánicos de preferencia para protección del suelo durante ese tiempo.

5- Seleccione un tipo de pasto o mezcla de pastos que más se adecúe a los costos, disponibilidad, clima, suelo y época del año en que se siembra. Utilize una buena calidad de semilla y fertilizantes.

6- Vuelva a sembrar en lugares que no hayan crecido o sea por estaca o transplante para uniformizar el canal.

7- Evite utilizar cualquier lugar del canal como paso de ganado, vehículos u otros, sobre todo en épocas de lluvia, cambie la vegetación del fondo por rocas de canteras en los lugares de humedad frecuente.

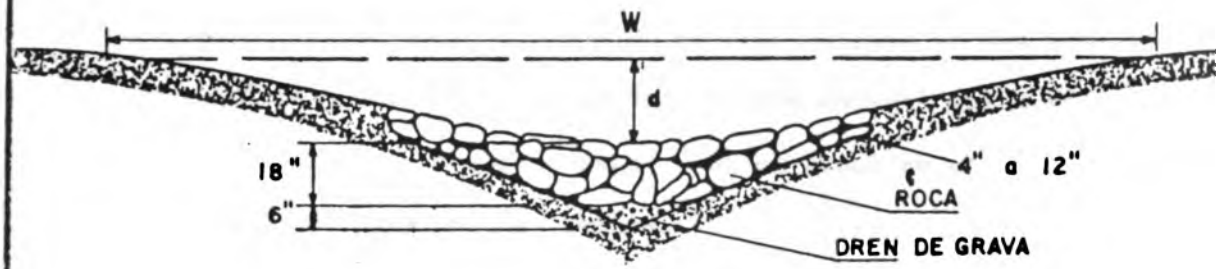
8- Utilize en forma moderada el pasto del canal con fines de alimento de ganado. De preferencia corte el pasto con una segadora en lugar de usar la zona como pastoreo.

9- Inspeccione frecuentemente el canal después de una precipitación fuerte, principalmente transiciones, caídas, alcantarillas y otros lugares críticos.

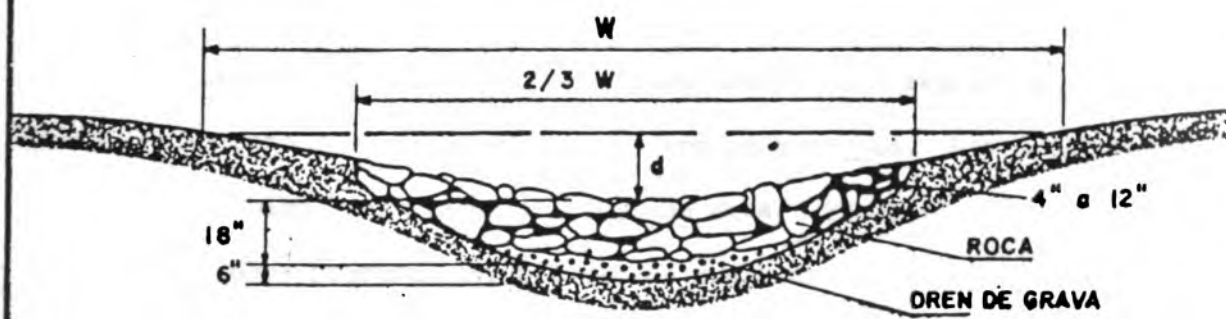
Se ha presentado un resumen de las recomendaciones de construcción para la construcción del canal así como para la siembra. Deberá para la construcción elaborarse un cronograma y un presupuesto de trabajo para lo cual se deberá determinar con anticipación el método de construcción a ser utilizado, la maquinaria disponible, el personal calificado, los equipos de ingeniería necesarios, los insumos de semillas y otros datos pertinentes.

Es conveniente, cuando se van a desarrollar grandes áreas donde se utilizarán canales vegetados, preparar tablas con tiempos y costos unitarios para las diferentes fases de construcción lo que facilita grandemente la elaboración de los cronogramas y presupuestos. Estas tablas, típicas para la construcción de obras, deben actualizarse periódicamente principalmente en lo referente a costos.

SECCION TRIANGULAR



SECCION PARABOLICA



CANAL VEGETADO CON FONDO CENTRAL REVESTIDO DE PIEDRA PARA CONTROLAR FLUJOS PERMANENTES.

REFERENCIA: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE.

CONSTRUCCION DE CANALES VEGETADOS

El procedeimiento de construcción y la cantidad de trabajo que se requiere es función de la ubicación topográfica del canal y del equipo o mano de obra disponible. Si el canal se ubica en el dren natural de una zona a veces sólo se requiere alinear hidráulicamente el eje central del mismo y suavizar los taludes antes de sembrar pastos. Si el canal se ubica como conductor o interceptor de agua en una ladera, va a requerir la construcción integral de los taludes incluyendo un bordo libre. Los canales poco profundos y anchos se pueden construir con equipo ligero como tractores de campo con implementos de arados para aflojar el suelo y traillas simples para transportar materiales. Los canales mayores requieren el empleo de tractores de oruga con hoja frontal angulable (bulldozers). Canales pequeños pueden construirse con carretillas y lampas.

Una vez construído el canal se debe preparar el suelo para la siembra de los pastos incluyendo fertilización. Se puede sembrar una mezcla de pastos de rápido crecimiento con otros más lentos pero permanentes. Las semillas se deben sembrar al voleo o paralelos al flujo de agua. Puede también sembrarse por estacas. Se debe procurar estabilizar el suelo durante la primera etapa de crecimiento mediante coberturas de rastrojos, químicos, plásticos, mallas u otros elementos, que eviten excesiva evaporación del agua y la erosión hídrica o sólida. Pueden utilizarse más de un método al mismo tiempo.

MANTENIMIENTO DE CANALES VEGETADOS

Los canales vegetados, al igual que canales en tierra, requieren un mantenimiento constante. Las causas comunes de falla, son insuficiente capacidad, velocidad excesiva del agua, cobertura vegetal inadecuada o destrucción

de la misma por paso de ganado, vehículos o personas, principalmente en épocas de lluvia. También debe controlarse el ingreso de agua al canal por los bordos laterales del mismo y proveerse de una adecuada salida de evacuación sin que cause erosión.

La vegetación en el canal debe manejarse adecuadamente. Se debe cortar el pasto, fertilizarse, evitar la compactación del suelo y controlar plagas y roedores. Cualquier punto que pierda vegetación debe ser resembrado o protegido de inmediato.

Se debe evitar la acumulación de sedimentos en el canal que pueden llegar a recubrir los pastos, para ello debe hacerse un buen manejo de la cuenca abastecedora que ante la formación de sedimentos, aumentar la velocidad de agua, en el canal cortando los pastos periódicamente. Si persiste el problema deberá corregirse la inclinación del canal.

4.5.4 Terrazas

Son plataformas, bancos o terraplenes dispuestos en forma de escalones sobre las laderas, modificando así su pendiente.

Clasificación*

- Individuales
  - Plataforma horizontal
  - Plataforma inclinada hacia adentro
- Longitudinales (pendientes)
  - Talud Vertical (Piedra)
    - Plataforma horizontal
    - Plataforma inclinada hacia adentro
  - Talud inclinado
    - Plataforma horizontal
    - Plataforma inclinada hacia adentro

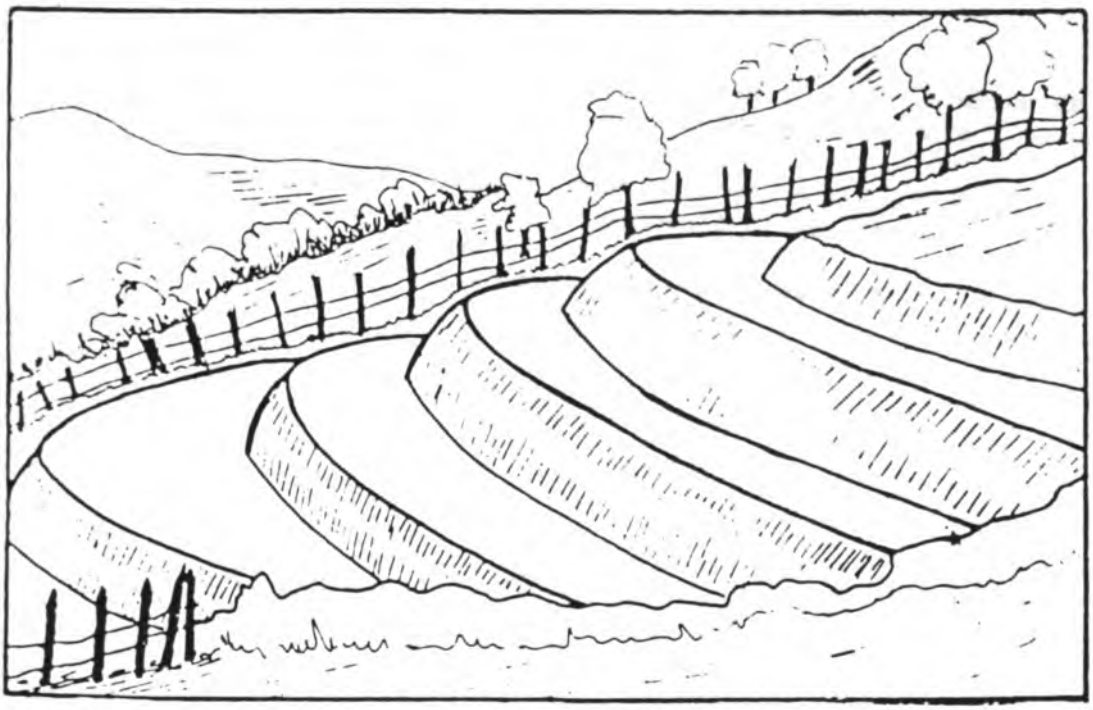
En el presente estudio solamente se exponen:

a) Terrazas individuales

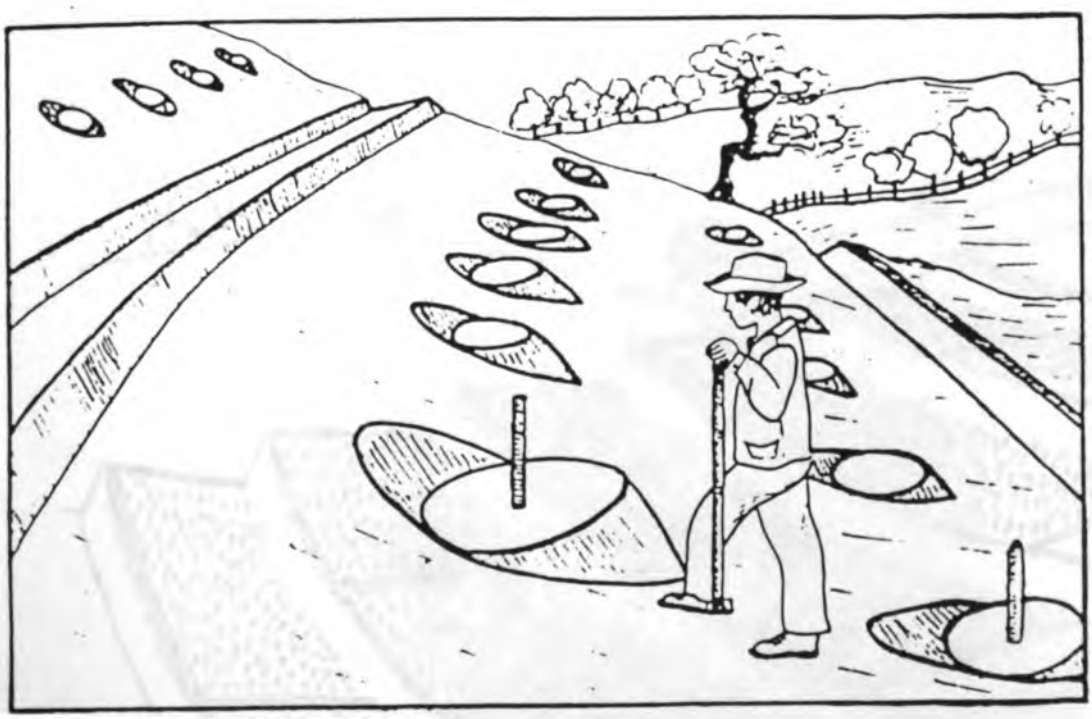
b) Terrazas en talud inclinado y plataformas inclinada hacia adentro que se utilizarían con mayor frecuencia en la región centroamericana en áreas de lluvias intensas.

* Otra clasificación de terrazas incluye; terrazas de canal, camellón, etc.

TERRAZAS LONGITUDINALES

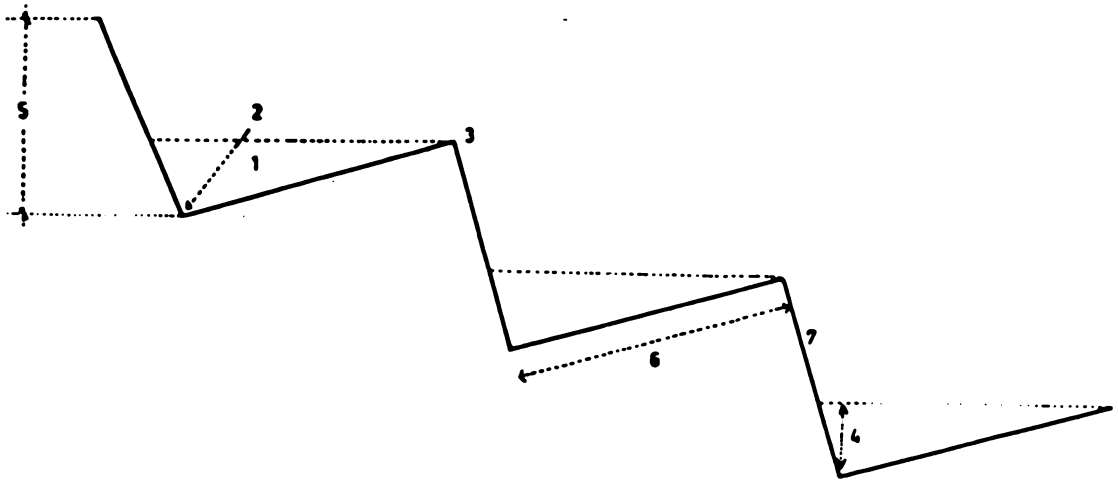


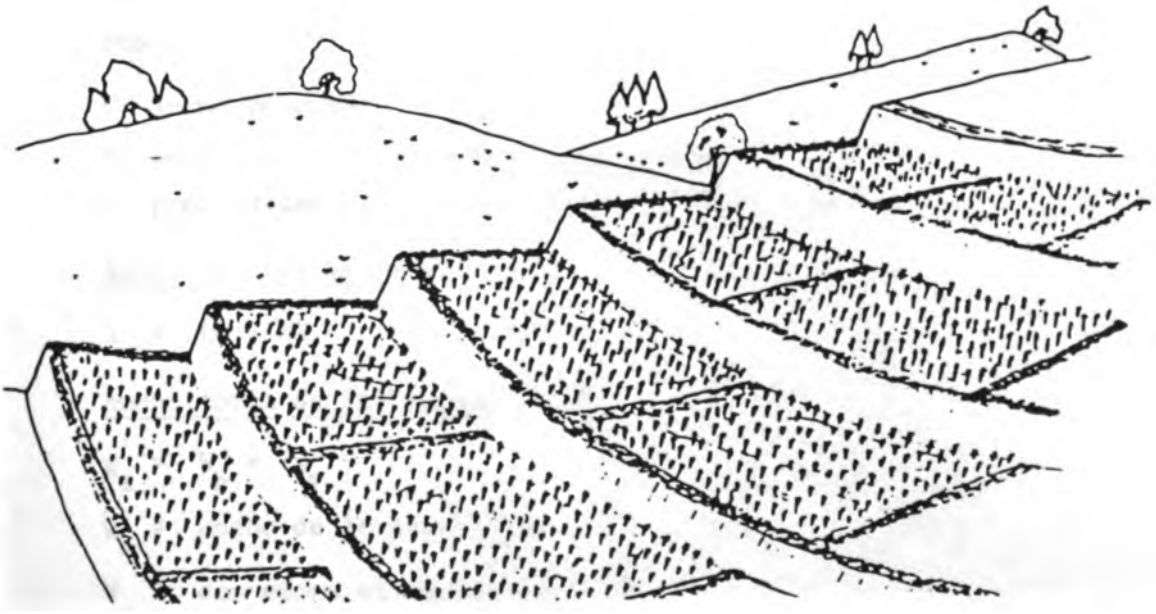
TERRAZAS INDIVIDUALES



Se pueden dintinguir en las terrazas las siguientes características elementales.

1- Capacidad de almacenar la lluvia
2- El borde interno de la terraza o pie o borde inferior del talud
3- El borde externo de la terraza o borde superior del talud
4- La profundidad del borde interno
5- La altura del talude no debe pasarse de 2 m. de alto
6- El terraplén o terraza propiamente dicha debe ser preparada para recibir las lluvias
7- El talud debe ser sembrada con vegetación perenne.





Cálculo de Diseño

La figura muestra la sección transversal típica de una terraza donde se observa sus elementos constructivos.

Como se aprecia, la plataforma tiene una pendiente contraria a la del terreno lo cual permite que el agua que cae sobre la estructura se desplace hacia la pared superior donde se concentra lentamente a una cuneta y luego por desnivel longitudinal hacia el desague o drenaje interceptor.

El talud o inclinación de las paredes depende de la naturaleza del terreno, así en tierra firme puede usarse un talud de 0.5:1, y en tierra suelta 1:1, 1:5:1.

