CONSERVACION Y MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

C U R S O
DE
CONSERVACION Y MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

CAPACITACION:

T E C N I C A

1 9 8 6

BOLETIN Nº 1: DIVULGACION Y ENSEÑANZA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

CONVENIO STTR-INIAP

QUITO-ECUADOR

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

INTRODUCCION

Ecuador se ubica en la región oeste septentrional de América del Sur entre los paralelos 1° de latitud norte y 5° de latitud sur. Uno de los principales accidentes geográficos lo constituye el sistema montañoso de los Andes que lo recorre al país de norte a sur, se halla formado de cordilleras que lo dividen en tres regiones que son:

- Región Litoral o insular - Región Andina - Región Amazónica

El territorio nacional cuenta con 280.000 km^2 aproximadamente, en el que se asienta una población de 9'600.000 habitantes (1986). Del total del área, 170.000 Km^2 (60%), corresponde a la región andina y el 40% restante a las regiones Litoral y Amazonía.

La región Andina se la considera desde los 1.000 hasta los 4.500 msnm la forma cordilleras, nudos y grandes elevaciones ofreciendo características geomorfológicas y ecológicas, tanto por su clima como por su vegetación y fauna, con valles y micro-climas variados que van del templado al frío, topografías onduladas (5%), medias (10%) y abruptas (mayores al 30%), producto de aluviones anteriores a la época por lo que las laderas y bajadas que circundan los valles en su mayor parte presentan escasa vegetación nativa, residuo de la fuerte explotación de los suelos, de las escasas precipitaciones, fuertes vientos que causan elevadas evaporaciones y añadiéndose a esto el asentamiento desordenados de núcleos humanos campesinos en esas áreas, faltas y pie de montes agravando más por la desvastación de la cobertura del suelo dejando como resultado una progresiva degradación ocasionado por el proceso erosivo de tipo dídrico y eólico.

Se han detectado pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica en diferentes áreas de la región andina, y que estan en el rango de 5-100 Ton/ha/año, sobrepasando las pérdidas permisibles, sin tener eco estas cifras en los usuarios del suelo, ni tampoco en acciones por desarrollar prácticas mecánicas o agronómicas tendientes a deterner en parte este grave fenómeno erosivo por parte de los agricultores que utilizan los suelos del Callejón Interandino.

En vista de ellos el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INAI, en un afán de alertar a los agricultores del área andina se preocupa constantemente por llegar a cada uno de ellos para hacer conocer las causas, efectos y daños de la erosión del suelo y mediante trabajos de conservación de suelos y aguas, cursos de capacitación y boletines de divulgación, recomendar algunas soluciones para su control. Es por ello que se pone a consideración de técnicos y agricultores el presente Boletín de enseñanza bajo el título "CONSERVACION Y MANEJO DE SUELOS Y AGUAS", cuyo contenido enfoca la mecánica de la erosión, el escurrimiento superficial como principal factor de la erosión, soluciones agronómicas y mecánicas relacionadas con labranza de suelo, manejo de la cobertura, obras físicas de conservación, fertilización y extensión tomando como unidad agrícola la Microcuenca Hidrográfica integrada, con el único objetivo de detener el grave fenómeno de la erosión en el Ecuador.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

MECANICA DE LA EROSION DEL SUELO

****

Por: J. A. Solano de la Sala T.
Ing. Agr. MSc. Física y
Conservación de Suelos y
Aguas.
COMSA-INIAP

1986

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

C A P I T U L O II

MECANICA DE LA EROSION DEL SUELO

2.1 LA EROSION DEL SUELO

Es un proceso físico por el cual el suelo es desprendido o removido, transportado y depositado en otros sitios por acción del agua y el viento.

El flujo de agua superficial es dominante para que se produzca la erosión del suelo, probablemente sea el proceso principal de desgaste debido a que puede fluir en grandes cantidades de agua y ejercer fuerzas hidraúlicas también grandes, deduciéndose por ello que la erosión del suelo a menudo actúa catastróficamente incluso con pendientes moderadas.

La erosión del suelo por efecto del viento se basa en la fuerza con que el aire actúa sobre las partículas del suelo, esta fuerza depende del grado de aspereza de la superficie; en el caso de superficies ásperas como taludes con plantas o piedras grandes donde no pueden ser levantadas por el aire entonces la velocidad del viento cerca de la superficie es baja y hay poca erosión. Sin embargo cuando la superficie es lisa, como campos recién preparados y con agregados muy finos o pulverizados la erosión eólica aumenta.

La erosión elimina la capa superficial del suelo, la cual contiene una alta proporción de la materia orgánica del mismo y las fracciones minerales más finas que proporcionan agua y elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas.

2.1.1 Tipos de erosión

La erosión es un fenómeno natural frecuente que siempre se lleva a cabo sobre la superficie de la tierra, por lo que es modelada constantemente por los procesos físicos externos que tienden a nivelar el relieve, esto origina dos tipos de erosión:

2.1.1.1 Erosión geólica o natural que es la remoción, transporte y depositación de partículas como consecuencia de las fuerzas de la naturaleza.

2.1.1.2 Erosión inducida o acelerada, es aquella cuando a más de las fuerzas naturales se agrega la intervención del hombre en el aprovechamiento de los recursos naturales, mal manejo del suelo, y la cobertura vegetal, las tradiciones y costumbres, la ignorancia, la tenencia de la tierra, las fluctuaciones de los precios en el mercado, el tamaño de las propiedades, distribución de los cultivos, exceso de la población

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

y otros aspectos socio-económicos que están influyendo en la erosión del suelo.

2.1.2 Los agentes de la erosión

FIG. 1. Impacto de la gota de agua de lluvia.

2.1.2.1 El Agua

Es el agente más importante de la erosión. La erosión hídrica es el resultado de la energía producida por la gota de lluvia que al precipitarse sobre la tierra impacta sobre el suelo salpicándolo, removiéndolo para luego transportar las partículas de suelo.

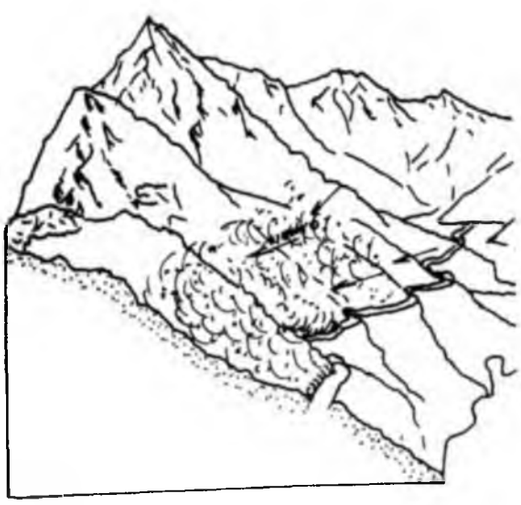


FIG. 2. Erosión causada por el viento.

2.1.2.2 El Viento

Es un agente físico que influye en la erosión por la que se denomina erosión eólica, y es un proceso por el cual el viento desprende, recoge y transporta el material superficial suelto mezclándolo y depositándolo.

El viento no erosiona por si mismo los suelos sino que las partículas maduras de suelo llevadas por el viento al chocar con la superficie del suelo y rocas, desprenden a su vez otras partículas, las cuales al pulverizarse forman nubes de polvo. Este proceso funciona en diversos ambientes naturales que carecen de una cubierta vegetal protectora y son más frecuentes en desiertos tanto fríos como cálidos, en áreas de dunas costeras y en regiones montañosas, expuestas y sujetas a cantidades de lluvia baja o variable, temperaturas variables, evaporación alta y elevada velocidad del viento.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.1.2.3 Las Variaciones de Temperatura

Puede considerarse este fenómeno como erosión geólica y es un fenómeno físico que hace que los minerales que componen las rocas, absorvan temperatura de los rayos del sol en forma diferente, produciéndose dilatación, durante el día y que al enfriarse en la noche, las rocas se resquebrajan apareciendo fisuras que son llenadas con agua, la cual al congelarse por las bajas temperaturas de la noche, actúan como cuñas que rompen las rocas. Las cuales al fracturarse progresivamente y ayudadas por las pendientes de terreno se mueven pendiente abajo.

a.

b.

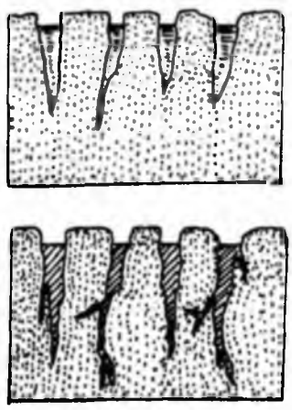


Fig. 3. a-b. Variaciones por efecto de la temperatura y agua.

2.1.2.4 Las Acciones Biológicas

Efectuadas principalmente por las raíces de vegetales superiores, árboles y plantas vegetales inferiores, microorganismos y determinadas especies de mamíferos, artrópodos y gusanos.

Las raíces de los vegetales, actúan a modo de cuña, llegan a resquebrajar las rocas más duras, debido a que ejercen fuertes presiones sobre las grietas de las rocas. A más de ello actúan químicamente mediante la secreción de jugos ácidos.

Idéntica acción disgregadora realizan los vegetales inferiores como las algas, hongos, musgos, etc, los cuales, desarrollados en la superficie de las rocas, segregan productos capaces de destruir las rocas, los microorganismos tales como bacterias se depositan en las grietas del suelo y al emitir anhídrido carbónico producen ácidos que corroen las rocas.