La anchura (C) del corte dependerá de la pendiente del terreno y la profundidad (H) del horizonte del suelo, ya que en todo caso debe evitarse que la profundidad de los cortes sobrepase el espesor de dicho horizonte.

Suarez de Castro presenta una fórmula para el cálculo y diseño de estas estructuras:

Ancho de corte (C)

$$C = \frac{3H}{4S}$$

DONDE:

C ancho de corte

S pendiente del terreno en porcentaje

H profundidad del horizonte del suelo en metros

Ancho del terraplén (T)

$$T = (C - H)$$

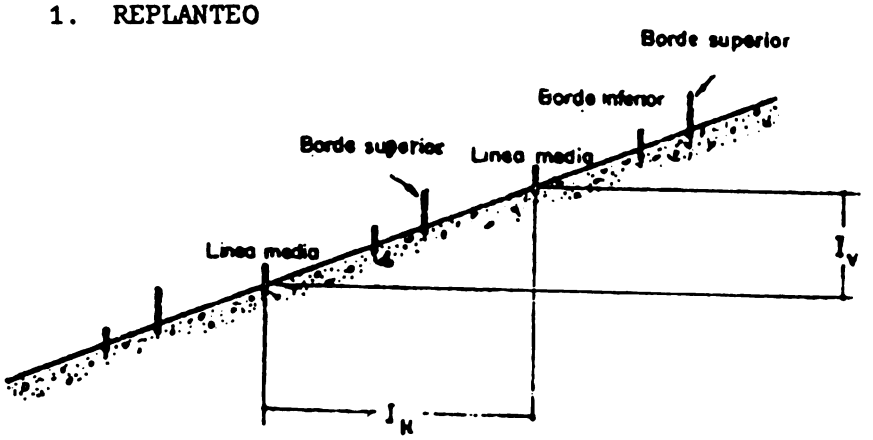
Ancho total de la terraza (W_t)

$$W_t = W_b + 2W_r$$

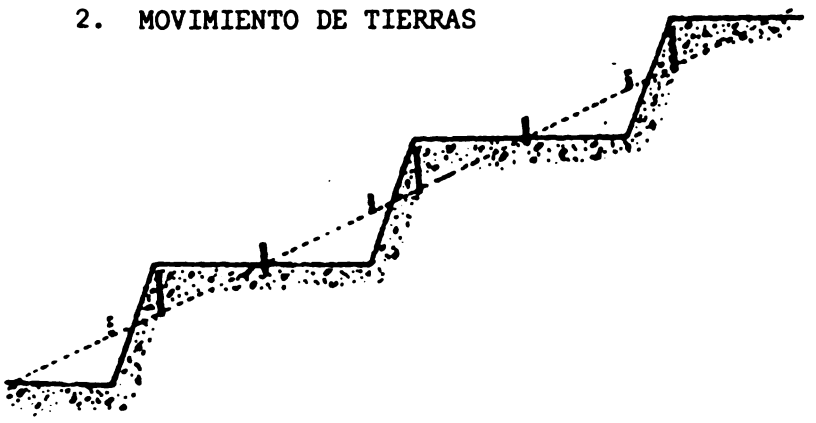
W_b = ancho de la plataforma

W_r = dos veces el ancho del talud

1. REPLANTEO



2. MOVIMIENTO DE TIERRAS



3. CONSOLIDACION

REPLANTEO Y CONSTRUCCION DE TERRAZAS CON TALUD

Ancho de la plataforma (W_b)

$$W_b = (C + T)$$

Intervalo vertical entre plataformas (IV)

$$IV = \frac{S \times W_b}{100 - S \times V}$$

DONDE:

IV intervalo vertical entre plataformas

S pendiente en porcentaje

V constante 1 ó 0.75

1 terrazas construídas a máquina; 0.75 terraz. constr. a mano

Metros lineales de plataformas por hectárea (L_B)

$$L_B = \frac{10,000}{W_t}$$

Area neta de plataforma (A_B)

$$A_B = L_B \times W_b$$

Porciento de plataforma por hectárea (P_B).

$$P_B = (\%) = \frac{100 \times AB}{10,000}$$

(Plataforma = terraza)

Se debe tener especial cuidado en ubicar el lugar más adecuado para el desague de las terrazas y en ningún caso se deberá comenzar la construcción de un sistema de terrazas sin contar con una zona bien protegida en donde puedan desembocar.

CUADRO 1. ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZAS Y METROS DE TERRAZA POR HECTAREA.

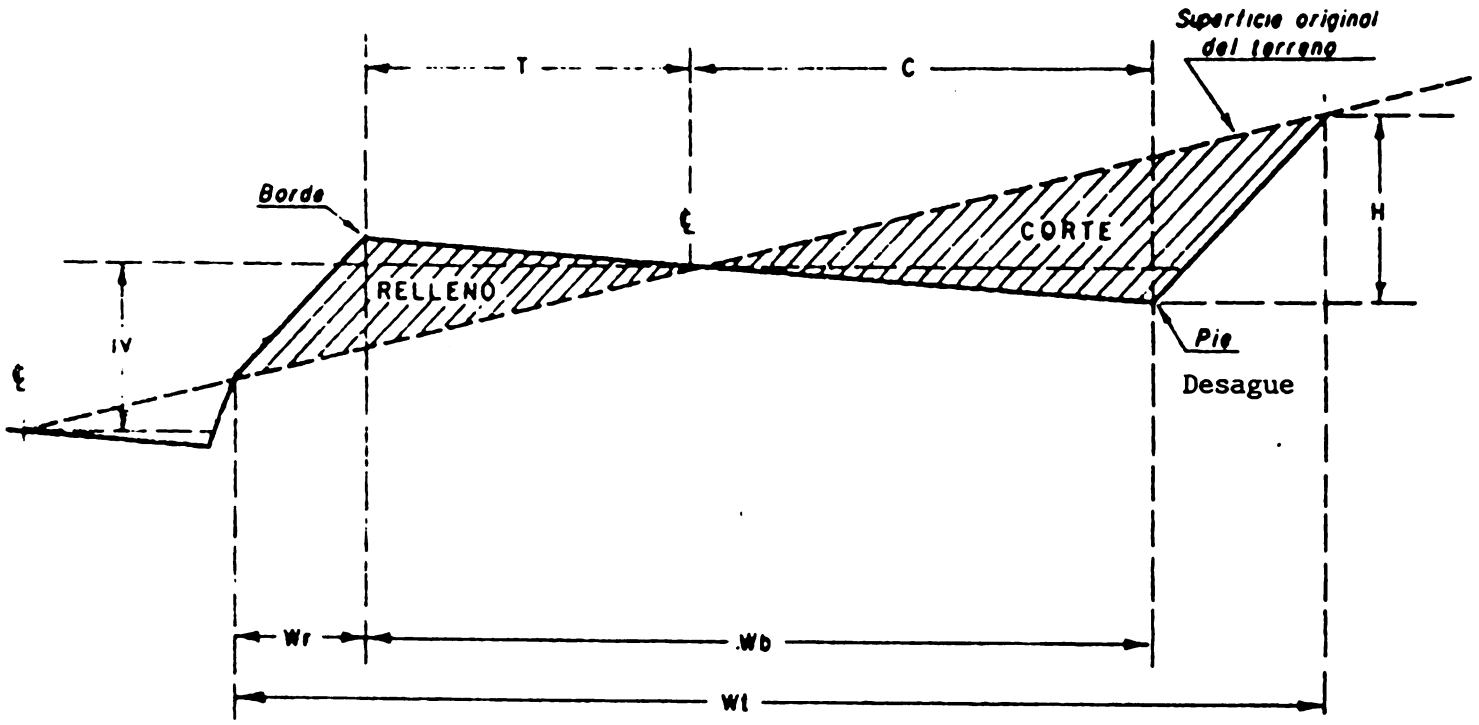
Pendiente del terreno (%)	Espaciamiento vertical entre terrazas (mts.)		Distancia horizontal entre terrazas (mts)		Metros lineales de terrazas por Ha.	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	0.05	0.70	50.0	70.0	200	142
2	0.64	0.86	32.0	43.0	312	232
3	0.70	0.95	29.0	31.0	434	322
4	0.76	1.00	13.0	25.0	526	400
5	0.83	1.12	16.6	22.4	602	446
6	0.89	1.20	14.8	20.0	675	500
7	0.96	1.29	13.7	18.4	730	543
8	1.02	1.38	12.8	17.3	781	578
9	1.08	1.47	12.0	16.3	833	613
10	1.15	1.55	11.5	15.5	870	645
11	1.21	1.64	11.0	14.9	909	671
12	1.28	1.73	10.6	14.4	943	694

FUENTE: Conservación de Suelos. Fernando Suárez de Castro.

CUADRO 2. DESNIVEL PARA TERRAZAS DE PENDIENTE VARIABLE

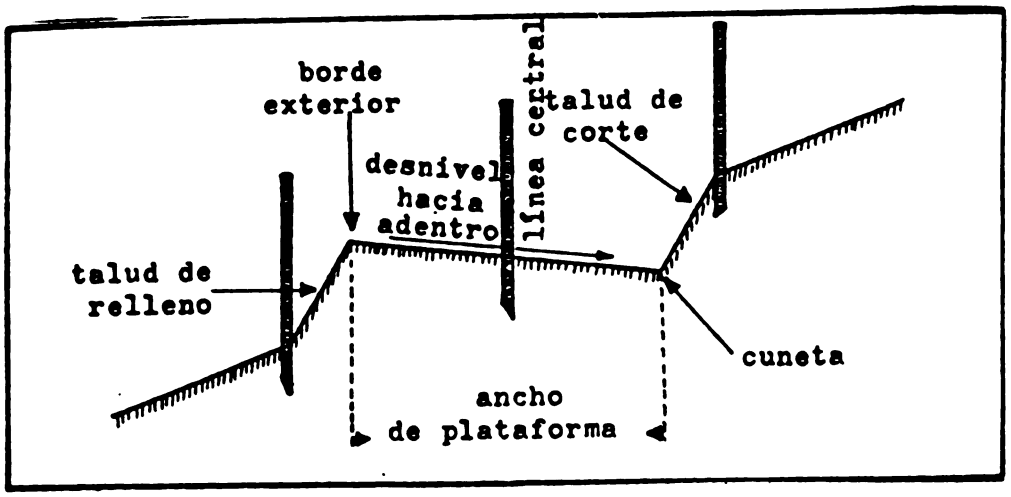
Longitud de la terraza (metros)	DESNIVEL HACIA EL DESAGUE	
	Mínimo por 100	Máximo por 100
0 - 100	a nivel	0.10
100 - 200	0.10	0.15
200 - 300	0.15	0.20
300 - 400	0.20	0.30
400 - 500	0.30	0.40

FUENTE: Conservación de Suelos. Fernando Suárez de Castro.



-- SECCION TRANSVERSAL DE UNA TERRAZA

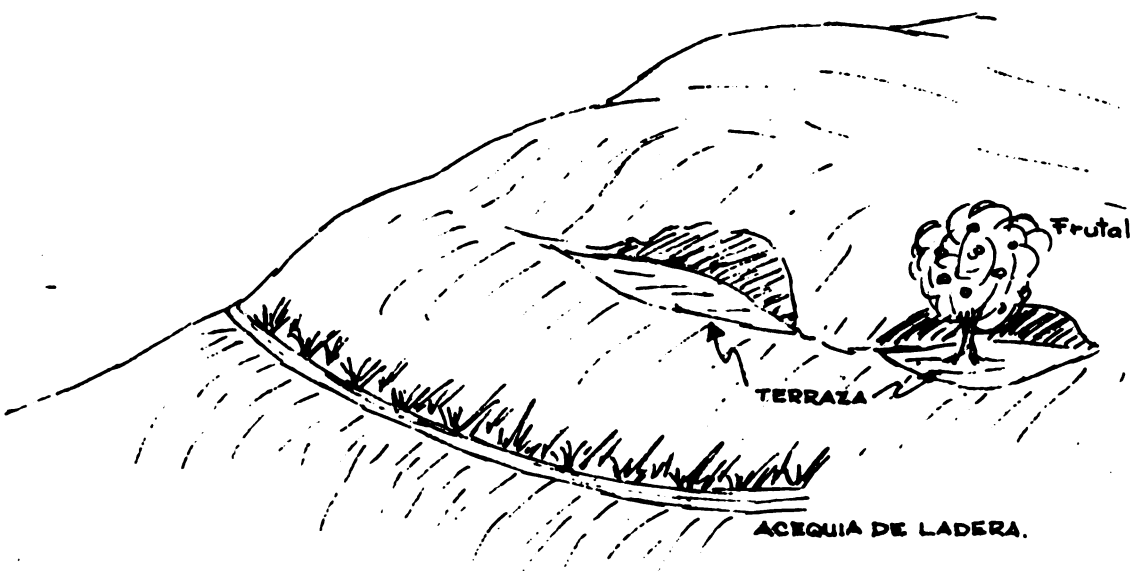
FUENTE Adaptado de Guidelines for Watershed Management (F.A.O.)



Partes constituyentes de una terraza.

Terrazas individuales

Las terrazas individuales son plataformas de un mínimo de 1.50 m. de diámetro y una inclinación hacia adentro de 10%. Además deben tener un desague por un lado para que el agua no suba y rebalse por el relleno. Ya que el exceso de agua no es evacuado de la parcela por las mismas terrazas individuales, no se deben construir nunca como medida única, sino siempre en combinación con otras prácticas. Además no se considera una medida indispensable y su construcción depende solamente del interés conservacionista y de aprovechamiento de la tierra.



NORMAS DE DISEÑO PARA TERRAZAS INDIVIDUALES

Las dimensiones estarán en función de la pendiente del terreno y la forma de su superficie serán circulares, o rectangulares.

CIRCULARES

Pendiente del terreno %	Diámetro de la terraza (m)	Diámetro de corte (m)	Diámetro de relleno(m)	corte (m)
< 20 %	2.00	1.00	1.00	0.30
20-30	1.80	0.90	0.90	Hasta 0.36
30-40	1.50	0.75	0.75	" 0.38
40-50 %	1.20	0.60	0.60	" 0.38

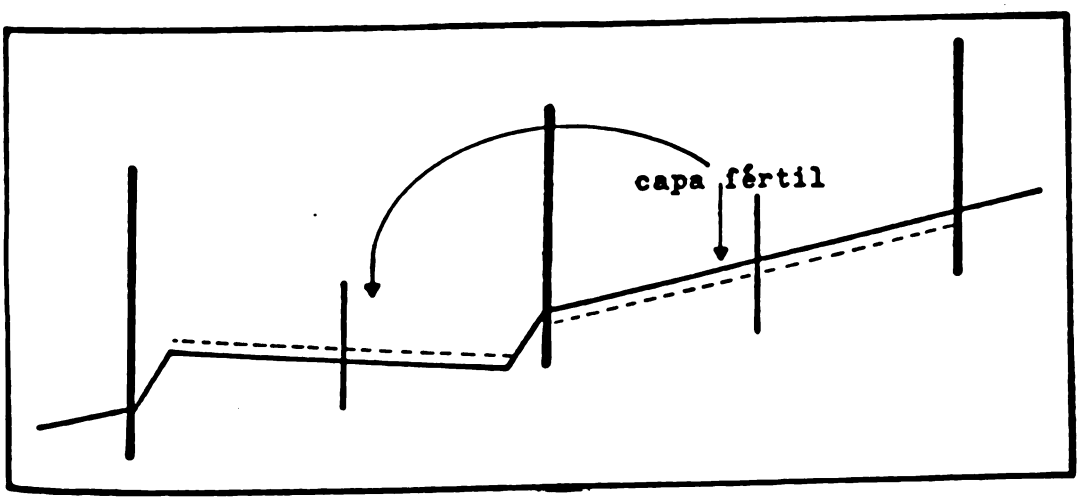
RECTANGULARES*

Pendiente del terreno (%)	Banqueo (m)	Relleno (m)	Talud (m)	Altura de corte (m)
< de 20	0.90	0.50	0.30	hasta 0.30
20 - 30	0.80	0.44	0.28	" 0.36
30 - 40	0.70	0.30	0.25	" 0.38
40 - 50	0.45	0.25	0.25	" 0.38

* FUENTE: Gonzálo Peña. Universidad de Los Andes, Merida-Venezuela.

Resumen: COMO HACER LAS TERRAZAS

- Corte del suelo
- Relleno del suelo
- Forma de talud
- Abrir el canal de desague
- Cultivar en la terraza
- Cultivar pasto en el talud.



Traslado de la capa fértil

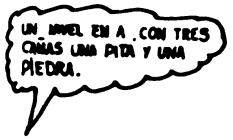
- Estabilización de taludes

Siembra de grama en taludes

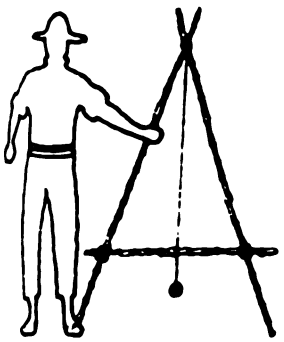
CONSTRUCCION DE TERRAZAS

A. Equipo necesario

- Nivel en A
- Pico
- Pala



Un nivel en A, con tres cañas una pita y una piedra.