FIG. 4. Acción de la flora y fauna sobre la desintegración del suelo.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.2 EL PROCESO DE LA EROSION HIDRICA

El proceso de la erosión puede ser analizado comenzando por:

2.2.1 El tamaño de la gota de agua de lluvia

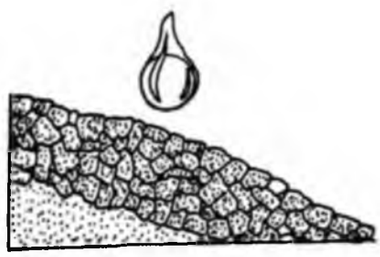


FIG. 5. Tamaño de la gota de agua de lluvia.

La gota de agua de lluvia al caer de las nubes viene con un tamaño, de 0.5 a 6 mm. Con una forma y peso variable que al cruzar el espacio adquiere una velocidad terminal (V) que varía con su diámetro desde cerca de 2 hasta 9 m/seg, hasta que la resistencia por fricción del aire iguala la fuerza gravitacional; y a partir de entonces continúa descendiendo a esa velocidad, adquiriendo esa gota de agua una fuerza muy grande comparable a la fuerza que tendría una piedra al ser lanzada de una altura de 10 m, a esa fuerza se le denomina energía cinética de la gota de agua de lluvia la cual se la representa así:

$$Ec = \frac{m \times V^2}{2}$$

Donde: E_c = Energía cinética (kg^m/seg^2)
m = Masa de la gota de agua
V = Velocidad terminal

2.2.2 El Impacto

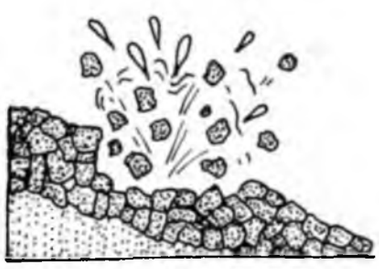


FIG. 6. Impacto de la gota de agua de lluvia y salpicado del suelo.

Al impactar la gota de agua sobre el suelo desnudo, la fuerza que lleva la gota de agua, disgrega el suelo, lo remueve y lanza las partículas del suelo al aire durante el impacto, salpicándolas en todas las direcciones, en suelos a nivel, las partículas se dispersan más o menos uniformemente, pero en un terreno con pendiente habrá un transporte mayor hacia abajo que hacia arriba de la pendiente.

La capacidad erosiva de las gotas de lluvia depende de la energía por unidad de área de la gota individual, ya que la energía de las gotas determina la fuerza que debe ser absorvida en cada impacto, mientras que el área horizontal de la gota determina la cantidad de suelo que debe recibir ese impacto.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

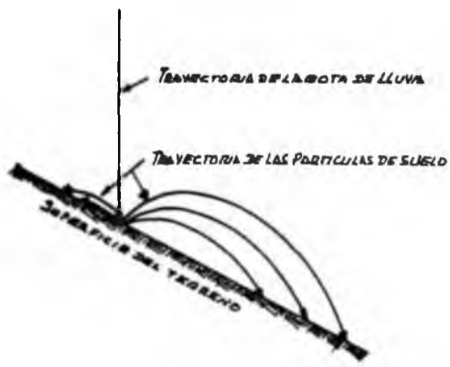


FIG. 7. Salpicado del suelo en superficies de pendiente.

FIG. 8. Escurrimiento superficial.

2.2.3. El salpicado del suelo

El salpicado y dispersión por la gota de lluvia que cae sobre el suelo húmedo produce una corona de dispersión, cada una de cuyas gotas consta de una o dos partículas de suelo encerradas en una película de agua, cada gotita de agua describe una curva parabólica que se mueve lateralmente cuatro veces su altura.

Las partículas de suelo más fácilmente salpicadas por las gotas de lluvia tienen diámetros entre 250 y 100 μ* (0.25 - 0.1 mm)es decir corresponden a las denominadas arenas finas (Ellison, 1973).

Se ha observado que el salpicamiento es máximo poco después que la superficie del suelo se ha humedecido. De ahí en adelante el salpicamiento disminuye.

La acción dispersante de las gotas de lluvia al golpear contra el suelo desnudo, provoca la formación de costras que reduce la infiltración y aumenta la escorrentía superficial.

2.2.4 El escurrimiento

Si durante la lluvia el agua se infiltra mientras la velocidad de infiltración exceda a la cantidad de agua precipitada. Pero si la intensidad de la precipitación de la lluvia excede a la capacidad de infiltración, entonces el exceso de agua fluye a lo largo de la superficie siguiendo el avance de la pendiente, llevando en su torrente y suspendidas a las particulas de suelo removidas, las cuales serán transportadas a otro sitio antes de ser depositadas.Horton R.H., citado por Morgan (1980) considera esta fase como la principal que interviene en la erosión del suelo.

2.2.5 Como detectar

El movimiento de agua y suelo es laminar, por lo que es difícil de detectar a menos que el suelo haya des

---

$\mu = 10^{-3} = 0.001$ mm
$\mu m = 10^{-4} = 0.0001$ mm

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

FIG.9. Erosión retenida por raíces vegetales.

cendido por debajo de viejas marcas, en postes, cercas, raíces, etc., de esa acción el resultado son varias formas de erosión como los pináculos, pilares y pirámides de suelo en cuya parte superior descansa algún material endurecido como piedrecilla, raíz, hoja y cangahua.

2.2.6 La sedimentación

Es la cantidad de material erosionado transportado por la escorrentía del agua de lluvia o el viento a un punto determinado.

Por efecto del relieve natural del suelo o producto de cárcavas o la labranza, se presentan socavaciones, los cuales son plegamientos o rugosidades que impiden el libre flujo reteniendo la turbulencia de las crecidas.

Si la cantidad de sedimentos es mayor que la capacidad de transporte del flujo, habrá deposición de sedimentos.

Cuando las corrientes de agua de escorrentía penetran en depósitos, la profundidad del flujo aumenta reduciendo la velocidad y el transporte y la deposición comienza con los sedimentos más gruesos que van cayendo al área de depósito en tanto que los sedimentos más finos o quedan en suspensión por algún tiempo o son acarreados por la corriente. Este fenómeno es frecuente en embalses de reservorios y presas de almacenamiento de agua.

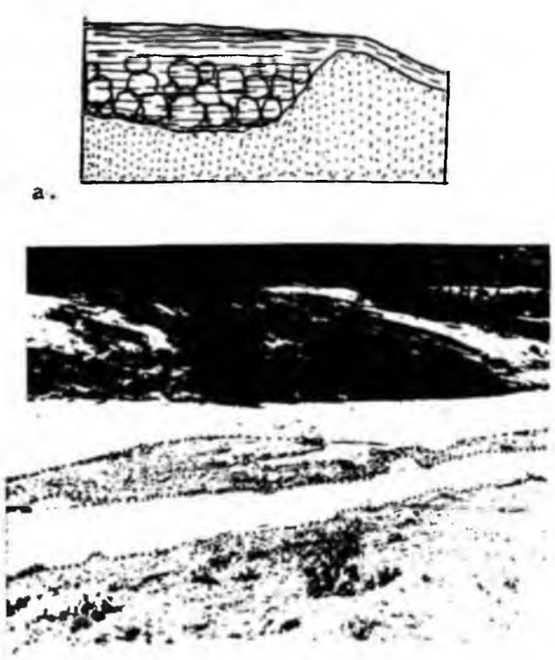


FIG. 10. a-b. Sedimentación del suelo erosionado en el lecho de los ríos.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.3 LOS FACTORES DE LA EROSION

Varios son los factores que influyen sobre la erosión del suelo; incluyéndose en estos al suelo mismo, la precipitación, la pendiente del suelo, la cobertura vegetal y el manejo del suelo por el hombre, el cual al estar vinculado con aspectos culturales, sociales, económicos y técnicos en el medio en que vive es el que, en forma directa induce a una mayor o menor erosión, ya que la erosión de los suelos se debe a la remoción del suelo en una cantidad mayor que la de su formación y se atribuye al hombre y sus actividades a que el suelo quede expuesto a la acción de las lluvias.

2.3.1 Factores relacionados con la precipitación pluvial

Las interacciones del tamaño, velocidad y forma de las gotas de lluvia, la duración de la tormenta y la velocidad del viento controlan la fuerza erosiva de la precipitación, a medida que el tamaño de las gotas aumenta también aumenta su velocidad. Sin embargo, Blanchard, (1950), citado por Morgan(1980), indica que las gotas mayores a 5.60 mm de diámetro son inestablesdebido a la turbulencia del viento y se rompen al caer siendo más frecuente las menores a 2.5 mm de diámetro, por tanto las precipitaciones con intensidades entre 25-50 mm/en 30 minutos son las que tienen un máximo de energía cinética.

2.3.2 Factores relacionados con el suelo

En general, en los suelos donde ocurre mayor erosión son sobre los arenosos y limosos, disminuyen los arcillosos. Los suelos que contienen más del 30-35% de arcilla son generalmente más coherentes y forman agregados estables, los cuales resisten el impacto de las gotas de lluvia y a la erosión por dispersión; a más de ello las superficies de los terrones son ásperas y almacenan mucha agua y resisten la erosión laminar, las arenas y los limos de textura gruesa. tienen tasas altas de infiltración y son más fácilmente erosionables.

La agregación del suelo estable debe ser < 0.5 mm y mientras mayor sea su proporción mayor será la erodabilidad del suelo.

La pedregosidad superficial del suelo ayuda a resistir la erosión, debido a que protege y aumenta la infiltración. La humedad en el sueloayuda a que cuando una lluvia cae sobre él, alcance más rápido la tasa final de infiltración.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

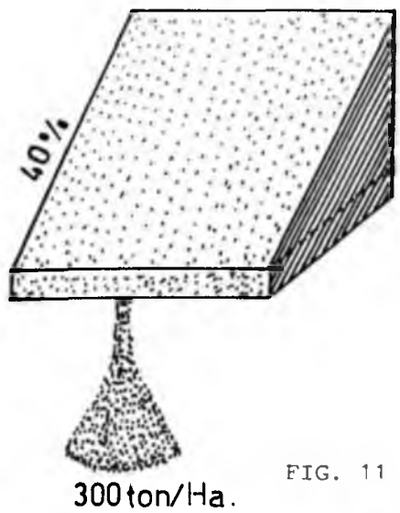


FIG. 11

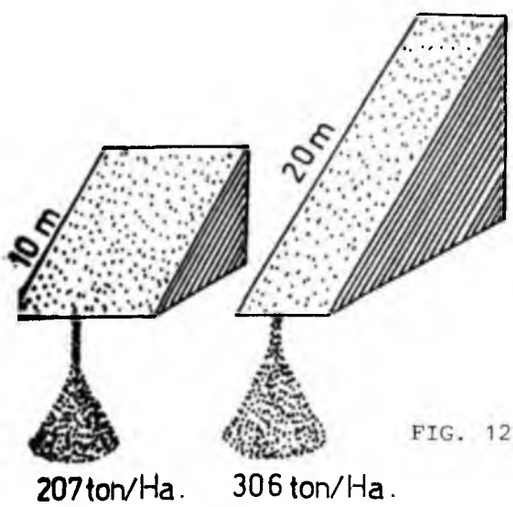


FIG. 12

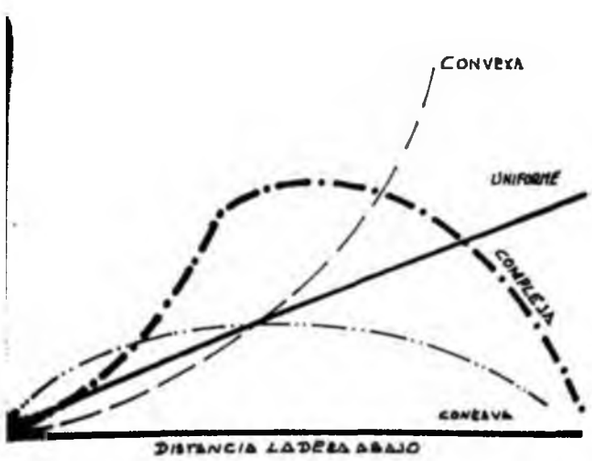


FIG. 13. Diferentes formas de pendientes.

2.3.3 Factores relacionados con la pendiente

- El ángulo de la pendiente es importante porque determina la eficacia de la erosión por fragmentación. A medida que el ángulo de la pendiente aumenta una mayor cantidad de suelo se esparce cuesta abajo. Parece que existe un aumento considerable de la erosión en pendientes del 5 a 10% en comparación con la erosión en pendientes más suaves, pero en pendientes mayores a menudo la erosión es menor.

- La longitud de la pendiente se supone que aumenta la erosión, debido a que la escorrentía aumenta con la distancia a partir de la cima de la pendiente.

- La forma de la pendiente afecta la erosión debido a las influencias sobre la longitud de la pendiente y la inclinación. Donde la longitud y la inclinación sean grandes debe esperarse una gran erosión y viceversa. La erosión en pendientes uniformes aumenta gradualmente.

En pendientes convexas las pérdidas son menores cerca de la cima de la pendiente, pero aumentan rápidamente hacia las partes bajas de la pendiente.

Para las pendientes cóncavas las pérdidas son mayores cerca de la cima de la pendiente, pero disminuye a lo largo de la porción inferior, hasta presentar deposición.

Para las pendientes complejas, con la parte superior convexa y su parte inferior cóncava, la carga de sedimentos aumenta hasta un punto cercano a la inferior de la pendiente y de allí en adelante puede ocurrir deposición.

Resumiendo las diferentes formas de las pendientes, se indican en la figura 13 .

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

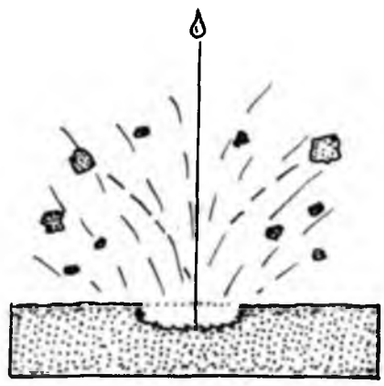


FIG. 14. Impacto, despendimiento y salpicado.

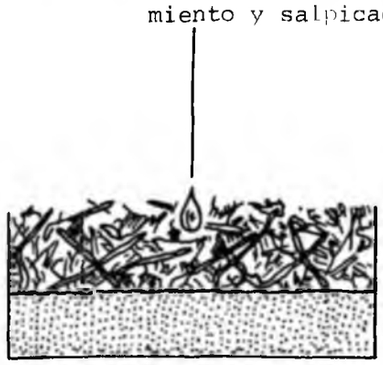


FIG. 15. Impacto sobre suelo cubierto.

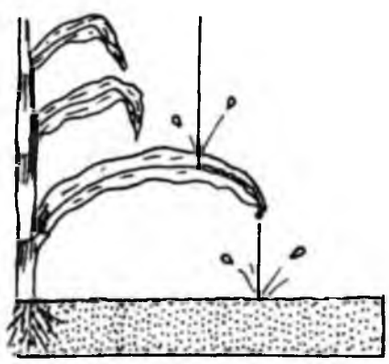


FIG. 16. Impacto sobre vegetación.

2.3.4 Factores relacionados con la vegetación

La escorrentía y erosión procedente de pastizales o bosques generalmente es pequeña y a menudo con bajos contenidos de suelo erosionado, en comparación de las provenientes de un suelo desnudo, debido a que las cantidades de agua infiltrada a través de las superficies cubiertas de vegetación son altas y presentan una mejor estructura y agregados del suelo más estables. Entonces las gotas de lluvia al chocar contra la vegetación la energía de las gotas se disipa y no hay impacto directo sobre la superficie del suelo. Parte del agua es interceptada por la vegetación, otra se evapora a la atmósfera, el resto escurre y fluye por los tallos de las gramíneas, troncos de los árboles libre de partículas de suelo, la hojarasca y materia orgánica vegetal, impiden y reducen la velocidad del agua corriente y las raíces consolidan el suelo.

Todos los factores antes indicados se resumen en el cuadro 1 .

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Factores de la erosión

ITACION

nética

gotas de

otas de

es máximas

final de las
luvia

SUELO

1. Material original
2. Meteorización
3. Propiedades físicas

   Profundidad
   Textura
   Estructura
   Porosidad
   Densidad
   Infiltración
   Permeabilidad
   Compactación
   Estabilidad
   Constantes hídricas
   (Capacidades de campo,
   punto de marchitez p.,
   % de humedad aprovechable,
   % de saturación)
   Erodabilidad
4. Contenido de materia orgánica
5. Propiedades químicas

TOPOGRAFIA

1. Relieve
2. Angulo de la pendiente
3. Longitud de la pendiente
4. Forma de la pendiente

COBERTURA VEGETAL

1. Suelos completamente cubiertos por vegetación
   - Pastos
   - Bosque
   - Semibosque
   - Vegetación natural
2. Suelos parcialmente cubiertos por vegetación
   - Pastos con sobrepastoreo
   - Cultivos: Limpios
     Densos
     Escarda
3. Suelos con ausencia de vegetación
   - Tierra desnuda árida
   - Tobas volcánicas (cangahua)

MANEJO

1. Tipo
   tura
   - Tu
   - Ro
   - Qu
   - Su
     ti
     pe
   - Cu
     lo
   - Ri
     d
   - Se
2. Labor
   - S
     la
   - Ec
     p
   - He
   - Pr
     de

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.4 ALGUNAS FORMAS DE EROSION

FIG. 17. Erosión laminar

2.4.1 Erosión laminar

Consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes de suelo sobre toda una área. Es la forma menos notable del fenómeno de la erosión y la más peligrosa. Es esta la primera manifestación de como el suelo se torna de color más claro, debido a que es removido el humus y a reducirse la productividad de los terrenos en forma progresiva. Frecuentemente el agricultor no se da cuenta la causa por la cual las cosechas se reducen año a año, y solo cuando asoman en sus tierras parches estériles de color claro y se ha reducido el espesor del suelo.

Los terrenos con escasa cubierta protectora son los más expuestos a este efecto sumándose a ello subsuelos impermeables y con partículas de baja densidad aparente y baja cohesión, pobres en materia orgánica, entonces el impacto de las gotas de agua de lluvia producen el salpicamiento del suelo y posteriormente el agua del escurrimiento superficial es el que arrastra y transporta dichas partículas en capas delgadas y uniformes.

La erosión laminar es más frecuente en suelos arenosos y menos frecuente en suelos coherentes siendo en estos más frecuente la erosión en cárcavas.

FIG. 18. Erosión en canales y canalillos.

2.4.2 Erosión en canales y canalillos

Esta erosión ocurre cuando por pequeñas irregularidades naturales o inducidas en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios, hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para deslizarse por la pendiente y en su recorrido hacer cortes en forma de canales y canalillos que pueden ser observados a simple vista. Esta forma de erosión es frecuente a lo largo de la pendiente e indica las zonas de concentración del agua de escorrentía,

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

estos pequeños surcos gortados por el agua pueden ser borrados fácilmente por las labores de cultivo y son los que el agricultor más atención les presta. Ocurren con mayor frecuencia durante aguaceros de intensidades mayores a 10 mm/en 30 minutos y en terrenos preparados con pronunciada pendiente.

2.4.3 Erosión en cárcavas y zanjas

Se presenta cuando hay una gran concentración de la escorrentía en determinadas zonas del terreno y que año tras año van ampliándose por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad.