B. Reconocimiento del terreno

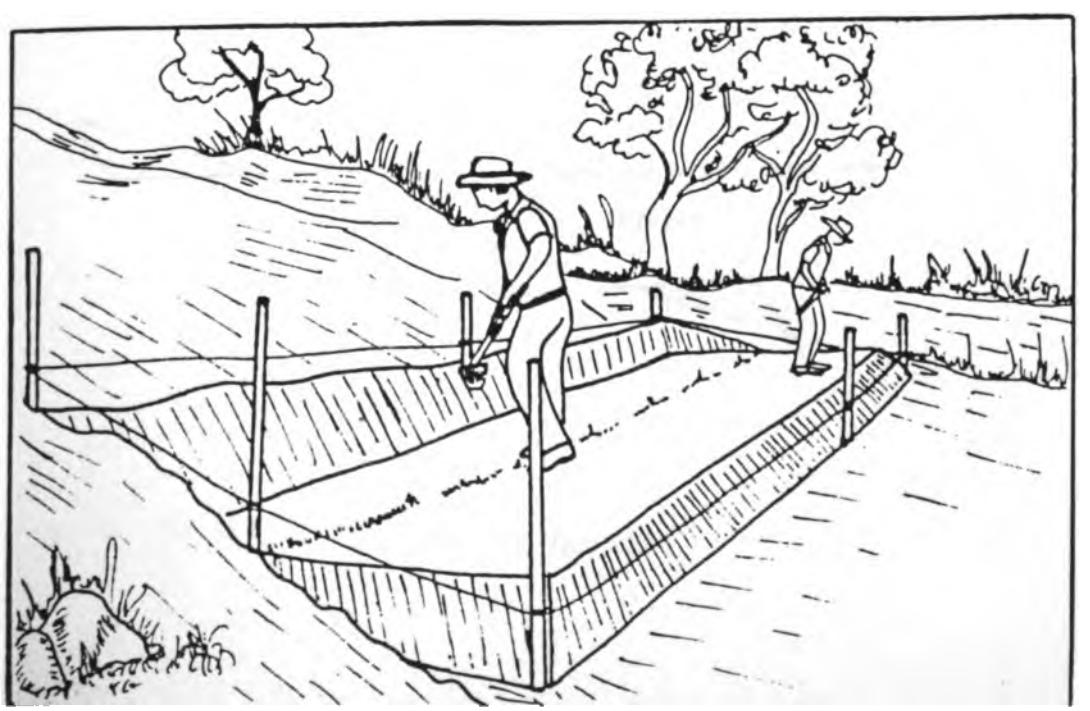
Se hace reconocimiento del terreno para:

a) Verificar si la profundidad del suelo es aparente para construir terrazas.
b) Determinar el ancho de los terraplenes y la profundidad del borde interno del terraplén.
c) Determinar la parte más alta del campo en la dirección horizontal; a este lado lo llamaremos "lado izquierdo" y al otro lado: "lado opuesto".
d) Determinar la conveniencia de la construcción de una zanja de infiltración en la parte más alta del campo en caso de que pueda haber agua de escurrimiento que proceda del terreno que está más arriba del campo.
Esta labor servirá para el diseño, luego de obtener las dimensiones, se replanteará y luego se pasará a la construcción.

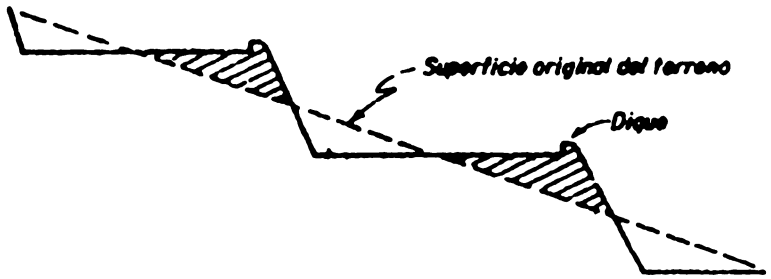
C. Construcción de las terrazas

La construcción consiste en realizar movimientos de tierra que se producen al efectuarse los cortes y rellenos para formar los terraplenes y taludes y teniendo cuidado especial de que se cumplan con los siguientes requisitos durante el proceso de construcción.

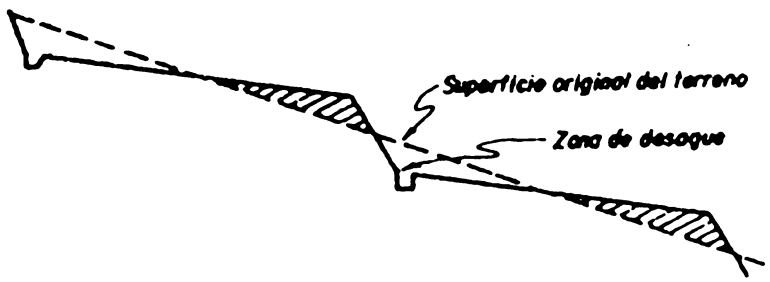
a) Todo el largo del borde interno del terraplén, debe estar nivelado. Se verifica con el nivel en A.
b) Todo el largo del borde externo del terraplén debe estar nivelado. Se verifica con el nivel en A.
c) La capa superficial del suelo debe mantenerse en su posición original.
d) La superficie del terraplén no debe presentar ondulaciones.
e) El borde interno debe tener la profundidad fijada.
f) En caso de ser necesario la zanja de infiltración, ésta se construye antes que las terrazas.



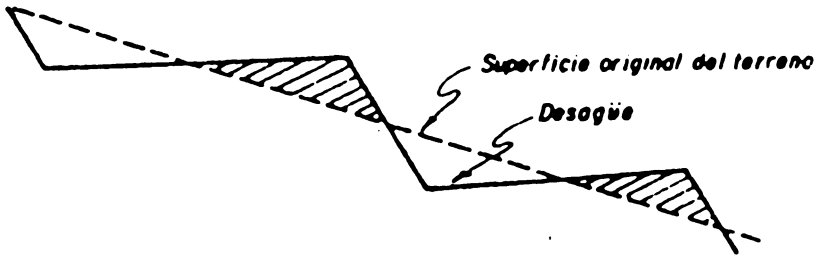
A- Terraza a nivel.



B- Terrazas a favor de la pendiente.

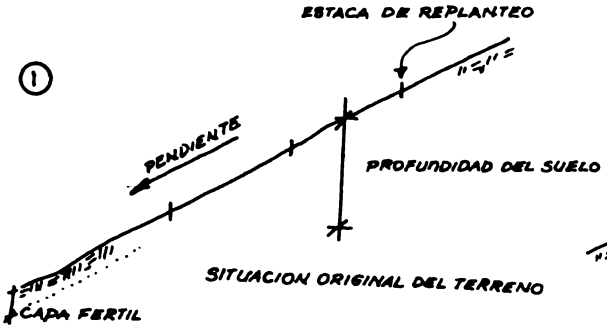


C- Terrazas tipo contrapendiente.



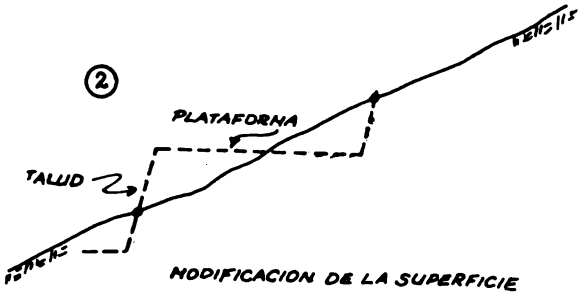
TIPOS DE TERRAZAS

PROCESO PARA LA DISPOSICION DEL SUELO EN LAS TERRAZAS



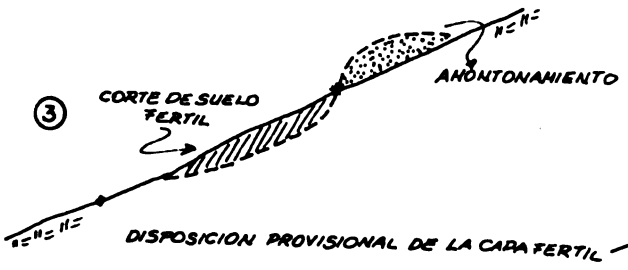
SITUACION ORIGINAL DEL TERRENO

PROYECCION DE LA TERRAZA



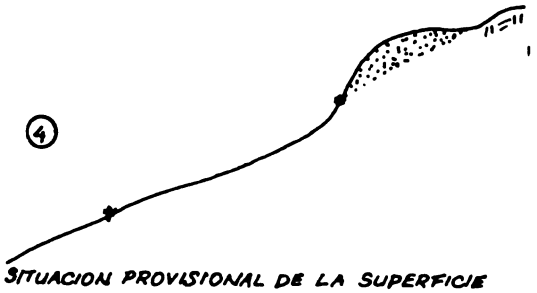
MODIFICACION DE LA SUPERFICIE

PRIMER MOVIMIENTO DE TIERRA (Aproximado)

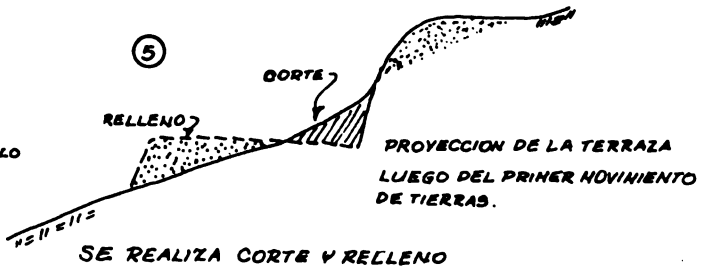


DISPOSICION PROVISIONAL DE LA CAPA FERTIL

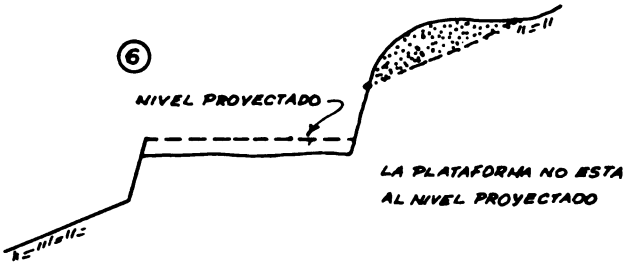
ASI QUEDA EL TERRENO LUEGO DEL PRIMER MOVIMIENTO DE TIERRAS



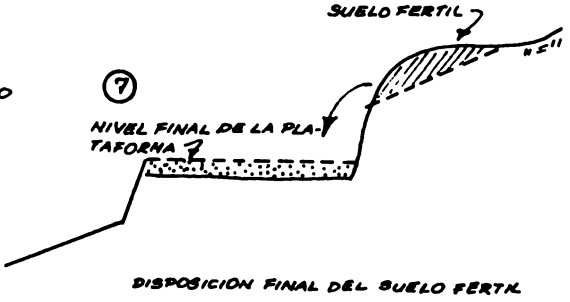
SITUACION PROVISIONAL DE LA SUPERFICIE



SE REALIZA CORTE Y RELLENO

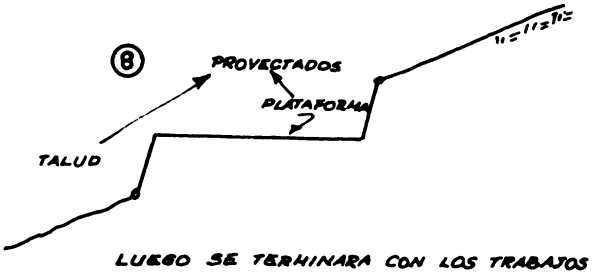


REALIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA CONSTRUIR LA PLATAFORMA PROYECTADA



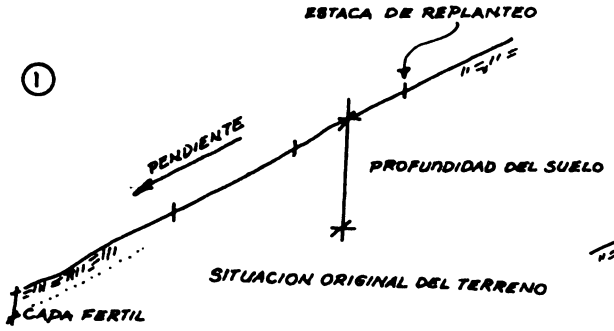
DISPOSICION FINAL DEL SUELO FERTIL

CONSTRUCCION FINAL DE LA TERRAZA



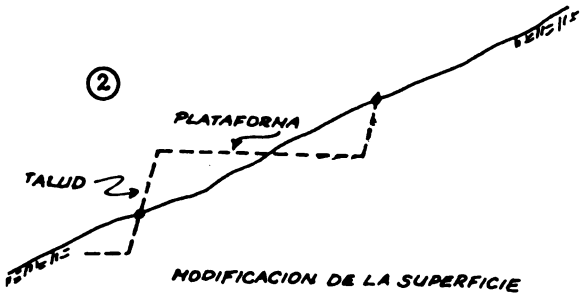
LUEGO SE TERMINARA CON LOS TRABAJOS

PROCESO PARA LA DISPOSICION DEL SUELO EN LAS TERRAZAS



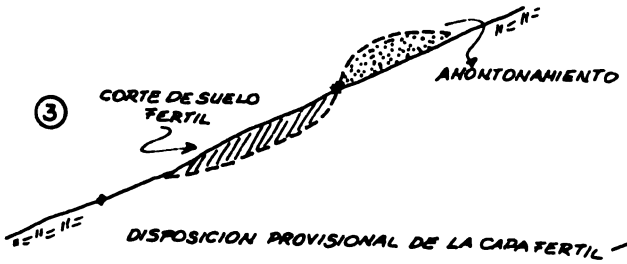
SITUACION ORIGINAL DEL TERRENO

PROYECCION DE LA TERRAZA



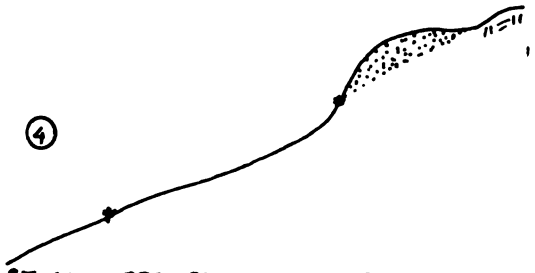
MODIFICACION DE LA SUPERFICIE

PRIMER MOVIMIENTO DE TIERRA (Aproximado)

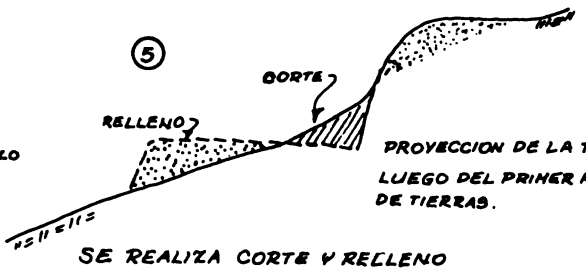


DISPOSICION PROVISIONAL DE LA CAPA FERTIL

ASI QUEDA EL TERRENO LUEGO DEL PRIMER MOVIMIENTO DE TIERRAS

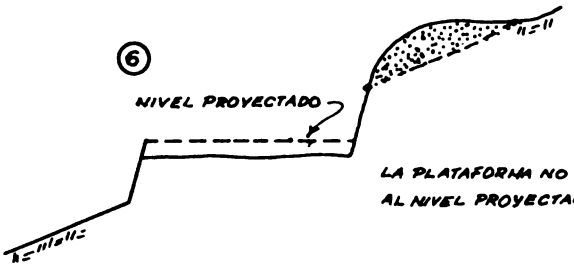


SITUACION PROVISIONAL DE LA SUPERFICIE



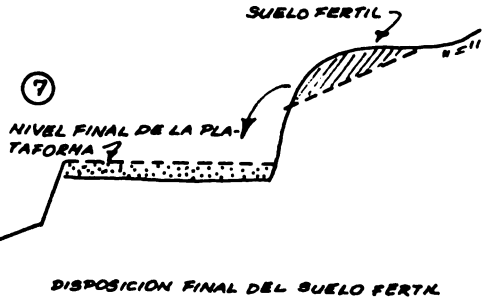
PROYECCION DE LA TERRAZA LUEGO DEL PRIMER MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE REALIZA CORTE Y RELLENO



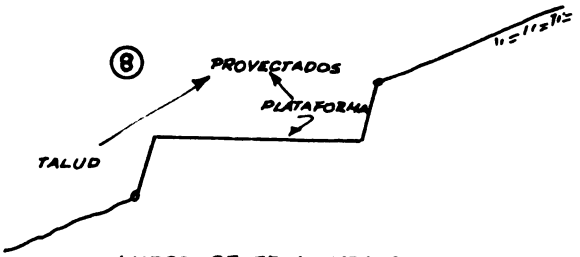
LA PLATAFORMA NO ESTA AL NIVEL PROYECTADO

REALIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA CONSTRUIR LA PLATAFORMA PROYECTADA

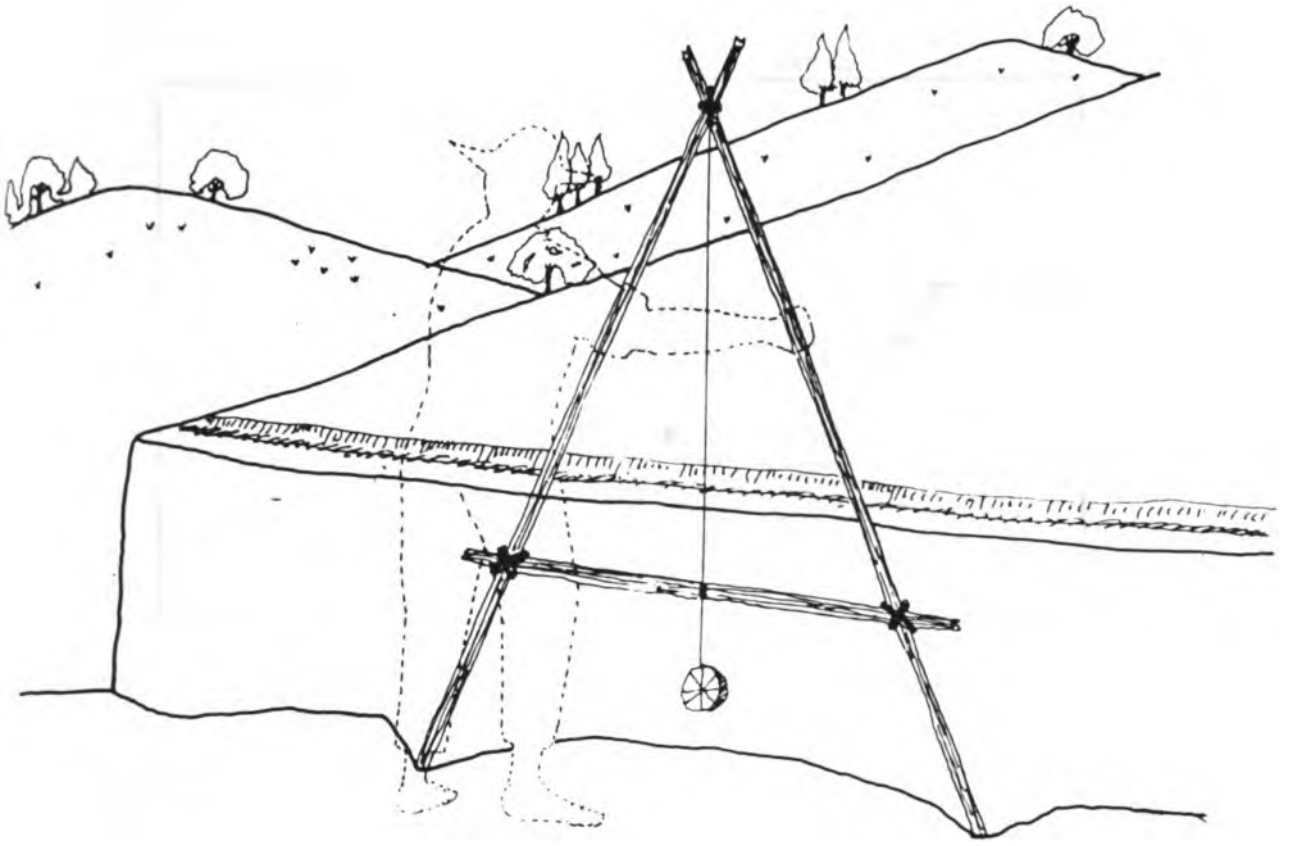


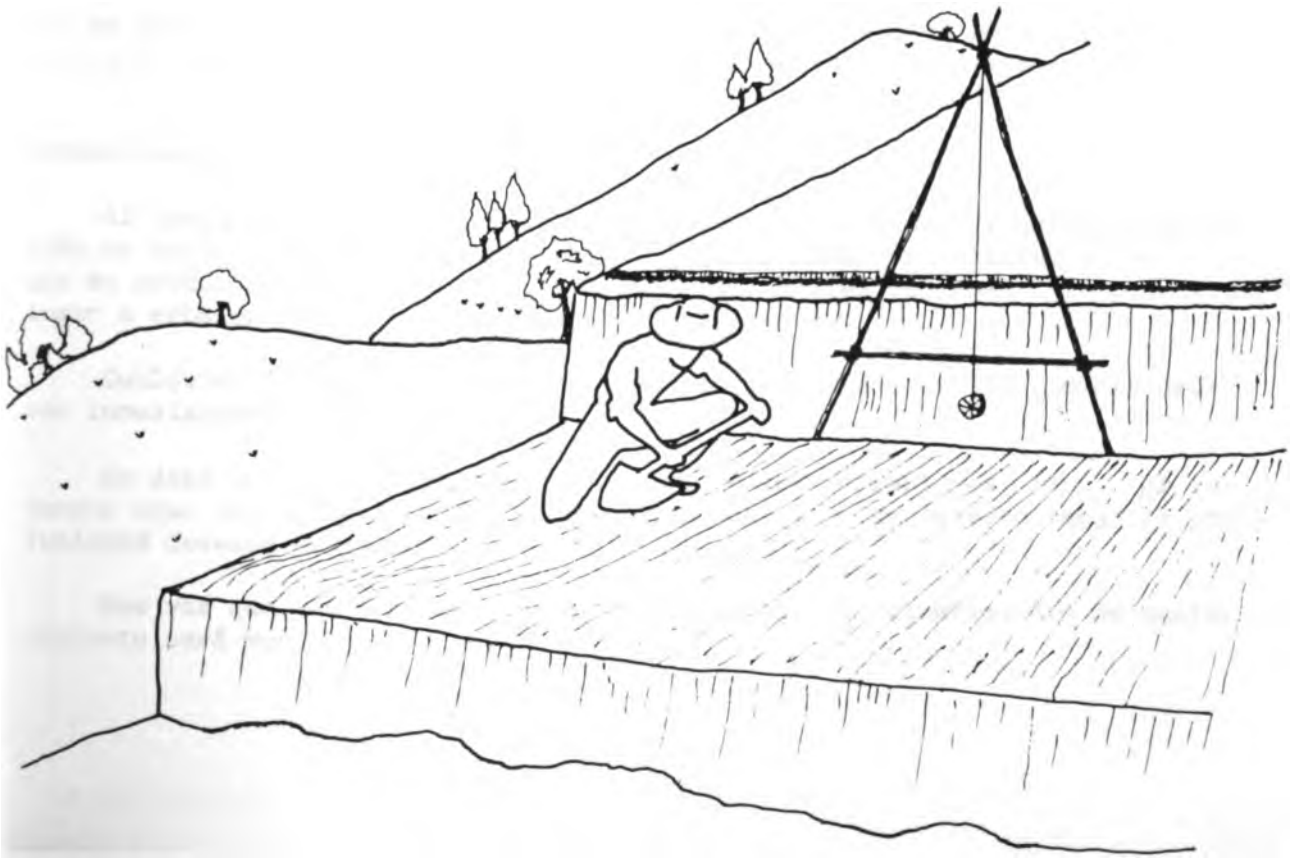
DISPOSICION FINAL DEL SUELO FERTIL

CONSTRUCCION FINAL DE LA TERRAZA

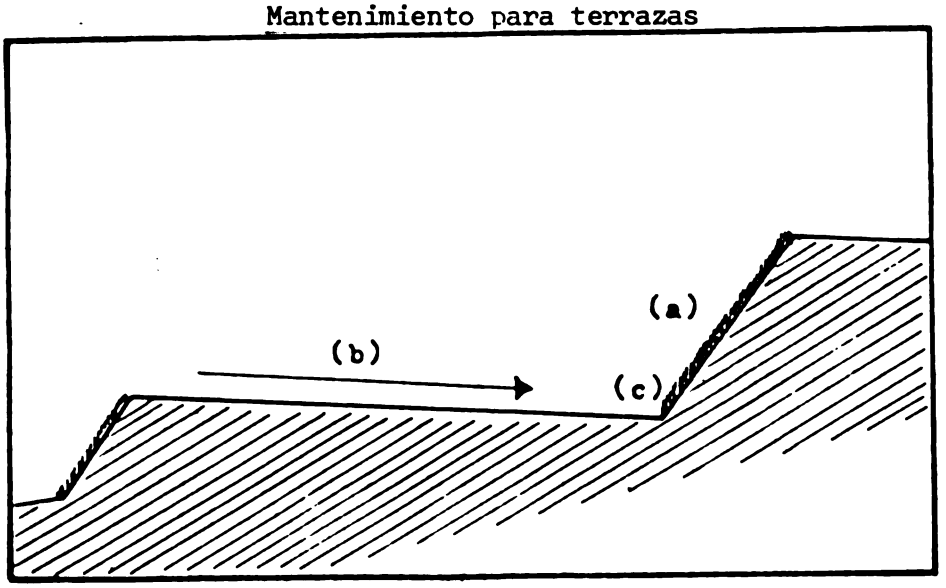


LUEGO SE TERMINARA CON LOS TRABAJOS





Mantenimiento para terrazas



Partes importantes para el mantenimiento de terrazas

a) Estabilidad y protección del talud
b) Inclinación uniforme de la plataforma
c) Desague o cuneta en funcionamiento correcto.

Caminos

Al constuirse las terrazas deben considerarse que deben haber caminos de acceso, los cuales no deben ser rectos en toda su longitud cuando se hacen de arriba abajo o de abajo arriba sino que deben ser sinuosos para que el agua de lluvia que escurre sobre el suelo no forme zanjas o cárcavas.

Mantenimiento

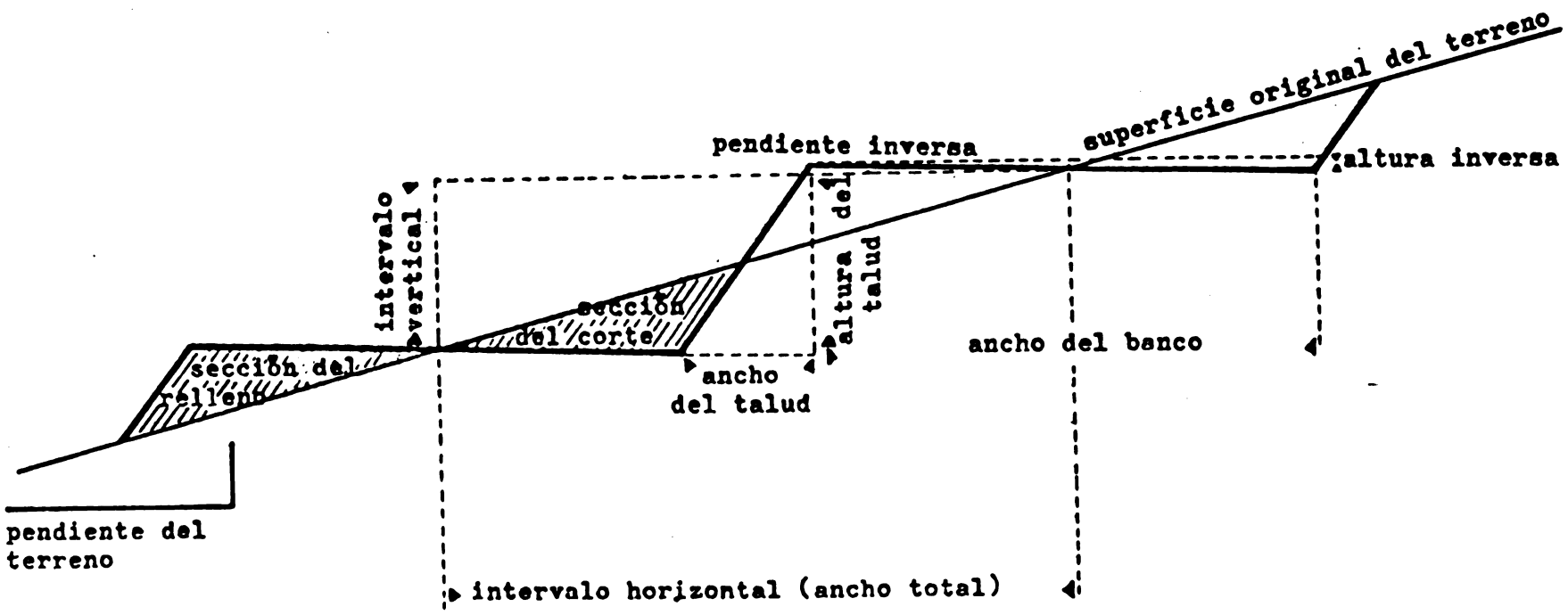
Al comienzo, las terrazas deben vigilarse con frecuencia sobre todo después de cada caída de lluvia para hacer los arreglos convenientes en caso de que se produzcan erosiones o asentamientos desiguales del suelo que puedan dar lugar a erosiones o se produzcan desbordes de agua.

Cualquier inicio de erosión, sea en las terrazas o en los caminos deben ser inmediatamente controlados.

Se debe cuidar siempre que los bordes de los terraplenes, tanto los internos como los externos estén nivelados y que el borde interno tenga la profundidad deseada en su desague.

Una vez que las terrazas están consolidadas, el requerimiento de mantenimiento será muy bajo.

TERRAZAS DE BANCO CONSTRUIDAS A MANO



ESPECIFICACIONES DE TERRAZAS DE BANCO
CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
2.50									
	12	0.45	2.85	0.14	500	0.35	0.13	3520	8800
	14	0.50	2.90	0.16	560	0.40	0.13	3460	8660
	16	0.60	2.95	0.18	620	0.45	0.13	3410	8520
	18	0.65	3.00	0.20	680	0.50	0.13	3350	8380
	20	0.70	3.05	0.22	730	0.60	0.13	3290	8240
	22	0.80	3.10	0.24	790	0.65	0.13	3240	8100
	24	0.85	3.15	0.27	850	0.75	0.13	3180	7960
	26	0.95	3.20	0.29	910	0.80	0.13	3130	7810
	28	1.00	3.25	0.32	970	0.90	0.13	3070	7670
	30	1.10	3.30	0.34	1030	0.95	0.13	3010	7530
	32	1.20	3.40	0.37	1090	1.05	0.13	2960	7390
	34	1.25	3.45	0.40	1150	1.15	0.13	2900	7250
	36	1.35	3.50	0.42	1210	1.25	0.13	2840	7110
	38	1.45	3.60	0.46	1280	1.35	0.13	2780	6950
	40	1.55	3.65	0.49	1340	1.45	0.13	2730	6815

Pendiente inversa : = 0.05 %

Relación ancho del talud/altura del talud : = 0.75

ESPECIFICACIONES DE TERRAZAS DE BANCO
CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
2.75	12	0.50	3.15	0.17	550	0.35	0.14	3200	8800
	14	0.55	3.20	0.20	610	0.45	0.14	3150	8660
	16	0.65	3.25	0.22	680	0.50	0.14	3100	8520
	18	0.70	3.30	0.24	740	0.55	0.14	3050	8380
	20	0.80	3.35	0.27	810	0.65	0.14	3000	8240
	22	0.85	3.40	0.30	870	0.70	0.14	2940	8100
	24	0.95	3.45	0.32	940	0.80	0.14	2890	7960
	26	1.05	3.50	0.35	1000	0.90	0.14	2740	7810
	28	1.10	3.60	0.38	1070	0.95	0.14	2790	7670
	30	1.20	3.65	0.41	1130	1.05	0.14	2740	7530
	32	1.30	3.70	0.45	1200	1.15	0.14	2690	7390
	34	1.40	3.80	0.48	1260	1.25	0.14	2640	7250
	36	1.50	3.85	0.51	1330	1.35	0.14	2580	7110
	38	1.60	3.95	0.55	1390	1.45	0.14	2530	6965
	40	1.70	4.10	0.59	1460	1.55	0.14	2480	6825

Pendiente inversa = 0.05 = 5%

Relación ancho del talud/altura del talud = 0.75

CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura Inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
3.00	12	0.55	3.40	0.20	600	0.40	0.15	2930	8800
	14	0.60	3.45	0.23	670	0.45	0.15	2890	8660
	16	0.70	3.50	0.26	740	0.55	0.15	2840	8520
	18	0.75	3.60	0.29	810	0.60	0.15	2790	8380
	20	0.85	3.65	0.32	880	0.70	0.15	2750	8240
	22	0.95	3.70	0.35	950	0.80	0.15	2700	8100
	24	1.05	3.75	0.39	1020	0.90	0.15	2650	7960
	26	1.10	3.85	0.42	1090	0.95	0.15	2600	7810
	28	1.20	3.90	0.45	1160	1.05	0.15	2560	7660
	30	1.30	4.00	0.49	1230	1.15	0.15	2510	7530
	32	1.40	4.05	0.53	1310	1.25	0.15	2460	7390
	34	1.50	4.15	0.57	1380	1.35	0.15	2420	7250
	36	1.65	4.20	0.61	1450	1.50	0.15	2370	7110
	38	1.75	4.30	0.65	1510	1.60	0.15	2320	6960
	40	1.85	4.40	4.70	1590	1.70	0.15	2270	6820

Pendiente inversa : 0.05 = 5%

Relación ancho del talud/altura del talud: = 0.75

ESPECIFICACIONES DE TERRAZAS DE BANCO

CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^3
3.25	12	0.60	3.70	0.24	650	0.45	0.16	2710	8800
	14	0.65	3.75	0.27	730	0.50	0.16	2660	8660
	16	0.75	3.80	0.31	800	0.60	0.16	2620	8520
	18	0.85	3.90	0.34	880	0.70	0.16	2580	8380
	20	0.95	3.95	0.38	950	0.75	0.16	2530	8240
	22	1.00	4.00	0.41	1030	0.85	0.16	2490	8100
	24	1.10	4.10	0.45	1110	0.95	0.16	2450	7960
	26	1.20	4.15	0.49	1180	1.05	0.16	2400	7810
	28	1.30	4.25	0.53	1260	1.15	0.16	2360	7670
	30	1.40	4.30	0.58	1340	1.25	0.16	2320	7530
3.50	12	0.65	4.00	0.28	700	0.45	0.18	2510	8800
	14	0.70	4.05	0.32	780	0.55	0.18	2470	8660
	16	0.80	4.10	0.35	860	0.65	0.18	2430	8520
	18	0.90	4.20	0.40	950	0.75	0.18	2390	8380
	20	1.00	4.25	0.44	1030	0.80	0.18	2350	8240
	22	1.10	4.30	0.48	1110	0.90	0.18	2310	8100
	24	1.20	4.40	0.52	1190	1.00	0.18	2270	7960
	26	1.30	4.50	0.57	1280	1.15	0.18	2230	7810
	28	1.40	4.55	0.62	1360	1.25	0.18	2190	7670
	30	1.55	4.65	0.67	1440	1.35	0.18	2150	7530