FIG. 19. Erosión en cárcavas y zanjas

Las cárcavas son por lo general canales profundos de paredes empinadas y son frecuentes en áreas con subsuelos profundos y frágiles y la erosión en esta forma es debido al desprendimiento de suelo inducido por el flujo y la inestabilidad de la pendiente.

La erosión en cárcavas es una forma más avanzada de la erosión, donde sus efectos son de vaciado de la tierra agrícola dividiendo los campos agrícolas, interfiriendo la eficiencia de las labores.

2.4.4 Erosión en cárcavas remontantes

En general, en una zanja solamente circula agua durante y después de un fuerte aguacero, cuando la cárcava ya ha adquirido alguna profundidad, la misma acción del efecto de cascada que se forma en la parte más alta de la zanja, el agua al precipitarse en su acción de choque con la base de la zanja, produce una turbulencia que erosiona la base de la cascada, produciendo la caída de bloques de suelo desde la orilla o principio de la cárcava avanzando corriente arriba.

FIG. 20. Erosión en cárcavas remontantes.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

FIG. 21. Erosión en pináculos.

2.4.5 Erosión en pináculos

Es una forma de erosión en la que se interaccionan canales verticales profundos y canales horizontales superficiales que transportan agua de escorrentía los cuales socaban en profundidad al suelo desprendiendo y arrastrando todo el material fácilmente deslenable hasta topar suelo endurecido, dejando de esta manera columnas de suelo parecidas a pirámides o pináculos aislados que en ciertas áreas son de algunos metros de altura y en otras de escasos centímetros. Una capa vegetal o dura y resistente de grava o piedra corona el pináculo.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.5 EFECTOS DE LA EROSION

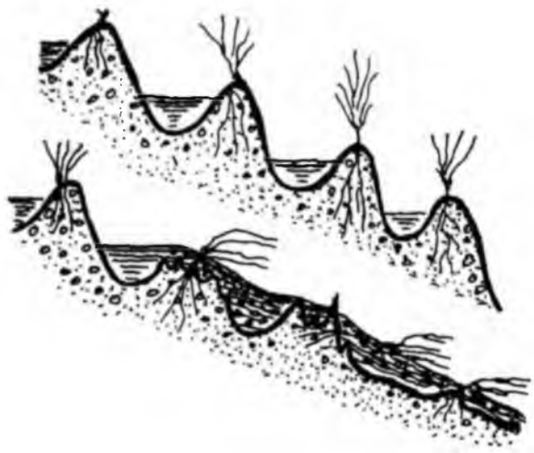


FIG. 22. Ruptura de surcos.

2.5.1 Ruptura de los surcos

En sitios en donde las aguas corrientes se concentran en surcos o canales menores, la acción del volumen de agua rompe los surcos y el agua de escurrimiento destruyen en cadena pendiente abajo a los surcos sucesivos, lo cual se debe al mal dimensionamiento del espaciamiento y profundidad de los surcos en los cultivos, apareciendo zanjas y cárcavas.

2.5.2 Surcado en sentido de la pendiente

En afán de facilitar las labores de cultivo, realizarlas en un menor tiempo y disminuir los costos de maquinaria o por seguir la misma tradición de sus antecesores, algunos agricultores preparan el suelo de sus fincas, siguiendo el sentido de la pendiente, esto es subiendo al tractor o la yunta en las partes altas y la bajan en sentido de la pendiente, produciendo en el suelo y subsuelo canales, surcos y canalículos que servirán para que el agua de escorrentía tenga su cauce de salida, lo cual ocasiona la más peligrosa erosión del suelo, pérdida de semilla, fertilizante, trabajo y dinero, observándose después de una lluvia abanicos aluviales de sedimentos en los linderos o fincas de los dueños vecinos.

FIG. 23. Cultivo de papa sembrado en sentido de la pendiente.

2.5.3 Erosión de los caminos y carreteras

La mayoría de los caminos públicos y carreteras que cruzan los campos de nuestro país, cortan los terrenos agrícolas en ángulos diversos y desvían la dirección natural del escurrimiento, al interceptar su curso natural de las aguas con los caminos y carreteras y al no existir una planificación adecuada de construcción, como podría ser: inclinación adecuada

FIG. 24. Erosión en caminos.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

FIG. 25. Taludes de carreteras sin cobertura vegetal y sin inclinación adecuada.

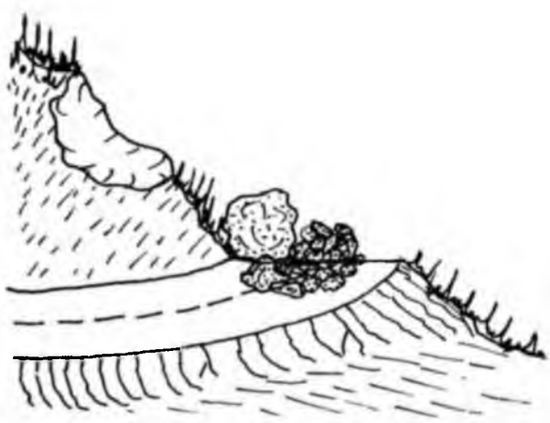


FIG. 26. Deslizamientos de suelo sobre carretaras.

de taludes, empastamiento con cobertura vegetal, zanjas desviatorias, cunetas, afirmación adecuada de la base, utilización de materiales de relleno de acuerdo a las condiciones geológicas del sitio, etc., se forma hondas cárcavas paralelas a las cunetas si las hay,o a la carretera, rellenándose luego e invadiendo las vías, produciendo infiltraciones por debajo de la carpeta asfáltica o rasante, formándose por los hundimientos, huecos o 'baches" que destruyen las vías y ocasionando la paralización del tránsito, azolvamiento por lodo en las vías, ruptura de la carpeta asfáltica y el aislamiento de ciudades y pueblos con las consiguientes pérdidas económicas para la agricultura y usuarios.

2.5.4 Deslizamientos y movimientos de masas

En las laderas de las colinas, al ser socavadas por construcciones de vías, caminos, cultivos con riego o por los elevadas precipitaciones y tránsito vehicular o de ganado; se producen derrumbes planares profundos que generalmente siguen las líneas de fallas geológicas naturales las cuales están asociados con la erosión del suelo, se inician normalmente durante las tormentas muy fuertes y ayudadas por las presiones en el espacio acuoso se producen grandes cantidades de agua infiltrada que actúa en dirección del flujo y es proporcional al gradiente hidraúlico. A esto se añade el peso unitario del agua en la masa, la pendiente, produciéndose deslizamientos y movimientos de masas de suelo que pueden alcanzar algunos m. de ancho y largo, denominados aluviones dejando áreas sepultadas algunas veces y otras desnudas que son el punto de inicio de cárcavas y pérdidas incalculables no solo de cultivos, suelo, animales, sino también de vidas humanas.

Otras veces se producen pequeños deslizamientos o procesos de soliflu-xión lo cual se debe al rápido descen

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

so del coeficiente de fricción dinámica apareciendo en la superficie del suelo, escalones y pequeñas terrazas.

2.5.5 Contaminación de las aguas

FIG. 27. Contaminación de aguas de los ríos.

La contaminación de las aguas de ríos, lagunas, canales de circulación de agua de consumo doméstico y azolvamiento de vasos de almacenamiento para las represas, destrucción del medio de vida de peces y otros tipos de especies acuáticas, es el efecto más fuerte que causa la erosión del suelo.

Grandes cantidades de partículas de suelo son removidas y transportadas en suspensión hasta las quebradas, riachuelos y ríos, aumentando la densidad del agua y su grado de turbidez, así como también su constitución química, por la cantidad de sales, residuos tóxicos de plaguicidas y restos orgánicos que las aguas en su recorrido acarrean, produciendo serios perjuicios cuando las aguas son utilizadas.

2.5.6 Pérdida de nutrimentos por erosión

FIG. 28. Pérdida de nutrimentos por erosión.

La cantidad de nutrimentos que se pierden por la escorrentía y erosión del suelo en terrenos agrícolas y no agrícolas no es selectiva y está influenciada por numerosos factores, sin embargo toma en cuenta la densidad aparente de las partículas.

En cuanto a elementos se refiere, en trabajos realizados en México (1975) se detectó que la cantidad perdida es diferente para cada ecosistema, siendo menor en los bosques y pastizales y mayor en cultivos y mucho más en cangagua, los principales iones que se pierden por escorrentía fueron: Bicarbonatos, cloruros, sodio y potasio.

En cuanto a cantidades de nitrógeno perdido en los sedimentos se reportan desde 146.85 kg/ha hasta 0.09 kg/ha (Burwell et. al., 1975); para potasio desde 1.9 kg/ha hasta 8.51 kg/ha, para calcio desde 0.082 hasta 0.504 kg/ha y para magnesio de 2.6 a 13 kg/ha para ecosistema bascoso.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.6 ESTIMACIONES DE PERDIDA DE SUELO

2.6.1 Límites admisibles de erosión

Los límites admisibles de erosión son cantidades supuestas de suelo que se puede perder por erosión y que querer detener totalmente es imposible. Hablar del suelo es referirse a su formación el cual se debe a fenómenos de intemperismo el cual se lo resume de la siguiente forma.

Suelo = f (Roca madre, relieve, clima, tiempo, agentes bióticos: Animal-hombre).

Con prácticas actuales de conservación de suelos, las tasas aceptables de erosión para las condiciones de intemperismo de Europa se han establecido de 5 a 25 ton/ha/año, lo que equivale a una pérdida superficial aproximada de 0.2-1.0 mm/año.

Para las condiciones de intemperismo de Estados Unidos, se aceptan pérdidas de suelo de 11.2 ton/ha/año equivalente a una lámina de formación de 25 mm en 30 años.