Pendiente inversa : = 0.05 = 5%

Relación ancho del talud/altura del talud: = 0.75

ESPECIFICACIONES DE TERRAZAS DE BANCO
CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
3.75	12	0.70	4.25	0.32	750	0.50	0.19	2350	8800
	14	0.75	4.35	0.36	840	0.60	0.19	2310	8660
	16	0.85	4.40	0.41	930	0.70	0.19	2270	8520
	18	0.95	4.50	0.45	1010	0.80	0.19	2230	8380
	20	1.05	4.55	0.50	1100	0.90	0.19	2200	8240
	22	1.20	4.65	0.55	1190	1.00	0.19	2160	8100
	24	1.30	4.70	0.60	1280	1.10	0.19	2120	7960
	26	1.40	4.80	0.66	1380	1.20	0.19	2080	7810
	28	1.50	4.90	0.71	1450	1.35	0.19	2050	7670
	30	1.65	5.00	0.77	1540	1.45	0.19	2010	7530
4.00	12	0.75	4.55	0.36	800	0.55	0.20	2200	8800
	14	0.85	4.60	0.41	890	0.65	0.20	2160	8660
	16	0.95	4.70	0.46	990	0.75	0.20	2130	8520
	18	1.05	4.75	0.52	1080	0.85	0.20	2100	8380
	20	1.15	4.85	0.57	1180	0.95	0.20	2060	8240
	22	1.25	4.95	0.63	1270	1.05	0.20	2020	8100
	24	1.35	5.05	0.69	1360	1.15	0.20	1990	7960
	26	1.50	5.10	0.75	1460	1.30	0.20	1950	7810
	28	1.60	5.20	0.81	1550	1.40	0.20	1920	7670
	30	1.75	5.30	0.87	1650	1.55	0.20	1880	7530

Pendiente inversa : = 0.05 = 5%

Relación ancho del talud/altura del talud: = 0.75

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
4.25	12	0.75	4.85	0.41	850	0.55	0.21	2070	8800
	14	0.90	4.90	0.47	950	0.65	0.21	2040	8660
	16	1.00	5.00	0.52	1050	0.75	0.21	2000	8520
	18	1.10	5.05	0.58	1150	0.90	0.21	1970	8380
	20	1.20	5.15	0.64	1250	1.00	0.21	1940	8240
	22	1.35	5.25	0.71	1350	1.10	0.21	1910	8100
	24	1.45	5.35	0.77	1450	1.25	0.21	1870	7960
	26	1.60	5.45	0.84	1550	1.35	0.21	1840	7810
	28	1.70	5.55	0.91	1650	1.50	0.21	1810	7670
	30	1.85	5.65	0.99	1750	1.65	0.21	1770	7530
4.50	12	0.80	5.10	0.46	900	0.60	0.23	1960	8800
	14	0.95	5.20	0.52	1010	0.70	0.23	1920	8660
	16	1.05	5.30	0.59	1110	0.80	0.23	1890	8520
	18	1.15	5.35	0.65	1220	0.95	0.23	1860	8380
	20	1.30	5.45	0.72	1320	1.05	0.23	1830	8240
	22	1.40	5.55	0.80	1430	1.20	0 23	1800	8100
	24	1.55	5.65	0.87	1530	1.30	0.23	1770	7960
	26	1.70	5.75	0.94	1640	1.45	0.23	1740	7810
	28	1.80	5.85	1.02	1750	1.60	0.23	1710	7670
	30	1.95	6.00	1.11	1850	1.75	0.23	1670	7530

Pendiente inversa : = 0.05 = 5%

Relación ancho del talud/altura del talud: = 0.75

ESPECIFICACIONES DE TERRAZAS DE BANCO

CONSTRUIDAS A MANO

(1) Ancho del banco m	(2) Pendiente del terreno %	(3) Altura del talud m	(4) Intervalo horizontal Ancho total m	(5) Sección del corte m^2	(6) Volumen a remover por ha m^3	(7) Intervalo vertical m	(8) Altura inversa m	(9) Longitud de terrazas por ha m	(10) Area de banco por ha m^2
4.75	12	0.90	5.40	0.51	950	0.65	0.24	1850	8800
	14	1.00	5.50	0.58	1060	0.75	0.24	1820	8660
	16	1.10	5.60	0.65	1170	0.85	0.24	1790	8520
	18	1.25	5.65	0.73	1280	1.00	0.24	1760	8380
	20	1.35	5.75	0.80	1400	1.10	0.24	1730	8240
	22	1.50	5.85	0.88	1510	1.25	0.24	1700	8100
	24	1.65	5.95	0.97	1620	1.40	0.24	1670	7960
	26	1.75	6.10	1.05	1730	1.55	0.24	1650	7810
	28	1.90	6.20	1.14	1840	1.70	0.24	1620	7670
	30	2.10	6.30	1.23	1950	1.85	0.24	1590	7530
5.00	12	0.90	5.70	0.57	1000	0.65	0.25	1760	8800
	14	1.05	5.75	0.65	1120	0.80	0.25	1730	8660
	16	1.15	5.85	0.72	1230	0.90	0.25	1700	8520
	18	1.30	5.95	0.81	1350	1.05	0.25	1680	8380
	20	1.45	6.05	0.90	1470	1.20	0.25	1650	8240
5.25	12	0.95	5.95	0.63	1050	0.70	0.26	1680	8800
	14	1.10	6.05	0.71	1170	0.80	0.26	1650	8660
	16	1.20	6.15	0.80	1300	0.95	0.26	1620	8520
	18	1.35	6.25	0.89	1420	1.10	0.26	1600	8380
	20	1.50	6.35	0.98	1540	1.25	0.26	1570	8240

Pendiente inversa : = 0.05 = 5%

Relación Ancho del talud/altura del talud : = 0.75

Otra Metodología para diseño de terrazas

Para el diseño de las terrazas, es necesario considerar los aspectos siguientes:

1- Espaciamiento entre terrazas

2- Características del canal

3- Forma de la sección transversal

La influencia de cada uno de los aspectos anteriores se discuten a continuación:

1- Espaciamiento entre terrazas. El espaciamiento entre terrazas depende principalmente de la pendiente. Sin embargo, también influye la precipitación pluvial, la sección transversal de la terraza, los implementos agrícolas que se van a utilizar y el tamaño de las parcelas.

Cálculo del espaciamiento entre terrazas: El espaciamiento entre terrazas se puede medir utilizando la diferencia de nivel entre ellas, denominado intervalo vertical (IV) o considerando la distancia horizontal entre ellas, que se conoce como intervalo horizontal (IH). Generalmente el intervalo horizontal se mide sobre el terreno (distancia superficial), sobre todo en pendientes pequeñas donde la diferencia entre las dos mediciones es despreciable. En pendientes fuertes si debe utilizarse el intervalo horizontal, ya que la distancia superficial puede provocar errores considerables. (Ver figura).

Los procedimientos para calcular el espaciamiento entre terrazas son los siguientes:

Fórmula que considera la pendiente y la precipitación anual. Para calcular el intervalo vertical se utiliza la siguiente fórmula:

$$IV = \left(2 + \frac{P}{364}\right) (.305) \ldots\ldots$$

Donde:

IV - Intervalo vertical (m)

P - Pendiente del terreno (%)

3 - Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1200 mm

4 - Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1200 mm

0.305 - Factor de conversión de pies a metros

Los valores del intervalo vertical aparecen en el cuadro siguiente.

En caso de utilizar el intervalo horizontal en lugar del vertical, se emplea la siguiente fórmula:

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100 \ldots\ldots$$

Donde:

IH - Intervalo horizontal (m)

IV - Intervalo vertical (m)

P - Pendiente del terreno (%)

Los valores del intervalo horizontal para diferentes pendientes aparecen en el cuadro siguiente:

Ejemplo:

Calcular el espaciamiento entre dos terrazas en terrenos ubicados cerca de Zitácuaro, Mich., donde la pendiente es de 14% y la precipitación media anual de 1000 mm.

Al entrar con un valor de la pendiente de 14% y una precipitación menor de 1200 mm, en el cuadro, se obtiene que el intervalo vertical es de 2.03 m, y el intervalo horizontal es de 14.50 m, o sea el espaciamiento entre las dos terrazas.

Espaciamiento entre terrazas al considerar la pendiente y la altura de la precipitación.

Pendiente %	Altura de la precipitación anual (mm)			
	Menor de 1200	Mayor de 1200	Menor de 1200	Mayor de 1200
	Intervalo Vertical (IV)		Intervalo Horizontal (IH)	
2	0.81	0.76	40.50	38.00
4	1.02	0.91	25.50	22.75
6	1.22	1.07	20.33	17.83
8	1.42	1.22	17.75	15.25
10	1.62	1.37	16.20	13.70
12	1.83	1.52	15.25	12.66
14	2.03	1.68	14.50	12.00
16	2.24	1.83	14.00	11.43
18	2.44	1.98	13.55	11.00
20	2.64	2.13	13.20	10.65
22	2.84	2.28	12.90	10.36
24	3.05	2.44	12.70	10.16
26	3.25	2.59	12.50	9.96
28	3.45	2.74	12.32	9.78
30	3.66	2.90	12.20	9.67
32	3.86	3.05	12.06	9.53
34	4.06	3.20	11.94	9.41
36	4.27	3.35	11.86	9.30
38	4.47	3.50	11.76	9.21
40	4.67	3.66	11.67	9.15
50	5.69	4.42	11.38	8.84

La fórmula que utiliza como datos la pendiente del terreno, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo.

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$IV = a\,p + b \;.....$$

Donde:

IV - Intervalo vertical (m)

a - Variable que está en función de la intensidad de la precipitación, la que comúnmente varía de 0.09 a 0.18

p - Pendiente del terreno (%)

b - Variable que depende de la erodibilidad* del suelo, de los métodos de cultivo y de sus prácticas de manejo

Procedimiento para el uso de la fórmula.

1- Para obtener el valor de "a" y aplicarlo a esta fórmula es necesario ubicar el área de trabajo en un mapa de precipitación.

2- Obtener el valor de "b" en el cuadro considerando el drenaje del suelo y la cubierta vegetal.

Valores del coeficiente "b" para calcular el espaciamiento entre terrazas.

Valor de "b"	Drenaje interno del suelo	Cubierta vegetal en el período de lluvias intensas
0.30	Lento	Escasa
0.45	Rápido	Escasa
	Lento	Abundante
0.60	Rápido	Abundante

3- Con los valores de a y b, y conocida la pendiente media del terreno, se calcula el intervalo vertical (IV) por medio de la fórmula.

4- Una vez obtenido el IV se procede a calcular el IH empleando la fórmula.

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100 \; .....$$

* Erodibilidad. Es la susceptibilidad del suelo a erosionarse.

Cálculo del ancho para terrazas de banco en función de la pendiente del terreno y la profundidad permisible al corte.

Profundidad del suelo(m)	Pendiente %	Ancho del bancal (m)	
		Muro vertical	Con talud
0.10	10	2.00	1.80
	20	1.00	0.80
	30	0.66	0.46
	40	0.50	0.30
0.20	10	4.00	3.60
	20	2.00	1.60
	30	1.33	0.93
	40	1.00	0.60
0.40	10	8.00	7.20
	20	4.00	3.20
	30	2.66	1.86
	40	2.00	1.20
0.60	10	12.00	10.80
	20	6.00	4.80
	30	4.00	2.80
	40	3.00	1.80
0.80	10	16.00	14.40
	20	8.00	6.40
	30	5.33	3.73
	40	4.00	2.40
1.00	10	20.00	18.00
	20	10.00	8.00
	30	6.66	4.66
	40	5.00	3.00

Dimensiones de las terrazas de banco con talud, en base a la profundidad permisible de corte

Pendiente %	0.10		0.20		0.30		0.40		0.50		0.60		0.70		0.80		0.90		1.00	
	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V
10.0	1.80	0.045	3.60	0.180	5.40	0.405	7.20	0.720	9.00	1.125	10.80	1.620	12.60	2.205	14.40	2.880	16.20	3.645	18.00	4.500
11.0	1.62	0.040	3.24	0.162	4.85	0.364	6.47	0.647	9.09	1.011	9.71	1.456	11.33	1.982	12.95	2.589	14.56	3.277	16.18	4.045
12.0	1.47	0.037	2.93	0.147	4.40	0.330	5.87	0.587	7.33	0.917	8.80	1.320	10.27	1.797	11.73	2.347	13.20	2.970	14.67	3.667
13.0	1.34	0.033	2.68	0.134	4.02	0.301	5.35	0.535	6.69	0.837	8.03	1.205	9.37	1.640	10.71	2.142	12.05	2.710	13.38	3.346
14.0	1.23	0.031	2.46	0.123	3.69	0.276	4.91	0.491	6.14	0.768	7.37	1.106	8.60	1.505	9.83	1.966	11.06	2.488	12.29	3.071
15.0	1.13	0.028	2.27	0.113	3.40	0.255	4.53	0.453	5.67	0.708	6.80	1.020	7.93	1.388	9.07	1.813	10.20	2.295	11.33	2.833
16.0	1.05	0.026	2.10	0.105	3.15	0.236	4.20	0.420	5.25	0.656	6.30	0.945	7.35	1.286	8.40	1.680	9.45	2.126	10.50	2.625
17.0	0.98	0.024	1.95	0.098	2.93	0.220	3.91	0.391	4.88	0.610	5.86	0.879	6.84	1.196	7.81	1.562	8.79	1.977	9.76	2.441
18.0	0.91	0.023	1.82	0.091	2.73	0.205	3.64	0.364	4.56	0.569	5.47	0.820	6.38	1.116	7.29	1.458	8.20	1.845	9.11	2.278
19.0	0.85	0.021	1.71	0.085	2.56	0.192	3.41	0.341	4.26	0.533	5.12	0.767	5.97	1.044	6.82	1.364	7.67	1.727	8.53	2.132
20.0	0.80	0.020	1.60	0.080	2.40	0.180	3.20	0.320	4.00	0.500	4.80	0.720	5.60	0.980	6.40	1.280	7.20	1.620	8.00	2.000
21.0	0.75	0.019	1.50	0.075	2.26	0.169	3.01	0.301	3.76	0.470	4.51	0.677	5.27	0.922	6.02	1.204	6.77	1.524	7.52	1.881
22.0	0.71	0.018	1.42	0.071	2.13	0.160	2.84	0.284	3.55	0.443	4.25	0.638	4.96	0.869	5.67	1.135	6.38	1.436	7.09	1.773
23.0	0.67	0.017	1.34	0.067	2.01	0.151	2.68	0.268	3.35	0.418	4.02	0.603	4.69	0.820	5.36	1.071	6.03	1.356	6.70	1.674
24.0	0.63	0.016	1.27	0.063	1.90	0.142	2.53	0.253	3.17	0.396	3.80	0.570	4.43	0.776	5.07	1.013	5.70	1.282	6.33	1.583
25.0	0.60	0.015	1.20	0.060	1.80	0.135	2.40	0.240	3.00	0.375	3.60	0.540	4.20	0.735	4.80	0.960	5.40	1.215	6.00	1.500
26.0	0.57	0.014	1.14	0.057	1.71	0.128	2.28	0.228	2.85	0.356	3.42	0.512	3.98	0.697	4.55	0.911	5.12	1.153	5.69	1.423
27.0	0.54	0.014	1.08	0.054	1.62	0.122	2.16	0.216	2.70	0.338	3.24	0.487	3.79	0.662	4.33	0.865	4.87	1.095	5.41	1.352
28.0	0.51	0.013	1.03	0.051	1.54	0.116	2.06	0.206	2.57	0.321	3.09	0.463	3.60	0.630	4.11	0.823	4.63	1.041	5.14	1.286
29.0	0.49	0.012	0.98	0.049	1.47	0.110	1.96	0.196	2.45	0.306	2.94	0.441	3.43	0.600	3.92	0.783	4.41	0.992	4.90	1.224
30.0	0.47	0.012	0.93	0.047	1.40	0.105	1.87	0.187	2.33	0.292	2.80	0.420	3.27	0.572	3.73	0.747	4.20	0.945	4.67	1.167
31.0	0.45	0.011	0.89	0.045	1.34	0.100	1.78	0.178	2.23	0.278	2.67	0.401	3.12	0.545	3.56	0.712	4.01	0.901	4.45	1.113
32.0	0.42	0.011	0.85	0.042	1.27	0.096	1.70	0.170	2.12	0.276	2.55	0.382	2.97	0.521	3.40	0.680	3.82	0.861	4.25	1.062
33.0	0.41	0.010	0.81	0.041	1.22	0.091	1.62	0.162	2.03	0.254	2.44	0.365	2.84	0.497	3.25	0.650	3.65	0.822	4.06	1.015
34.0	0.39	0.010	0.78	0.039	1.16	0.087	1.55	0.155	1.94	0.243	2.33	0.349	2.72	0.476	3.11	0.621	3.49	0.786	3.88	0.971
35.0	0.37	0.009	0.74	0.037	1.11	0.084	1.49	0.149	1.86	0.232	2.23	0.334	2.60	0.455	2.97	0.594	3.34	0.752	3.71	0.929
36.0	0.36	0.009	0.71	0.036	1.07	0.080	1.42	0.142	1.78	0.222	2.13	0.320	2.49	0.436	2.84	0.569	3.20	0.720	3.56	0.889
37.0	0.34	0.009	0.68	0.034	1.02	0.077	1.36	0.136	1.70	0.213	2.04	0.306	2.38	0.417	2.72	0.545	3.06	0.690	3.41	0.851
38.0	0.33	0.008	0.65	0.033	0.98	0.073	1.31	0.131	1.63	0.204	1.96	0.294	2.28	0.400	2.61	0.522	2.94	0.661	3.26	0.816
39.0	0.31	0.008	0.63	0.031	0.94	0.070	1.25	0.125	1.56	0.196	1.88	0.282	2.19	0.383	2.50	0.501	2.82	0.633	3.13	0.782
40.0	0.30	0.007	0.60	0.030	0.90	0.067	1.20	0.120	1.50	0.187	1.80	0.270	2.10	0.367	2.40	0.480	2.70	0.607	3.00	0.750
41.0	0.29	0.007	0.58	0.029	0.86	0.065	1.15	0.115	1.44	0.180	1.73	0.259	2.01	0.353	2.30	0.460	2.59	0.583	2.88	0.720
42.0	0.28	0.007	0.55	0.028	0.83	0.062	1.10	0.110	1.38	0.173	1.66	0.249	1.93	0.338	2.21	0.442	2.49	0.559	2.76	0.690
43.0	0.27	0.007	0.53	0.027	0.80	0.060	1.06	0.106	1.33	0.166	1.59	0.239	1.86	0.325	2.12	0.424	2.39	0.537	2.65	0.663
44.0	0.25	0.006	0.51	0.025	0.76	0.057	1.02	0.102	1.27	0.159	1.53	0.229	1.78	0.312	2.04	0.407	2.29	0.515	2.55	0.636
45.0	0.24	0.006	0.49	0.024	0.73	0.055	0.98	0.098	1.22	0.153	1.47	0.220	1.71	0.299	1.96	0.391	2.20	0.495	2.44	0.611

A = Ancho del bancal en metros.

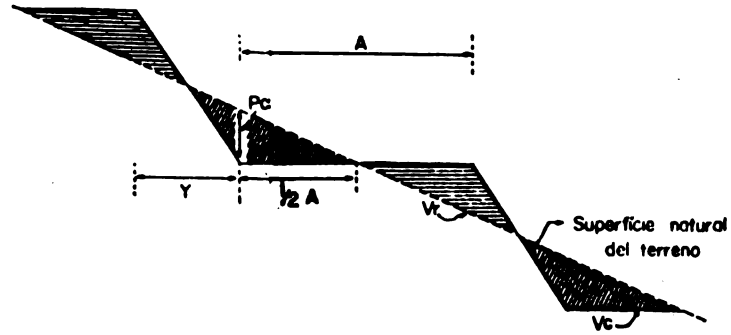
Vc = Volumen de corte en metros cúbicos por metro lineal.

Vr = Volumen de relleno en metros cúbicos por metro lineal.

V = Vc = Vr

Pc = Profundidad de corte en metros.

Y = 2Pc



4.6. Tratamiento de cárcavas

Definición de una cárcava

Una cárcava es una zanja que corta al terreno como consecuencia de la acción erosiva del agua que corre sobre la superficie y se concentra hasta que adquiere una velocidad suficiente como para causar erosión tanto lateral como vertical.

Incidencia e importancia de las cárcavas

Las cárcavas son más comunes en los suelos francos con alto contenido de limo y arena fina y poca agregación; especialmente en las zonas semiáridas y tropicales con lluvias de alta intensidad.

Las cárcavas pueden resultar de la erosión laminar y en surcos la cual ha continuado sin ningún control; también puede formarse por las huellas dejadas por los arados, tractores, vehículos y ganado, y por la extracción de madera de los bosques en la dirección de la máxima pendiente. Pueden resultar del alineamiento no adecuado de las zanjas de drenaje, la remoción de la vegetación natural de los canales de drenaje natural y de la falta de cobertura vegetativa para los desagues artificiales. Las cárcavas cortan a los campos en pequeñas porciones hasta que finalmente ya no pueden cultivarse. Además pueden secar el campo debido a que producen un excesivo drenaje.

Las cárcavas también pueden producir la destrucción de muchos edificios, carreteras y otras propiedades. Por las razones expuestas es de vital importancia que se adquieran un conocimiento de los principios de su control.

Proceso de la erosión por cárcavas

La escorrentía comienza con una lámina de agua, la cual se concentra en las partes bajas formando delgados riachuelos.

Cada arroyo se mueve a lo largo de las despresiones dentro de su pequeña cuenca, llevando material sólido tanto en suspensión como rodando por el lecho. El flujo del agua labra un canal definido, tanto por abrasión del lecho por medio de las partículas que ruedan como arrancando las partículas de las paredes laterales. La formación de una cárcava puede resultar o del avance de este proceso en un simple riachuelo o de la unión de varios riachuelos.

En algún punto, debido a la irregularidad de la superficie se produce una pequeña catarata en la cual el agua se cae verticalmente a un nivel más bajo; esta caída puede ser en primer lugar de unos pocos milímetros, pero es suficiente para dar al agua un impulso tal, que sea capaz de hacer un hueco en el lecho y acentuar la caída. Esta caída, que se denomina la cabecera de la cárcava es su parte más activa y se desplaza hacia la parte más alta de la cuenca.

A medida que el lecho es erosionado, el suelo de los taludes se expone a las fuerzas internas tendiendo a causar un rompimiento. Para cada tipo de suelo hay una altura limitante sobre la cual no puede permanecer vertical. En las arenas gruesas las taludes se deslizan al instante, mientras en los suelos cohesivos de textura fina las taludes de una cárcava pueden permanecer verticales hasta que la cárcava alcance una profundidad de varios metros. En los extremos, tal como un tufo volcánico pueden encontrarse cárcavas con taludes verticales hasta una profundidad de 50 metros.

Las cárcavas en suelos profundos de textura fina con subsuelo erosionable tienden a adquirir una acción transversal en forma de V.

Conforme se desarrolla una cárcava se incrementa la cantidad y velocidad de escorrentía que ingresa, y se acelera la velocidad de erosión. La cabeza de la cárcava, debido a que siempre se encuentra en la línea de la depresión orinal, recibe la mayor concentración de agua, la cual va cortando progresivamente al campo hasta la parte superior del área de captación.

Mientras tanto, como el área de captación se extiende lateralmente (debido al aumento de la profundidad de la cárcava) nuevas cabezas de cárcava pueden formarse en los puntos bajos en los bancos, y la cárcava comienza a ramificarse.

En los suelos con capas de roca, la cárcava tiende a ampliarse más que a profundizarse en tales situaciones una cárcava puede destruir un área considerable de tierra.

Cuando la erosión por cárcavas no se controla puede continuar por más de un "ciclo". En el primer ciclo el canal es erosionado hasta una profundidad que depende de la resistencia del suelo, de la intensidad de la escorrentía, y la topografía. La cárcava puede permanecer en este estado o puede comenzar un nuevo ciclo de erosión del lecho. En este caso una nueva "cabeza de cárcava" se forma en, o cerca a la boca de descarga de la cárcava dentro del cauce natural o principal y se repite el proceso de erosión.

Los procesos que intervienen en el desarrollo de una cárcava son:

a) Erosión por caída de agua en la cabeza de la cárcava;
b) Abrasión del lecho;
c) Derrumbamiento de los bancos debido al flujo debajo de la superficie del suelo.

Una cárcava no controlada en última instancia puede estabilizarse por sí mismo. Conforme se extiende hacia la parte superior de la cuenca va dispinuyendo el área de captación de la cabeza de la cárcava hasta que ya no ingrese suficiente agua como para que pueda continuar el proceso de erosión. Una vez que el flujo de agua ha bajado suficientemente, la vegetación puede comenzar a establecerse. Los sedimientos que se depositan en la parte inferior de la cárcava permiten el establecimiento de la vegetación natural en el fondo.

Los bancos adoptan un ángulo estable de reposos y finalmente la cárcava se estabiliza integramente. En muchos casos la cárcava antes de llegar a este punto, habrá ya causado daños a la tierra, también si se ha ramificado la erosión puede continuar en los subsidiarios los cuales no han llegado al mismo estado de madurez que el cauce principal de la cárcava.

La prevención de las cárcavas

La prevención de las cárcavas significa evitar todas las causas que las originan. En términos generales, la adopción de un adecuado sistema de conservación del suelo y del agua en el fondo automáticamente prevendrá la formación de cárcavas. Un sistema apropiado incluirá alguna o todas las siguientes medidas:

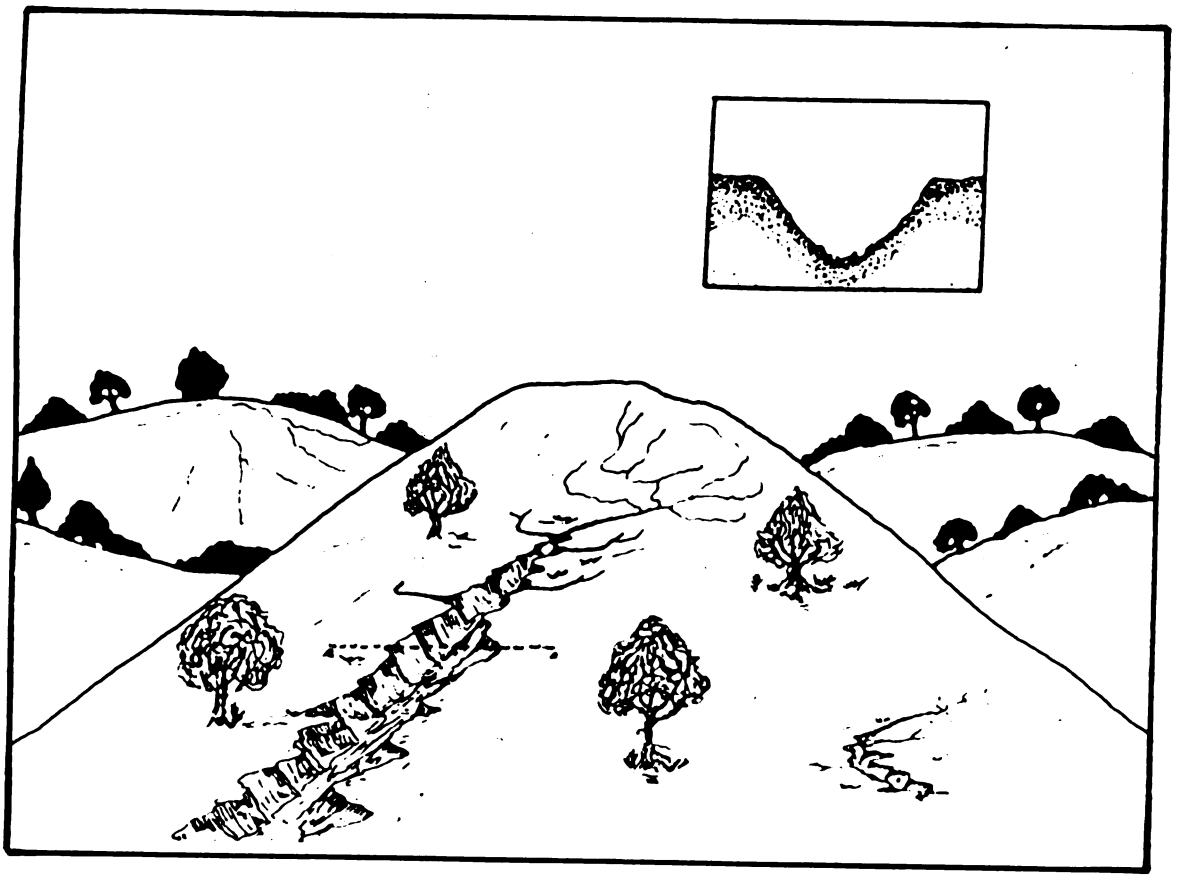
Rotaciones adecuadas, cultivos en contorno, cultivos en fajas, terrazas, la protección de los cauces naturales, la instalación de cursos vegetados artificiales, el evitar hacer huellas en la dirección de la máxima pendiente, alinear y proteger los caminos de acceso, y el control de la cantidad y movimiento del ganado.

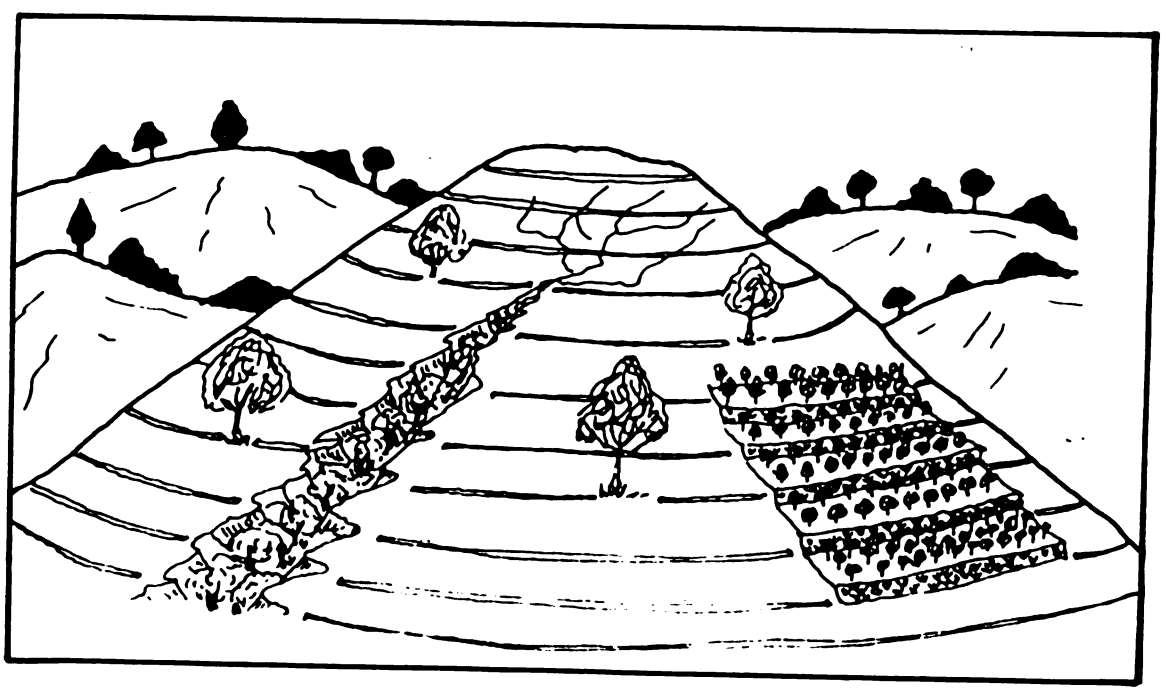
Control de las cárcavas

El primer paso en el control de una cárcava es eliminar la causa que la ha producido.

Si las cárcavas no son tan grandes o numerosas, la ejecución de un buen plan conservacionista puede en algunos casos ser suficientes, pero generalmente algunas medidas de control deben tenerse en cuenta:

CONTROL DE CARCAVAS





a) Revegetación natural:

El medio más simple y más barato para detener el avance de las cárcavas pequeñas y medianas es cercar el área erosionada para excluir el ganado, y permitir la revegetación natural. El cerco debe encerrar completamente la cárcava y se colocará a una distancia de los bordes de la cárcava igual a dos veces la profundidad de la misma.

b) Plantación de árboles y gramas:

La revegetación natural generalmente es un proceso lento. Más rápido es la plantación de árboles, hierbas o grama. En cada área hay especies que se adaptan muy bien. Gramíneas de crecimiento denso son recomendables. Los árboles frecuentemente son muy efectivos en estabilizar las cárcavas.

Las raíces de los árboles mantienen el suelo en su sitio, las partes superiores disminuyen el movimiento del agua superficial, las hojas protegen el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y en algunos casos los árboles remueven el agua subterránea que podría originar el derrumbe de las partes laterales de las cárcavas.

c) Exclusión de la escorrentía:

Cuando el volumen de escorrentía es tan grande que no permite la estabilización de una cárcava será beneficioso reducir la cantidad de escorrentía que entra a la cárcava, lo cual es hecho ya sea desviando la escorrentía o reteniéndola para que se infiltre.

d) Desviación de la escorrentía:

La escorrentía puede ser desviada por medio de un canal de desviación. Esto es factible solamente cuando el área de captación no es demasiada grande y cuando existen sitios apropiados para descargar el agua.

Las grandes áreas de captación necesitan canales muy costosos mientras

f) Conversión de las cárcavas en cauces vegetados:

En algunos casos las cárcavas pueden transformarse en canales vegetados. Como primer paso es necesario construir una zanja de desviación temporal. Luego se le da a la cárcava una apropiada sección transversal.

Finalmente se prepara la cama para las semillas como una práctica normal para el establecimiento de semillas de pastos. El canal debe recibir una buena aplicación de fertilizantes debido a que se ha removido el suelo superficial en las operaciones de relleno. Luego se siembran las gramas de la manera común. Un mulch es muy útil en obtener un buen resultado de las gramas. Una vez bien establecido el canal vegetado se puede readmitir el agua, eliminando el canal de desviación. Normalmente hay que contar con un período de uno o dos años para obtener un establecimiento adecuado.

g) Estructuras de control:

La vegetación no siempre es suficiente para estabilizar una cárcava. Algunas veces deben emplearse medidas estructurales.

Estas consisten en represas o vertederos que varían en diseño y construcción según el propósito que van a cumplir por ejemplo:

1- Estabilizar la gradiente del lecho de la cárcava en, o debajo de la gradiente crítica de erosión.

2- Atrapar los sedimentos.

3- Proteger la cabecera de la cárcava contra la erosión.

Estructuras para controlar la erosión en el cauce de la cárcava

Estas estructuras se clasifican generalmente como temporales y permanentes, según sea el material empleado en su construcción y se conocen con el nombre de presas de control de azolves. Sirven para disminuir la velocidad del agua

Especificaciones generales para las presas de control de azolves.