En Africa para sus condiciones de intemperismo los límites establecidos son de 9 ton/ha/año. Para suelos limosos arenosos, y de 11.2 ton/ha/año para suelos arcillosos.

En México (1975-1981) para las condiciones de intemperismo y para varios usos del suelo en la cuenca del río Texcoco reportan los siguientes datos de pérdida de suelo observados.

Para suelos con cultivo 5.0-8.0 ton/ha/año.

Para suelos con pasto zacate 0.5-1.0 ton/ha/año.

Para suelos con bosque (Pino, oyamel, encino) 0.5-1.3 ton/ha/año.

Para suelos desnudos (Tepetates o cangagua) 5-18 ton/ha/año.

2.6.2 Algunos resultados de pérdida de suelo en Ecuador.

En Ecuador en trabajos llevados a cabo en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP (1979), en suelos de textura franca clasificado como suelo Typic-Udic-Eutrandep, sin cobertura vegetal bajo condiciones de labranza; se estimó una pérdida de 80 ton/ha/año.

Posteriormente en la misma Estación Experimental se continuaron los trabajos y en 1985 se estimó la pérdida de suelo superficial bajo diferentes sistemas de labranza bajo cultivo de maíz y se obtuvo los siguientes datos.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Con labranza de suelo utilizando bueyes 1.69 ton/ha/año
Con labranza de suelo mecánica convencional 2.22 ton/ha/año
Con labranza de suelo reducida 23.07 ton/ha/año
Con labranza de suelo cero 1.56 ton/ha/año

En los años 1985-1986 en trabajos realizados en la misma estación y con lotes de escurrimiento ubicados en lotes con diferente uso y cobertura vegetal, se obtuvieron los siguientes datos.

Para suelos con pasto crecido naturalmente por sobre los 3500 msnm 4.1 kg/ha/año
Para suelos con cultivo Ray grass 377 kg/ha/año
Para suelos con cultivo de trigo 72 kg/ha/año
Para suelos con cultivo de cebada 43 kg/ha/año
Para suelos con cultivo de papa 1000-2000 kg/ha/año
Para suelos con cultivo de arveja 654-3500 kg/ha/año
Para suelos con cultivo bosque de pino 303 kg/ha/año
Para suelos con cultivo bosque de eucalipto 486 kg/ha/año
Para suelos sin cultivo cangagua 6000-11000 kg/ha/año

2.6.3 Métodos para estimar pérdidas de suelo

Durante muchos años, los especialistas en conservación de suelos han tratado de calcular pérdidas de suelo a partir de campos o pendientes individuales, para determinar las prácticas de uso de la tierra que aseguren una productividad a largo plazo para el suelo. El interés y preocupación recientes sobre contaminación del medio ambiente exigen que se lleven a cabo estimaciones y predicciones de pérdida de suelo y producción de sedimentos para evaluar el grado de deterioro y fuentes de contaminación de áreas no puntuales. Una manera de estimar a groso modo la pérdida de suelo erosionado en una precipitación determinada es de la manera siguiente:

Peso de suelo erosionado = (C.S.P. (m) x 10.000 m^2 x Da)

Donde: CSP = Capa de suelo perdido expresada en (m)
10000 = m^2 que tiene una hectárea
Da = Densidad aparente del suelo estimándose:
Para suelos arcillosos = 1.0 g/cc
Para suelos francos arenosos = 1.3 g/cc

Peso de suelo erosionado = se expresa en ton/ha/evento o por año

Existen diferentes significados en la tecnología de erosión de suelos y que se deben conocer y son las siguientes:

- Erosión de suelos: Es la cantidad bruta de suelo retirado por la acción dispersante de las gotas de lluvia o por escorrentía.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

- Pérdida de suelos: Es el suelo desprendido de un campo o pendiente determinados.

- Producción de sedimentos: Es la pérdida de suelos depositada en un punto bajo evaluación.

Las técnicas de predicción de pérdida de suelos se han desarrollado a lo largo de muchos años, siendo los primeros de naturaleza cualitativa. Posteriormente se desarrollaron ecuaciones para situaciones locales, otras fueron de factores múltiples a medida que existían más datos disponibles.

Se han desarrollado métodos racionales empíricos que relacionan sedimentos y flujo, otros relacionan sedimentos con parámetros de la cuenca hidrológica, en otros casos la producción de sedimentos se calcula por estimaciones brutas de pérdida de suelo.

Todos los análisis mencionados anteriormente culminaron con la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS), y sus modificaciones combinándola con modelos hidrológicos de manera que se puede estimar el movimiento de sedimentos desde la cuenca y dentro de ella.

2.6.3.1 La Ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS), Wischmeier 1976.

Es el método de más amplio uso para la predicción de pérdida de suelo por parte de los conservacionistas definiéndose para su estudio un lote unitario que sigue como referencia a la evaluación de los diferentes factores que la componen y las características del lote con fines prácticos al usar el sistema métrico decimal son 25 m de largo por 2 m de ancho, una pendiente del 10 % y continuamente barbechado, laboreándolo para romper costras superficiales.

FIG. 29. Lote de escurrimiento para determinar pérdida de suelo por erosión.

La ecuación es:

$$A = R.K.\ LSCP$$

Donde: A = Pérdida de suelo promedio anual (ton/ha/año)
R = Erosividad de la lluvia en (MJ.mm/ha/hr/año)
K = Erodabilidad del suelo en (ton/ha.año/MJ.mm/ha.hr)
L = Factor longitud del gradiente (adimencional)
S = Factor inclinación del gradiente (adimencional)
C = Factor práctica vegetativa (adimencional)
P = Factor práctica mecánica (adimencional)

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

En términos generales, los primeros 4 factores tienen valores fijos en una localidad dada y determinan el potencial de pérdida de suelo para este sitio. Los dos últimos factores cambian con el uso y manejo de los suelos y cultivos.

La ecuación universal de pérdida de suelo ayuda a predecir las pérdidas de surcos en los diferentes usos de la tierra, tales como: Terrenos agrícolas, forestales, pastizales, zonas urbanas, etc, a los que se les proporciona prácticas específicas de manejo asociadas a las diferentes clases de suelo, régimen de lluvia y topografía.

Predice también la erosión en un tiempo determinado en suelos con sistemas de cultivo múltiples o anual particular bajo sistema de rotación y sirve para el manejo de prácticas de conservación para suelos y pendientes específicas.

Estima las pérdidas de suelo para áreas grandes en desarrollo y permite la planificación aproximada de represas, reservorios, manejo y necesidades de conservación.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CAPITULO III

EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

3.1 El ciclo hidrológico

El agua que cae a la tierra proviene de la atmósfera en la cual se encuentra almacenada en forma de vapor, presentándose en forma de lluvia, neblina, granizo, rocío y escarcha, estas formas de agua no todas se depositan sobre la superficie terrestre, sino que una parte es atrapada y retenida por el follaje en forma de pequeñas gotas las cuales se evaporan para volver nuevamente al lugar de origen a lo que se llama Interceptación.

Otra cantidad determinada de lluvia, sobrepasa las capas de los árboles y llega al suelo en donde una parte escurre a través de la superficie y el escurrimiento superficial para ir a aumentar el caudal de los ríos y de estos al mar, en los cuales el agua vuelve a la atmósfera debido a la evaporación.

El agua que no escurre se infiltra, aumentando el contenido de humedad de donde el agua en parte vuelve a la atmósfera por transpiración de las plantas y evaporación del suelo. Otra parte del agua que se infiltra por percolación aumenta el almacenamiento de agua freática, la cual rinde su flujo paulatinamente a los ríos y estos al mar y de allí retorna al lugar de origen por evaporación.

De acuerdo a lo antes citado en el ciclo hidrológico se destacan cuatro fases básicas de interés para la conservación de los suelos y para los hidrólogos y son las siguientes:

1. Precipitación (Entrada de agua)
2. Evaporación y transpiración
3. Escurrimiento superficial
4. Agua subterránea

Del manejo de estos procesos más la interacción del hombre con sus usos y costumbres sociales y económicas y la cobertura vegetal es lo que se conoce como "El manejo integral de cuencas hidrográficas", cuyo estudio genera datos importantes del volumen total de agua para la producción agrícola, abrevación, consumo doméstico, fuerza hidraúlica y salubridad en general, además involucran el uso integral de los recursos hidrológicos de la red fluvial, siempre en detrimento de los intereses del país o países mas débiles entre los que comparten el territoriode una cuenca.

Por otra parte los extremos como crecentadas o sequías son de interés puesto que los proyectos de ingeniería hidraúlica y de conservación de suelo se diseñan para proteger el medio ambiente.