Altura de la presa. En las presas de carácter temporal, la altura efectiva de las mismas, o sea la distancia que existe entre la cresta del vertedor y el fondo de la cárcava, no debe exceder de 1 m, ya que con alturas mayores, la presión del agua aumenta y se propician filtraciones a través y por abajo de la estructura, lo que origina socavaciones que son difíciles de controlar y a menudo causan su destrucción.

La altura no solamente tiene influencia sobre el espaciamiento entre las estructuras, sino también en el volumen de sedimentos retenidos. Cuando la finalidad principal del control de cárcavas, es retener grandes volúmenes de azolves, las presas debe ser de mayor altura, ya que el volumen de sedimento retenido varía con el cuadrado de la altura efectiva de la presa. Por ejemplo, una estructura de 90 cm de alto, retiene aproximadamente nueve veces más sedimento que otra cuya altura sea únicamente de 30 centímetros.

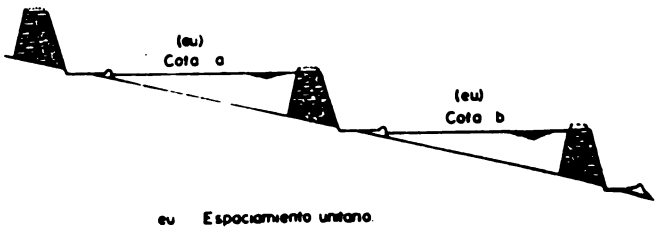
Para determinar la altura de las presas de control se considera el costo, y sobre todo, que se pueda tener la sección necesaria requerida para que el vertedor de la estructura funcione correctamente.

En las presas de carácter permanente, la altura efectiva puede ser hasta de 5 m. o más, sólo que para su diseño deben considerarse los problemas inherentes a la estabilidad de las mismas.

Espaciamiento de las presas

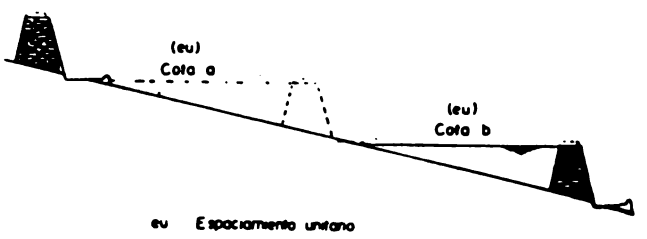
El espaciamiento entre dos presas consecutivas, depende de la pendiente, de los sedimentos depositados, de la altura efectiva de las mismas y de la finalidad que se persigue con el tratamiento de las cárcavas; es decir, si se desea retener mucho sedimento, se aconseja emplear presas relativamente

1- Construir las presas en base a la primera consideración antes indicada denominada "cabeza-pie". Esto es, que la cota de la base de una presa de control de azolves, coincida con la cota del vertedor de la presa inmediata aguas abajo. (Ver figura).



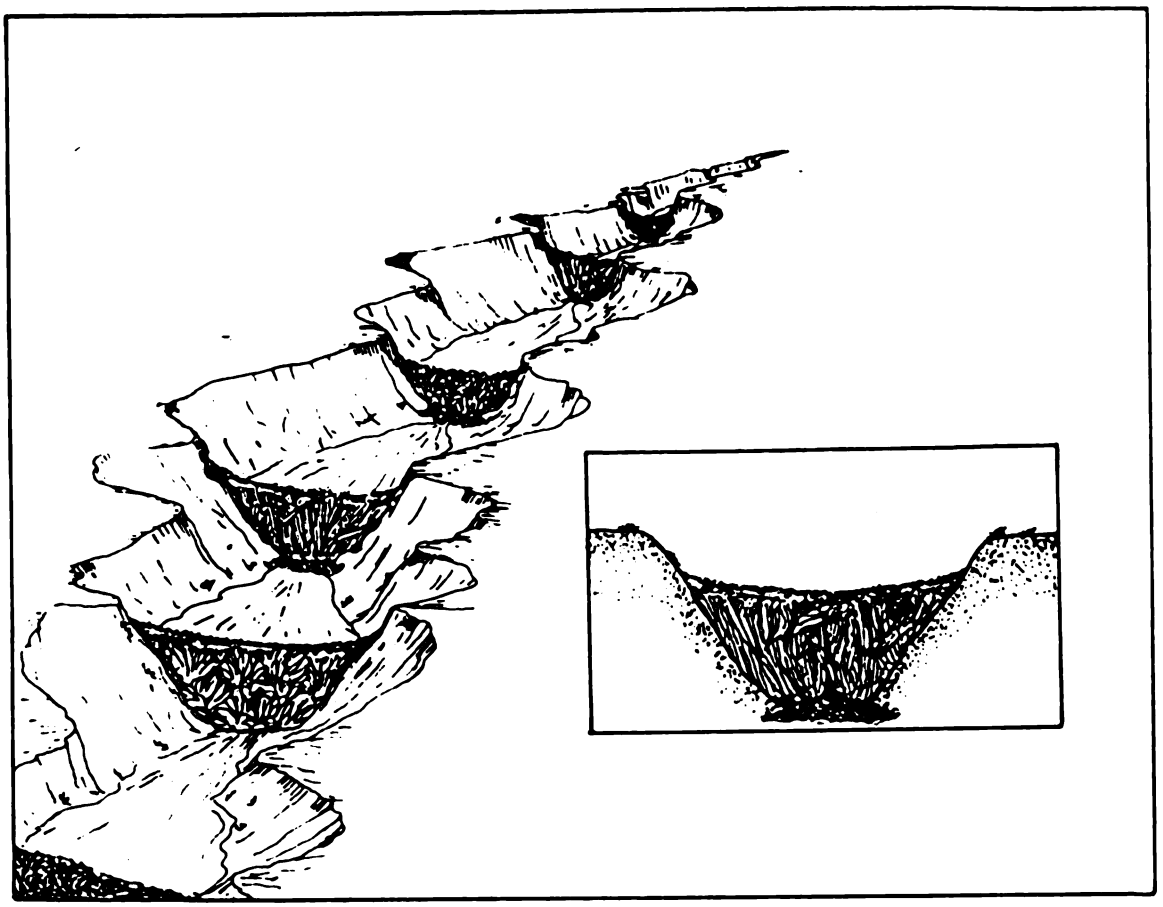
Secuencia de las presas construídas bajo el criterio de espaciamiento "cabeza-pie" .

2- Construir las presas dando el doble del espaciamiento antes indicado. Esto reduce a la mitad el número de presas en comparación con la primera alternativa. (Ver figura).

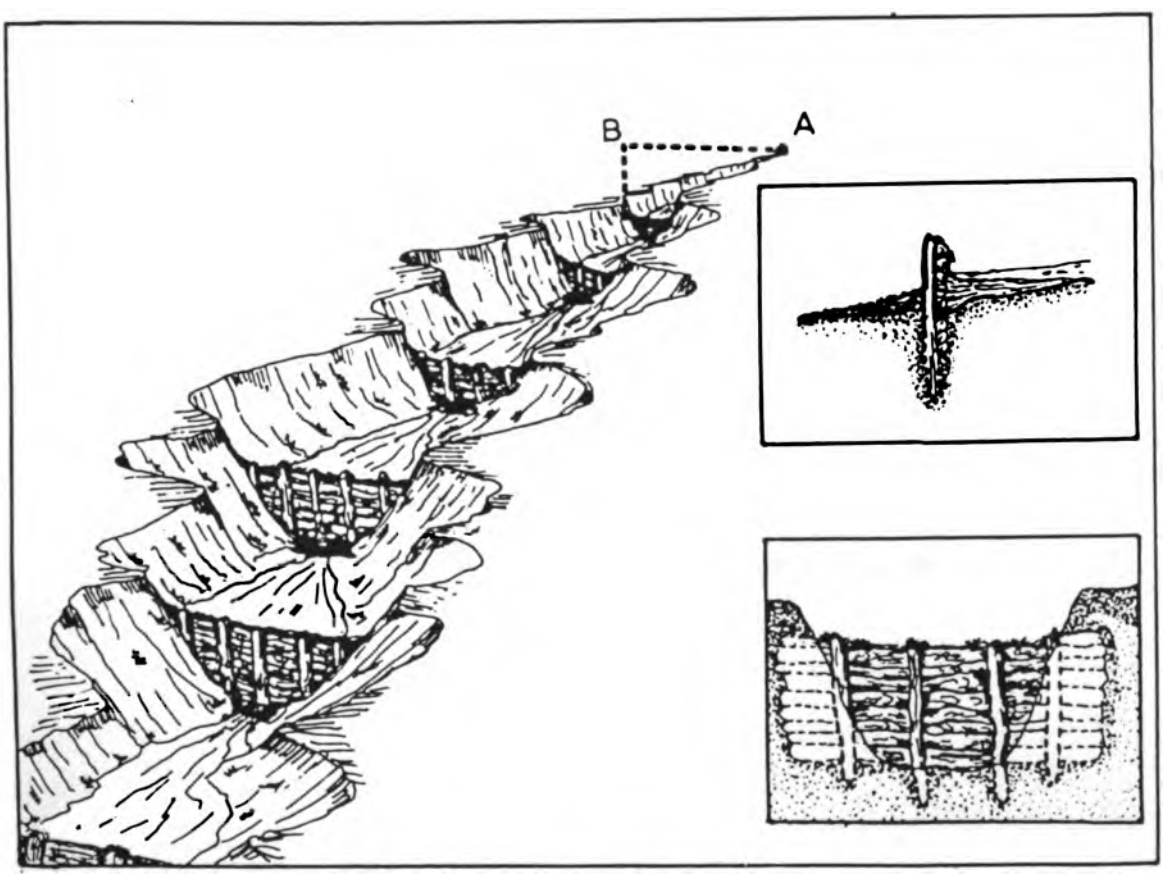


Secuencia de las presas construídas bajo el criterio de "espaciamiento"

Este criterio del "doble espaciamiento" se justifica por las siguientes razones:



Ramas



,— Palos

Donde:

E - Distancia entre dos presas consecutivas (m)

H - Altura efectiva de la presa (m)

Pc- Pendiente de la cárcava (%)

El cuadro siguiente muestra el espaciamiento unitario entre presas de control de azolves para cárcavas con pendientes medias que fluctúan del 3 al 35 %.

Generalmente los sedimentos retenidos por las presas de control no se encuentran exactamente a nivel, sino que tienen un declive determinado, el cual varía de acuerdo con la clase de materiales sedimentados y la pendiente inicial de la cárcava.

De acuerdo con la clase de sedimento, la inclinación de éstos es de 2% para las arenas gruesas mezcladas con grava, 1% para sedimentos de texturas medias (francos) y 0.5% para sedimentos finos limosos o arcillosos.

En base a esto, para determinar la distancia unitaria entre dos presas de control consecutivas, se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{Pc - Ps} \times 100 \; .....$$

Donde:

E - Distancia entre dos presas consecutivas (m)

H - Altura efectiva de la presa (m)

Pc - Pendiente de la cárcava (%)

Ps - Pendiente del sedimento (varía de 0.5 a 2%)

En los 3 cuadros siguientes aparecen las distancias unitarias entre dos presas consecutivas para cárcavas con pendientes hasta el 35%.

Es importante señalar que en la práctica, algunas veces no es necesario ajustarse rigurosamente al espaciamiento calculado, ya que cambiando ligeramente la separación, puede mejorarse la localización de las presas, encontrándose sitios más apropiados para su construcción.

Empotramiento o anclado de las estructuras

Uno de los aspectos que merece particular atención en la construcción de las presas de control, es el empotramiento que estas estructuras deben tener, tanto en el fondo de la cárcava, como en sus taludes.

El empotramiento en el fondo aumenta considerablement la estabilidad de las presas, lo cual es importante sobre todo en aquellos casos en que los escurrimientos que conduce la cárcava son de gran magnitud. El empotramiento en los taludes tiene como finalidad principal el impedir que el agua flanquee la estructura y origine socavaciones en los flancos que pueden producir brechas en los taludes de la cárcava, circunstancia que vuelve completamente ineficaz a la estructura, de acuerdo con el objetivo que se persigue.

Por regla general, la parte inferior o base del empotramiento en el fondo del cauce, llamada "cimentación", debe estar situada a una profundidad mayor que la superficie del "delantal", sobre todo en aquellas estructuras en las que el agua, al pasar por el vertedor, origina una caída sobre su parte posterior, la cual tiende a socavar el fondo de la cárcava y minar al mismo tiempo la base de la estructura, la que pone en peligro su estabilidad.

Este peligro es menor en el caso de los tipos de presas que cuentan con un talud en su parte posterior, ya que el agua que escurre por dicho talud no produce caídas peligrosas que perjudiquen el fondo de la cárcava.

Espaciamiento unitario entre presas para el control de azolves, cuando los sedimentos son arenosos y la pendiente de éstos es de 2.0%.

Pendiente de la cárcava %	Espaciamiento unitario entre presas consecutivas (m)										
	Altura de la presa (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	150.0
4	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0
5	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	43.3	46.7	50.0
6	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
7	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
8	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	21.7	23.3	25.0
9	7.1	8.6	10.0	11.4	12.9	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4
10	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	18.8
11	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7
12	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
13	4.6	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9	11.9	12.3	13.6
14	4.2	5.0	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5
15	3.8	4.6	5.4	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5
16	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7
17	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0
18	3.1	3.8	4.3	5.0	5.7	6.2	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3
19	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.7	8.2	8.8
20	2.9	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3
21	2.6	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.3	7.9
22	2.5	3.0	3.5	4.0	4.6	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
23	2.4	2.9	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1
24	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.1	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
25	2.2	2,6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.2	5.6	6.1	6.5
26	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2
27	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
28	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8
29	1.8	2,2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2	5.5
30	1.8	2,1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
31	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1
32	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0
33	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.9
34	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
35	1.5	1.8	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5

H= Altura de la presa (m)
eu= Espaciamiento unitario (m)
Pc= Pendiente media de la cárcava (%)
Ps= Pendiente de sedimento (%)

Espaciamiento unitario entre presas de control de azolves, cuando los sedimentos son arcillosos y la pendiente de éstos es de 0.5%.

Pendiente de la cárcava %	Espaciamiento unitario entre presas consecutivas (m)										
	Altura de la presa (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0
4	14.3	17.1	20.0	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	40.0	42.9
5	11.1	13.3	15.6	17.8	20.0	22.2	24.4	26.7	28.9	31.1	33.3
6	9.1	10.0	12.7	14.5	16.4	18.2	20.0	21.8	23.6	25.5	27.3
7	7.7	9.2	10.8	12.3	13.8	15.4	16.9	18.5	20.0	21.5	23.1
8	6.7	8.0	9.3	10.7	12.0	13.3	14.7	16.0	17.3	18.7	20.0
9	5.9	7.1	8.2	9.4	10.6	11.8	12.9	14.1	15.3	16.5	17.6
10	5.3	6.3	7.4	8.4	9.5	10.5	11.6	12.6	13.9	14.7	15.8
11	4.8	5.7	6.7	7.6	8.6	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3
12	4.3	5.2	6.1	7.0	7.8	8.7	9.6	10.4	11.3	12.2	13.0
13	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6	10.4	11.2	12.0
14	3.7	4.4	5.2	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.6	10.4	11.1
15	3.4	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9	7.6	8.3	9.0	9.7	10.3
16	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5	7.1	7.7	8.4	9.0	9.7
17	3.0	3.6	4.2	4.8	5.5	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.1
18	2.9	3.4	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	6.9	7.4	8.0	8.6
19	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9	5.4	5.9	6.5	7.0	7.6	8.1
20	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7
21	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.8	6.3	6.8	7.3
22	2.3	2.8	3.3	3.7	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0
23	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.7
24	2.1	2.6	3.5	3.4	3.8	4.3	4.7	5.1	5.5	6.0	6.4
25	2.0	2.4	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1
26	2.0	2.4	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9
27	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.5	4.9	5.3	5.7
28	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4	4.7	5.1	5.5
29	1.7	2.1	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3
30	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	5.1
31	1.6	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.0
32	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8
33	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6
34	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
35	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.3

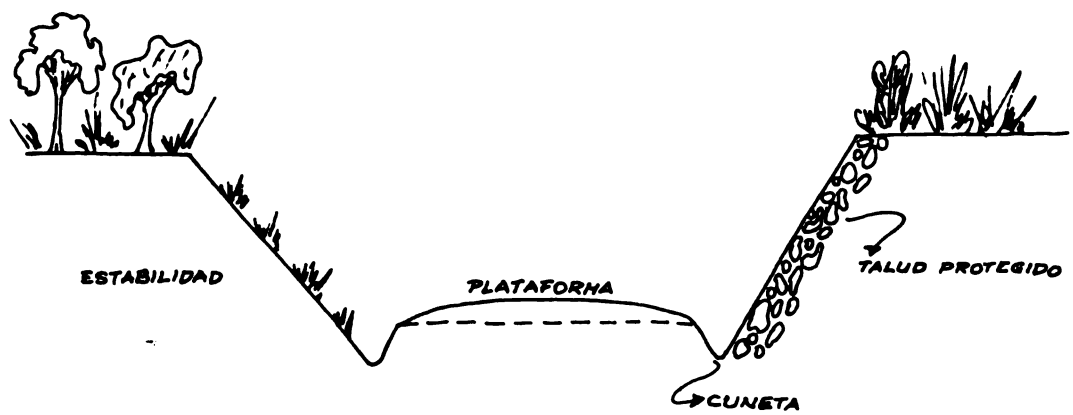
H = Altura de la presa (m)
eu = Espaciamiento unitario (m)
Pc = Pendiente media de la cárcava (%)
Ps = Pendiente de sedimento (%)

4.7 Erosión en caminos y carreteras

La erosión que se produce en esta infraestructura de servicios es tan importante estudiarla como cualquier otro problema, porque representan un potencial e incidencia de alto riesgo para la remoción de particulas y masas. Los caminos mal trazados, en fuertes pendientes, sin protección, las carreteras situadas en grandes cortes y sin protección de taludes, expuestas a la intensidad de lluvias o accidentes naturales que se constituyen en peligros graves para el suelo; sin embargo debemos aceptar que son vías de comunicación necesarias para el desarrollo de la agricultura.