3.2 Las cuencas hidrológicas

3.2.1 El ciclo geomórfico normal

En las diversas regiones del mundo se observan paisajes de tipo muy variado, contrastan por ej. los Alpes y las este-

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

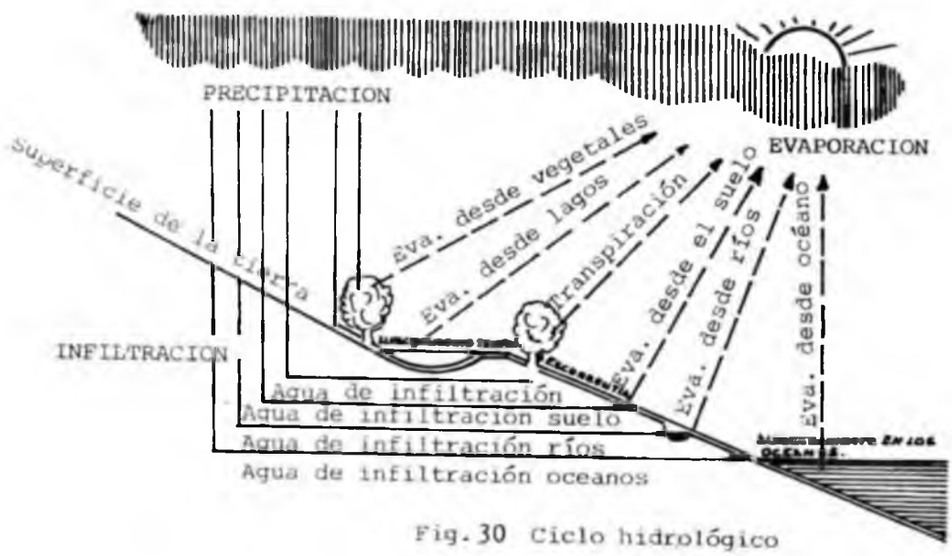


Fig. 30 Ciclo hidrológico

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

pas rusas, los desiertos del Sahara y la cuenca del Orinoco, las llanuras canadienses y los andes de América del Sur, cuyas geoformas individuales y discernibles del relieve con volcanes, llanuras, valles, cordones litorales, barrancas y quebradas, por lo que la evolución del paisaje está en función de tres variables a saber: Estructura (geología), proceso (Degradación) y tiempo.

El proceso degradativo predominante es el fluvial y no hay cambios climáticos excepto los debidos a los propios cambios geomórficos, partiendo de las tres variables se han deducido patrones de desarrollo geomórfico desde el inicio de la acción erosiva sobre el continente emergido hasta que este queda reducido a una planicie prácticamente al nivel del mar, deduciéndose diferentes fases de evolución tales como: Laderas, pendientes, el desarrollo de las redes de drenaje, los cambios y comportamiento de los ríos, formas de sus lechos y la evolución de sus valles.

Según lo antes indicado, las tres etapas fundamentales de la historia de un continente emergido son: Juventud, madurez y senectud.

1. Etapa de juventud

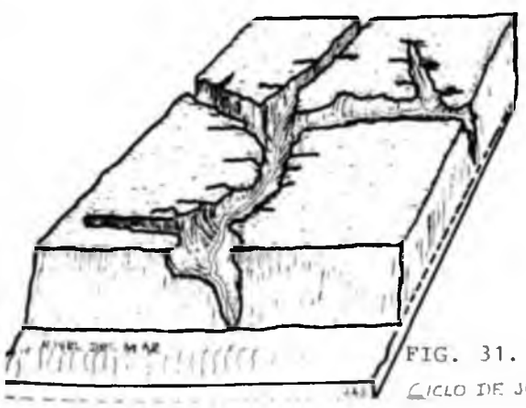


FIG. 31.
CICLO DE JUVENTUD

El terreno es abrupto y accidentado puesto que el aspecto general del paisaje queda determinado en lo fundamental, por la estructura geológica todavía poco alterada, los ríos se encajan en las desembocaduras ya que la pendiente ha aumentado bruscamente. El lecho del río se convierte en el centro del sistema de una intensa erosión observándose deslizamientos, arranque de derrumbios rocosos de las paredes del cauce, debido a la fuerte potencia de las aguas de los ríos, produciéndose una excavación del pie de la vertiente.

2. Etapa de madurez

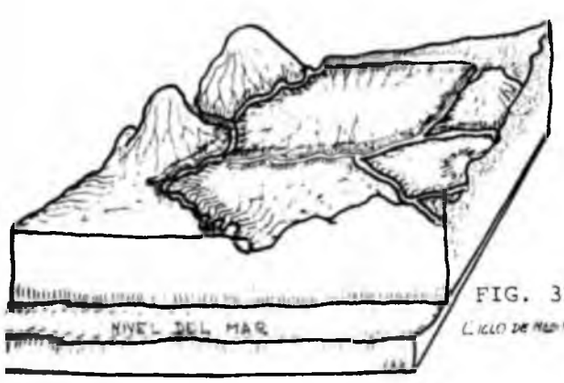


FIG. 32.
CICLO DE MADUREZ

Las formas del paisaje están más desgastadas y la interacción estructura y erosión se compensan mutuamente. Aparece la regularización del perfil longitudinal de la corriente, el agua del río excava lentamente y el perfil de las vertientes puede avanzar por otros procesos antes que por deslizamientos. Las pendientes disminuyen pero aún se forman penillanuras, el relieve asoma con montículos de varios niveles, valles muy

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

anchos casi propensos a ser cubiertos por aluviones la red de drenaje se ha jerarquizado.

3. Etapa de senectud o vejez

Caracterizado por extensas y monótonas planicies prácticamente a nivel del mar, denominada por Davis (1899), citado por Karl (1970) "Penillanura o casi llanura", cuyos ríos fluyen con lentitud, impotentes ya como agentes erosivos domina totalmente la influencia degradativa en el paisaje, disminución de pendientes, la cumbre de lomas tienden a bajar de nivel, se observan montículos o lomas recubiertas por derrubios alterados y separado por valles del fondo aluvial (Material de arrastre).

FIG. 33

Hasta este punto se ha delineado aspectos fundamentales del comportamiento de los ríos, pero desde el punto de vista de un fenómeno genérico aislado, sin situarlo dentro del contexto natural, dentro de la "Cuenca hidrológica" y para ello es necesario conocer algunas definiciones o características.

Río: Es una corriente superficial de agua con cauce permanente que desemboca en otra, en un lago, en el mar o que desaparece en un sumidero de carso.

Origen de un río: Sitio donde el escurrimiento superficial comienza a concentrarse dentro de un cauce definido y permanente.

Confluencia: Lugar de encuentro y unión de dos ríos.

Afluente: O tributario de dos ríos que confluyen, el más pequeño en gasto y longitud.

Segmento fluvial: Tramo ininterrumpido de río entre dos confluencias o entre un origen y la primera confluencia.

Inter-fluvio: Terreno libre entre dos segmentos vecinos.

FIG. 34.

Red fluvial: (O drenaje): Ensamble de corrientes confluyentes, concatenadas de tal modo que segmentos menores (Menor gasto y longitud)se unen siempre con segmentos mayores, hasta integrar un sistema de desagüe permanente, unificado

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

e integral, con un río troncal que conduce las aguas a un sitio final de almacenamiento (mar o lago).

Las diferentes patrones de drenaje que se han formado han obedecido a factores litológicos y de topografía dando origen a diversos sistemas o patrones de drenaje que se indican en la lámina I.

Cuenca: Area drenada por un río troncal y sus afluentes o bien área de desagüe que alimenta a una red fluvial y cuyos escombros del intemperimo son transportados en los segmentos de dicha red hasta algún sitio de depositación.

Parte aguas o divisoria: Son los límites más o menos elevados que separan a una cuenca de otra que la circundan. Corren sobre las partes más elevadas.

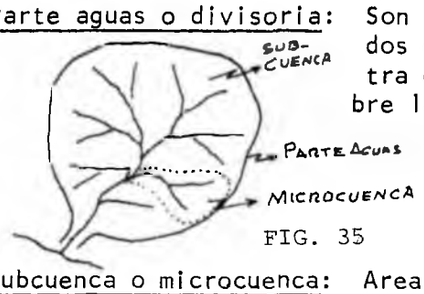


FIG. 35

Subcuenca o microcuenca: Area dentro de una cuenca drenada por un segmento o grupo de segmentos de la red fluvial, limitada de subcuencas por divisorias que corren sobre inter fluvios que los separan de los mismos.

Cuenca exorréica: Cuenca cuyo río troncal desemboca al mar.

FIG. 36.

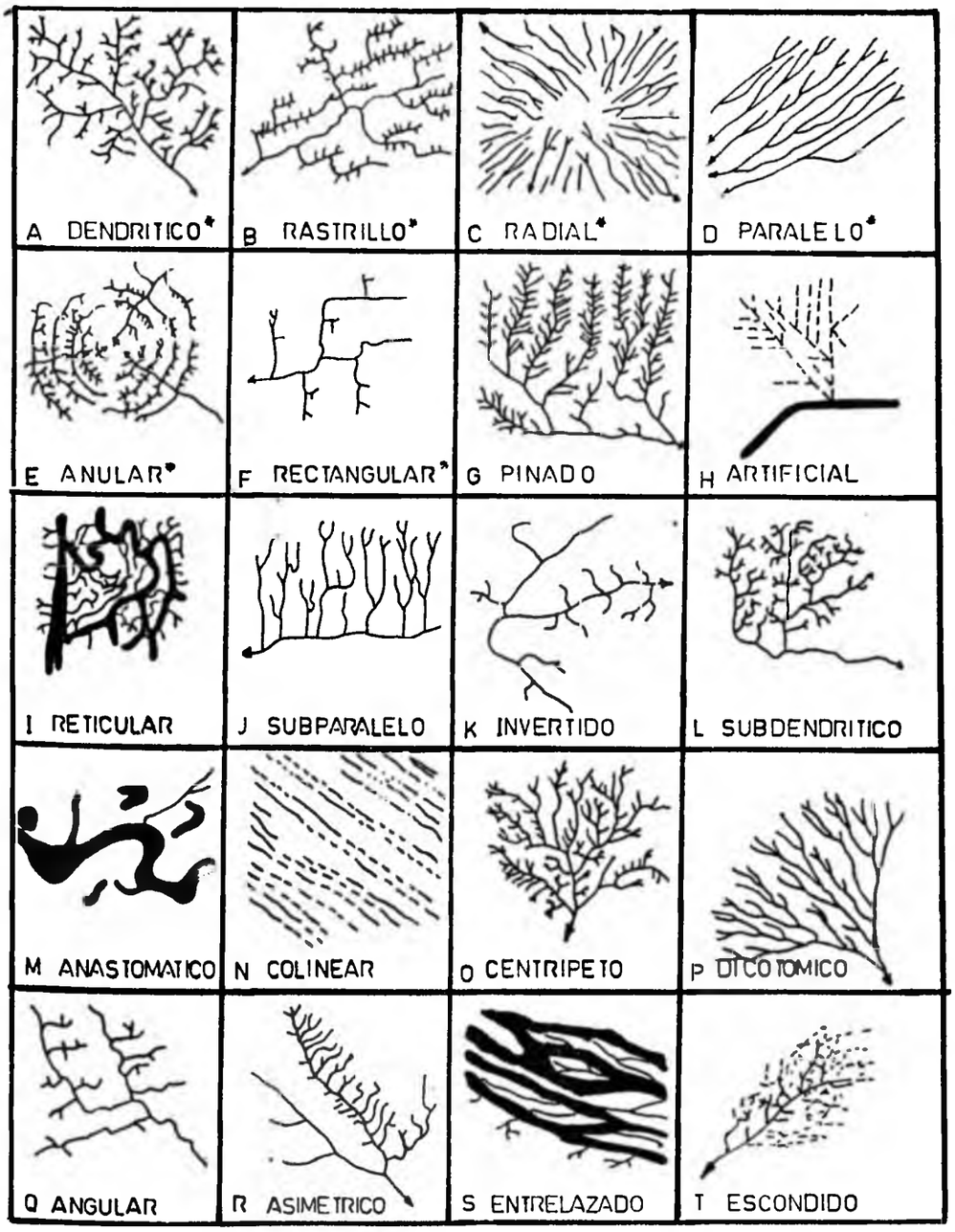
Cuenca endorréica: Cuenca que puede tener más de un río troncal con desembocadura (S) en un lago.