Cuando no se construyen técnicamente o no tienen un mantenimiento adecuado, estas vías son destruídas por la acción del agua y son focos de erosión en los terrenos adyacentes (cárcavas, derrumbes y sedimentación).

En el trazado de carreteras, se debe seleccionar muy bien la ruta con base en el material geológico y su grado y tendencia de meteorización. Otros aspectos importantes son: la topografía, la estabilidad del suelo y la forma de escurrimiento de la ladera, ya que no deben trazarse caminos por zonas de solifluxión, de suelos muy sueltos o en laderas que por su intenso escurrimiento y fuerte pendiente, la construcción de la vía se convierte en un foco permanente de derrumbes en que puede llegar a ser más costoso el sostenimiento que su misma construcción.



Además de controlar las cárcavas, algunas veces las estructuras permanentes se construyen con una cierta capacidad de almacenamiento, a fin de regular el caudal aguas abajo, proporcionar agua para el ganado, el riego, etc. Las tres estructuras básicas se usan en el control de cárcavas, son:

a) Caídas con vertedero;

b) Caídas con boca de entrada;

c) Rápidas.

Cada una se adapta a condiciones específicas y la selección de la estructura apropiada debe ser hecha por un ingeniero después de haber inspeccionado el lugar.

La estructura que se construye para detener la erosión en la cabecera de la cárcava debe colocarse de modo que la gradiente de la cresta del aliviadero al extremo superior de la cabecera de la cárcava no exceda a la pendiente crítica de sedimentación o sea la máxima pendiente que permita la deposición de los sedimentos. Esta gradiente depende del tipo de suelo y en caso de duda es preferible que el aliviadero y la parte superior de la cabecera de la cárcava tenga el mismo nivel.

El aliviadero debe diseñarse de modo que pueda descargar la escorrentía crítica de 25 ó 50 años, según los requerimientos del lugar y de acuerdo con los principios técnicos de cada estructura.

Caída con vertedero

Consiste de un simple vertedero . Una caída con vertedero consiste de un simple vertedero y un colchón disipador en la parte delantera para proteger el fondo contra la caída del agua. Las caídas con vertedero se usan para proteger las cabeceras de cárcavas que tienen una profundidad hasta más o menos

Caídas con boca de entrada

Una caída con boca de entrada es una estructura que conduce el agua a través de un terraplén, ya sea una represa o viaducto de tierra. Consiste de una sección vertical aguas arriba de la presa, llamada la entrada, la cual está conectada a un conducto de tubería que pasa a través del terraplén. Posee una tubería de descarga que conduce el agua a una suficiente distancia aguas abajo para prevenir daños al terraplén.

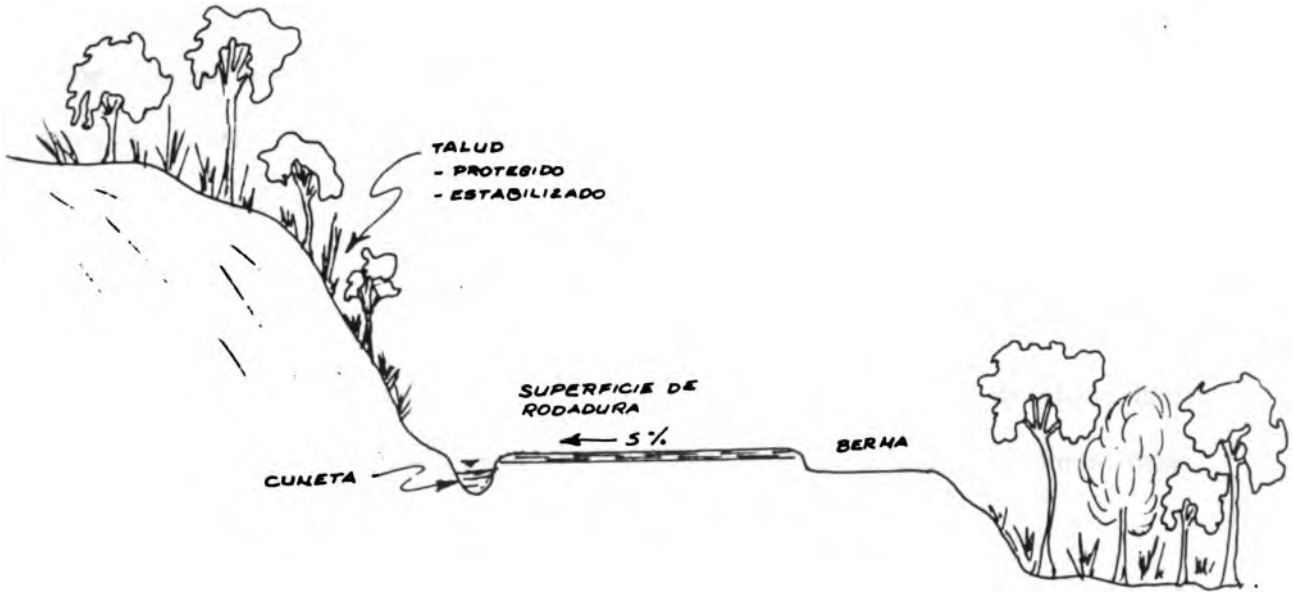
La entrada puede tener forma rectangular o de arco; la boca de descarga generalmente se construye en voladizo.

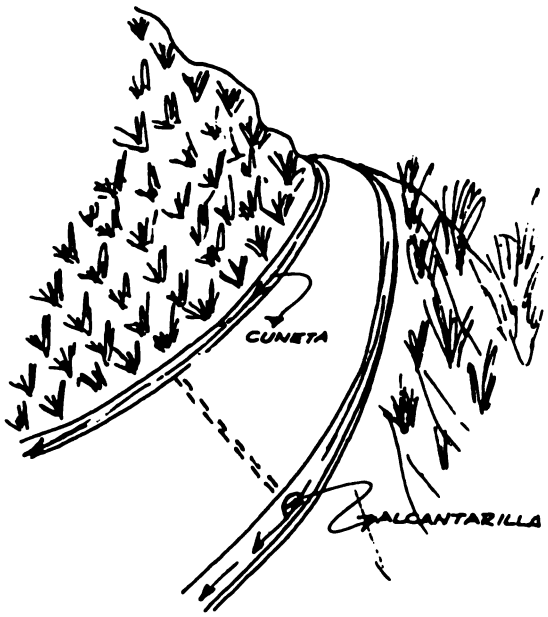
Las caídas con boca de entrada son ideales para cumplir tanto con la estabilización de la gradiente del lecho como para controlar la cabecera de las cárcavas, cuando estas han alcanzado una profundidad de más de 3 ó 4 mts.

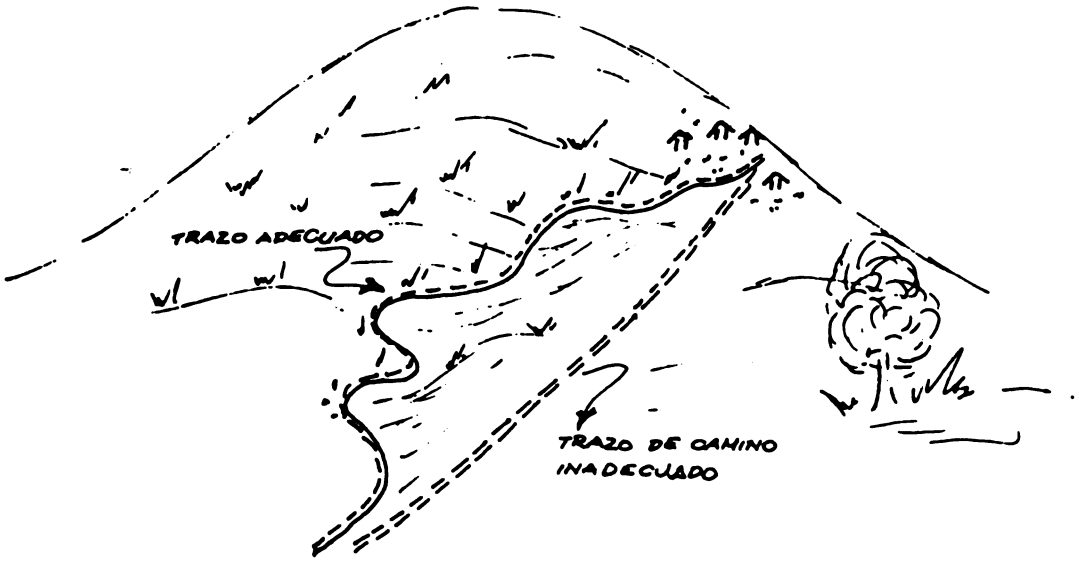
Las Rápidas

Una rápida es un conducto abierto de sección rectangular con un gran desnivel, que conduce el agua de la parte alta a la baja. Se construye de concreto armado y se usa para conducir el agua de alturas más grandes que las que son normalmente factibles con las caídas.

Las rápidas deben construirse sobre zapatas, sobre terreno sin disturbar, o sobre un terreno previamente compactado. Las rápidas son susceptibles de moverse, debido a las contracciones y dilataciones por efecto del congelamiento y del calor; por este motivo, cada cierto tramo deben dejarse junturas de expanción a fin de absorber las fuerzas que actuan sobre la estructura que podrían causar su rompimiento. Las rápidas se diseñan para satisfacer los requerimientos específicos del lugar.


TALUD
- PROTEGIDO
- ESTABILIZADO
SUPERFICIE DE RODADURA
5 %
BERMA
CUNETA


CUNETA
ALCANTARILLA


TRAZO ADECUADO
TRAZO DE CAMINO INADECUADO

el mantenimiento de las carreteras.

Para el control de este tipo de derrumbes se deben evitar aguas concentradas e infiltraciones con desvío de aguas de escorrentía, emparejar los taludes, hacer sangrías, cercar el área, propiciar vegetación y en ocasiones construir diques, gaviones o empalizadas.

Algunos de los tratamientos anteriores hay que efectuarlos de abajo hacia arriba, con el fin de ir cimentando las defensas y evitar que las obras superiores fallen posteriormente.

Como regla general, toda carretera debe tener a ambos lados y a lo largo de ella, una faja de terreno que sirva para establecer coberturas vegetales densas o reforestar con árboles adecuados cuando técnicamente sea factible, con el fin de estabilizar los taludes y la plataforma de la carretera.

Con esta práctica se disminuye significativamente el costo de mantenimiento de la vía y se evitan las constantes interrupciones.

En cuanto a otros derrumbes, se debe evitar siempre el vertimiento de aguas en los sitios potenciales en donde se notan ya leves hundimientos, llevándolas hasta desagues naturales estables. También se debe evitar el establecimiento de cultivos cerca de la carretera y en cambio mantener la vegetación rastrera natural.

Una vez presentado un derrumbe, se debe cortar la entrada de agua e impedir las infiltraciones altas. Evitar la lluvia si es posible mientras se realizan las obras de control que consisten principalmente en los siguientes pasos:

- Sellar las grietas que se presenten y apisonarlas bien.
- Suavizar las salientes para evitar desplomes y derrumbes potenciales y quitar el suelo removido del área en la parte donde se van a sentar

CAPITULO V

CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Recomendaciones sobre las prácticas mínimas de conservación

Sin descartar los criterios técnicos para un programa específico de región o de cuenca, deben tenerse en cuenta ciertas prácticas mínimas. Estas prácticas son:

Desmonte y tala parcial: Evitar el desmonte total o parcial de bosques naturales en las orillas de ríos, quebradas, nacimientos de agua y terrenos abruptos.

Quemas: Evitar las quemas en pendientes mayores del 25% y en riberas de corrientes de agua.

Protección de vías de comunicación y corrientes naturales: Conservar la vegetación a ambos lados de las vías. Hacer y mantener taludes adecuados de acuerdo a la clase de suelos. Canalizar las aguas de vías en cunetas, y vertirlas a desagues naturales protegidos con vegetación y obras complementarias.

Cultivos: Localizarlos de acuerdo a la vocación de uso de los suelos y sus efectos respectivos a la erosión. Cultivos limpios no deben sembrarse en pendientes mayores de 10%, en suelos susceptibles, y hasta del 20% en suelos resistentes a la erosión. En todos los casos, es necesario establecer prácticas de conservación adecuadas.

Prácticas de conservación: Hacer siembras en contorno en pendientes mayores del 5%. Mantener coberturas vegetales en cultivos semiperennes y efectuar

Se debe iniciar la conciencia conservacionista con los niños desde las escuelas, ya sea en forma de programas especiales (como excursiones, conferencias, películas, cartillas y áreas demostrativas) o involucrando estos aspectos dentro de las mismas áreas de enseñanza (ciencias naturales, geografía).

Además de los beneficios obtenidos en los futuros agricultores o dirigentes, se puede esperar una influencia inmediata sobre sus padres en estas materias.

Al agricultor o ganadero es necesario motivarlo en su propia finca. Ya que el suelo y el agua son su capital, y de ellos deriva su subsistencia, casi los únicos argumentos válidos para él son los económicos.

En cuanto se logre convencer que la conservación produce aumento en los rendimientos, prolonga el tiempo de producción, o reduce costos, aceptará efectuar las prácticas. Otras veces, habrá que buscar la financiación para estos programas, ya que su capacidad de inversión apenas si alcanza para los insumos principales.

El agricultor por lo general, no comprende o no le bastan los resultados experimentales. Por lo tanto, la mejor forma de convencerlo es con demostraciones y con ejemplos o experiencias de otras personas que han tenido éxito.

Finalmente, la conservación debe llegar a los niveles técnicos y dirigentes, urbanos y rurales, a los empresarios y a las instituciones de crédito agrícola, ya que todas las actividades de la comunidad son afectadas por la conservación de las aguas y los suelos.

- La introducción de cultivos nuevos en una zona debe estar de acuerdo con las condiciones óptimas ecológicas y edafológicas, para lograr éxito en la empresa agrícola y tecnificar las explotaciones y por ende al agricultor.
- No olvidar que toda práctica o cultivo nuevo llama la atención a muchos agricultores, factor que puede llegar en muchas ocasiones a ser negativo si no se prevee la educación y orientación técnica en los programas de diversificación.
- Si el cultivo origina subproductos, se recomienda la utilización de ellos en el mejoramiento de los suelos de la misma finca (uso de estiércol, mulch, pulpa, bagazo, entre otros).
- En ocasiones hay algunas áreas de la finca que pueden ofrecer peligro de carcavamiento, hundimiento o remociones en masa del suelo. Estas deben descartarse como áreas de cultivo, y dejarlas como zonas de protección con vegetación apropiada dándoles las atenciones técnicas que requieren.

Sobre crédito

- Una vez analizadas las prácticas de conservación correspondientes a una unidad de explotación, deben ser financiadas con crédito a largo plazo e intereses bajos. Para lograr este objetivo se debe educar al agricultor para que acepte ciertas prácticas y logre captar la importancia económica que revisten el programarlas en su explotación.
- Esta motivación se debe adelantar simultáneamente a las personas que manejan las entidades que conceden crédito agrícola y pecuario, lo que les dará una mayor seguridad en la inversión que financien.

aprovechamiento racional de los recursos del país y contar con los medios necesarios para conseguir los objetivos de la conservación.

1- Intervención estatal: La intervención estatal es conveniente para lograr la conservación cuando:

- Resulta económico que cada agricultor se preocupe de conservar sus tierras, pero no puede hacerlo por falta de conocimiento o de capital. Dicha intervención puede hacer económica la conservación, tanto para los propietarios de las tierras como para el país.
- Cuando la conservación es económica para la sociedad pero no para el individuo.

2- Colaboración de entidades: Muchas entidades oficiales, semioficiales y particulares pueden contribuir con la acción de los gobiernos en lo concerniente a la conservación. Esto se puede lograr coordinando dichas instituciones en las labores que al respecto ejecuten tales como:

- Estudio y reconocimiento de los recursos naturales del país. Los reconocimientos señalan el camino para prevenir y combatir eficazmente la erosión.
- Investigaciones y trabajos que se realicen. Estos deben obedecer a programas definidos y coordinados entre todas las instituciones especializadas en conservación de recursos naturales renovables. Aprovechar las experiencias de cada una e intercambiar continuamente conocimientos y técnicas.
- Programas que se realizan con los agricultores. Estos deben obedecer a las necesidades sentidas por ellos.
- Asesoramiento, supervisión y actualización técnica. Tener contacto

DECALOGO DE LA SOBREVIVENCIA

1- Proteger los suelos de la erosión, aplicando cuando menos el surcado en contorno en terrenos agrícolas con pendiente.

2- Establecer rotaciones de cultivo usando semillas mejoradas o seleccionadas; en función de la capacidad de uso del suelo, establecer los cultivos en fajas.

3- Construír el tipo adecuado de terrazas; nivelar terrenos y trazar convenientemente las regaderas.

4- Establecer cultivos de cobertura.

5- Fertilizar mediante abonos orgánicos, aplicar mejoradores del suelo e inoculantes de las semillas.

6- Rehabilitar los pastizales, reglamentar su aprovechamiento y aplicar surcado.

7- Establecer huertos de frutales en contorno.

8- Reforestar y establecer cortinas rompevientos.

9- Efectuar la apertura de drenes en terrenos ensalitrados.

10- Construír estanques y controlar torrenteras.