FIG. 37

Cuenca arréica: Es una región continental interior sin salida al mar y sin red de drenaje permanente y organizada.

Cuenca criptorréica: Es una región continental de drenaje subterráneo, carente de una red fluvial permanente y organizada superficial.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



LAMINA 1. SISTEMAS DE DRENAJE. GEOMORFOLOGIA Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS COLEGIO DE POSTGRADUADOS. CHAPINGO. MEXICO 1982

A. SISTEMA DENDRITICO.— ESTE PATRÓN DE DRENAJE SE FORMA EN MATERIALES DE GRANULOMETRIA FINA, MATERIAL HOMOGENEO, PERMEABILIDAD BAJA, TOPOGRAFIA HORIZONTAL Y PENDIENTE LEVE; ROCA DURA Y HOMOGENEA CON RESISTENCIA A LA EROSION. EL DRENAJE CORRE EN TODAS DIRECCIONES. EJ: LUTITAS, ARCILLA, ARENITAS Y GRANITO.

B. SISTEMA RASTRILLO.— CONTROLADO POR LA ESTRUCTURA Y ESTRATIFICACION DE LAS ROCAS. SE DESARROLLA EN ROCAS PLEGADAS, INCLINADAS DONDE HAY FALLAS PARALELAS. LOS RIOS MAS LARGOS SIGUEN EL RUMBO DE LAS ROCAS; MIENTRAS LOS PEQUEÑOS SON TRIBUTARIOS. EJ: ARENISCAS, PIZARRAS, CALIZA, Y ROCAS SEDIMENTARIAS.

C. SISTEMA RADIAL.— CARACTERISTICO EN ZONAS CON ELEVACIONES CONICAS, COMO VOLCANES Y EXTRUCIONES IGNEAS.

D. SISTEMA PARALELO.— SE DESARROLLA EN ZONAS CON PENDIENTES FUERTES Y UNIFORMES, O CON FALLAS PARALELAS, CONSTITUIDOS POR MATERIALES DE GRANO GRUESO. EJ: ROCA SEDIMENTARIAS, INTERESTRATIFICADA INCLINADAS, VALLES DE RELLENO Y LLANURAS COSTERAS BAJAS.

E. SISTEMA ANULAR.— SE FORMA EN ESTRUCTURAS ANULARES, PRODUCIDAS POR INTRUCCIONES IGNEAS QUE HAN CAUSADO EL LEVANTAMIENTO TEMPERICO DE LAS FORMACIONES SEDIMENTARIAS QUE ORIGINALMENTE CUBRIAN LAS ZONAS. POR LA INCLINACION DE LAS ROCAS LAS AGUAS DE ESCORRENTIA CORREN HACIA AFUERA DEL NUCLEO IGNEO.

F. SISTEMA RECTANGULAR.— DEBIDO DE LA ESTRUCTURA DE LA FORMACION ROCOSA SOBRE LA CUAL CORREN LAS AGUAS DE ESCORRENTIA. LOS ELEMENTOS SON FALLAS, FRACTURAS Y DIACLASAS. EL DRENAJE PONE EN EVIDENCIA LA INFLUENCIA DE LOS ANGULOS DE LAS FRACTURAS DE LAS ROCAS. LOS RIOS CAMBIAN BRUSCAMENTE DE DIRECCION.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

$$\text{Pendiente de la cuenca} = \frac{\text{Desnivel entre curvas}}{\text{Longitud entre ellas}} \times 100$$

Cuando % P es mayor a las pérdidas de suelo aumentan gradualmente influyendo en una menor infiltración.

En Ecuador (INERHI 1978) han gerarquizado 77 cuencas hidrográficas, las cuales se indican en la lámina 3 delimitadas del mapa del Ecuador a escala original de 1: 1'000.0000, así mismo en el cuadro 2 se halla la información general de algunas propiedades físicas de cada cuenca a saber: Area de drenaje (Km^2), longitud del cauce mayor (Km), población de la cuenca (Hasta 1980), riego estatal (Has), centrales hidroeléctricas (Nº y Kw instalados) y caudal disponible (M^3/s) a la salida del territorio.

3.4 ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES

Escurrimiento superficial es la porción de la precipitación en exceso que fluye hacia las corrientes, lagos, océanos como corriente superficial.

El escurrimiento superficial presenta sus ventajas y desventajas señalándose entre las primeras para las demandadas de agua de riego y obras de almacenamiento, y en las segundas puede ser peligrosa cuando erosiona los suelos, asolva los ríos, mueve los nutrimentos causando contaminación en los almacenamientos, causa problemas de inundación.

En el escurrimiento se considera que solo una parte de la precipitación forma el agua que escurre ya que la restante puede ser interceptada por la vegetación, almacenda en pequeñas depresiones, infiltrada y detenida en el suelo o evaporarse. Esta distribución de la precipitación constituye el ciclo hidrológico.

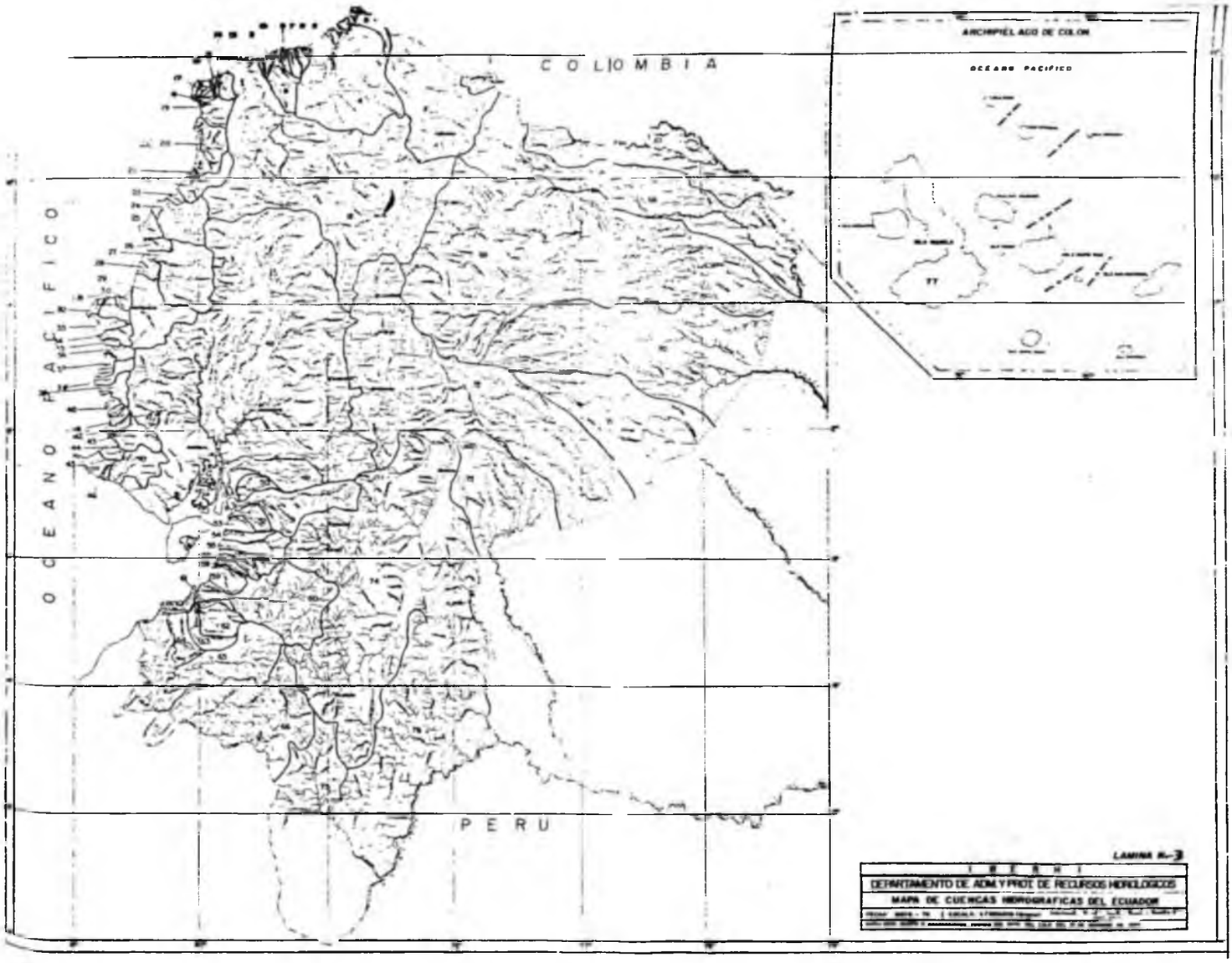
3.4.1 Clases de escurrimientos

A. Precipitación directa sobre las corrientes. Esta representa un valor pequeño a menos que existan grandes cuerpos de agua en el área.

B. Escurrimiento superficial. Es la cantidad de agua que se mueve sobre la superficie del terreno ya sea como flujo laminar o en canales. Usualmente el escurrimiento en laderas es el que llega directamente a los canales.

C. Escurrimiento subsuperficial. Es parte del agua que se ha infiltrado en el suelo y se mueve dentro del suelo en forma lateral. Este tipo de escurrimiento se forma en suelos poco profundos y limitados por una capa impermeable. Estos escurrimientos pueden llegar a parecer en la zona de ladera y puede representar hasta un 80% cuando la precipitación cae y el suelo está a saturación.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CUADRO 2

INFORMACION GENERAL DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL ECUADOR

No.	C U E N C A	LONGITUD DEL CAUCE MAYOR Km.	POBLACION DE LA CUENCA 1980
1	PATIA	37.00	40.598
2	MIRA	175.00	34.204
3	MATAJE	61.00	1.178
4	SANTIAGO	126.00	41.991
5	VAINILLA	9.00	
6	CULEBRA	22.00	1.901
7	OSTIONES	30.00	2.923
8	MATE	39.00	3.032
9	RIO VERDE	64.00	6.749
10	CALOPE	21.00	739
11	CAMARONES	8.50	1.148
12	ESMERALDAS	325.00	1'359.363
13	ATACAMES	15.30	7.128
14	SUA	11.25	1.745
15	TONCHIGUE	9.10	3.458
16	MICROCALERA	3.20	1.282
17	SAN FRANCISCO	19.10	2.572
18	BUNCHE	16.30	212
19	MUISNE	30.00	2.617
20	COJIMIES	20.00	2.624
21	MARCOS	6.80	1.243
22	CUAQUE	68.00	14.790
23	JUAN	16.00	2.750
24	JAMA	75.00	51.444
25	MUCHACHO	28.00	8.228
26	BRICEÑO	22.50	18.885
27	CHONE	85.00	171.639
28	ESTERO EL PAJONAL	16.00	16.554
29	PORTOVIEJO	149.00	288.632
30	JARAMILLO Y CHILAN	12.80	5.593
31	MANTA	47.70	231.294
32	SAN MATEO	14.30	2.296
33	CAÑAS	37.60	3.735
34	BRAVO	45.70	7.195
35	CANTA-GALLO	16.00	1.890
36	JIJIJAPA	53.00	43.530
37	SALAITE	14.80	1.683
38	BUENA VISTA	52.80	25.301
39	AYANQUE	50.00	8.365
40	MANGLARALTO	20.00	17.192
41	VALDIVIA	32.00	834
42	GRANDE		14.813
43	JOVITA	64.00	13.884
44	RIO GRANDE	25.00	7.072
45	SALADO	33.50	6.100
46	MANBRA	14.00	1.605
47	SAPOTAL	75.00	39.559
48	GUAYAS	282.00	2'789.628
49	TAURA	82.50	93.014
50	CHURUTE	42.50	5.205
51	CAÑAR	110.00	79.613
52	NARANJAL	40.00	76.053
53	SAN PABLO	29.00	5.381
54	JAGUA	43.00	7.083
55	BALAO	71.00	6.960
56	GALA	57.00	8.999
57	TENGUEL	42.60	7.010
58	RIO SIETE	29.00	3.345
59	TAGUA	36.00	13.674
60	JUBONES	154.00	244.042
61	MOTUCHE	32.30	1.701
62	SANTA ROSA	50.00	42.204
63	ARENILLAS	55.00	14.288
64	ZARUMILLA	65.00	9.040
65	PUYANGO	122.00	109.293
66	CATAMAYO	188.00	205.169
67	PUTUMAYO	270.00	4.997
68	AGUARICO	405.00	12.143
69	NAPO	440.00	50.218
70	CURARAY	290.00	1.306
71	TIGRE	190.00	221
72	PASTAZA	365.00	750.265
73	MORONA	190.00	4.629
74	SANTIAGO	245.00	594.294
75	CHINCHIPE	92.00	9.275
76	CENEPA MARAÑON		
77	GALAPAGOS		

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

3.4.2. FACTORES QUE AFECTAN EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Los factores que afectan el escurrimiento, pueden dividirse en dos grupos: unos asociados con la precipitación y otros asociados con las características de la cuenca o dresdrenaje. Un resumen esquematizado de estos factores se indican a continuación.

A. Precipitación

Intensidad
Duración: Lluvias con gotas pequeñas > duración.
Frecuencia:
Distribución
Formas:
- -Ligera cuando las gotas son < 2.5 mm de diámetro.
- -Mediana cuando las gotas son de 2.5 a 7.5 mm de diámetro.
- -Intensa cuando las gotas son > 7.5 mm de diámetro.

Tipos:
- -Ciclónica: son tormentas de gran magnitud
- -Convectiva: lluvia a consecuencia del enfriamiento, debido a la expansión de una masa de aire húmedo, caliente. Las lluvias son de diferente intensidad.
- -Orográfica: Se presentan sobre una barrera montañosa, en forma de lluvias ligeras, y porduce erosión en los suelos en las partes altas.

B. Factores Asociados a las Características Físicas de la Cuenca.

Tamaño de la Cuenca:

Forma de la Cuenca: Redondas > escurrimiento
Alargadas < escurrimiento

Pendiente Media: Diferencia de nivel
Longitud máxima del área de drenaje.

Tiempo de concentración:

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Altitud
Relieve
Topografía
Relación de Bifuracación
Densidad Hidrográfica
Longitud de Corrientes

C. Suelos

Textura
Agregación
Estabilidad de agregados
Materia orgánica
Profundidad del suelo
Presencia de estratos
Permeabilidad
Perfil del suelo
Salinidad
Sodicidad
Compactación
Porocidad

D. Vegetación

Tipo de vegetación
Altura de la vegetación
Tipo de raices
Porcentaje de cobertura

3.4.3. DETERMINACION DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

3.4 3.1. OBJETIVO

Antes de diseñar las diferentes estructuras utilizadas en la conservación del suelo y del agua, se debe tener información de la cantidad probable de agua proveniente de la lluvia y del escurrimiento superficial máximo que pueda presentarse para un cierto período de retorno; entonces es suficiente conocer el volumen esperado en base a la precipitación media y el área drenada, sin embargo, para el diseño de canales, presas de control de azolves, canales de disviación y otras obras de conservación de suelos y de agua. Es necesario estimar el escurrimiento máximo.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

3.4.3.2. METODOS PARA EL CALCULO DEL ESCURRIMIENTO MAXIMO

Los escurrimientos máximos en pequeñas cuencas o áreas de drenaje se estiman por dos procedimientos: (manual de C. de S. y del Agua. Colegio de post-graduados. Chapingo, México, 1981).

A. Método Racional

Este método presenta dos alternativas de acuerdo a la información disponible:

1. Cuando existen datos pluviográficos de una estación dentro o cerca a la zona en estudio se usa el método racional.

2. Cuando no existen datos pluviográficos se utiliza el método racional modificado, considerando la lluvia máxima en 24 horas en lugar de la intensidad de la lluvia.

Como en la mayoría de los campos de nuestro país no se dispone de mayor información sobre la lluvia, entonces recurrimos al caso 2.

3.4.3.2.1. METODO RACIONAL MODIFICADO, PARA ESTIMAR ESCURRIMIENTOS MAXIMOS.

Este método utiliza los valores de lluvia máxima que ocurre en 24 horas para diferentes períodos de retorno y se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q = 0.028 \times C \times L \times A$$

DONDE:

Q = escurrimiento máximo en (m^3/seg)

0.028 = constante numérica resultante de las unidades en que se expresan las variables.

C = coeficiente de escurrimiento que varia para los diferentes suelos y condiciones de clima y cobertura vegetal que puede ser de 0.1-1.0

L = Lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno dado. Este valor se expresa en centímetros, los períodos de retorno para obras de C. de S. en cultivos se recomienda que sea de 5 años y para áreas de protección de 10-25 años.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Los pasos sucesivos para el cálculo son:

a. Determinación del valor "C" coeficiente de escurrimiento

1. Topografía

- Si el lugar tiene una pendiente entre 0-5% se considera plano.
- Si tiene entre 6-10% ondulado.
- Si tiene entre 11 a 73% escarpado

2. Cobertura Vegetal

Si el área en estudio tiene bosque, pastos o cultivos

3. Texturas del Suelo

Mediante el tacto se puede determinar:

- Si la textura del suelo es gruesa (arenas muy gruesas, gruesas y medias).
- Textura media (arenas medias, finas, muy fina)
- Textura fina (arenas muy finas, lima y arcilla).

Para facilitar la determinación del coeficiente "C' utilizando el cuadro dado por el manual de Conservación de Suelos y Aguas. Chapingo, México. 1981 1/.

CUADRO 3 : VALORES DE "C" PARA EL CALCULO DE ESCURRIMIENTOS.

T O P O G R A F I A	TEXTURA DEL SUELO		
COBERTURA VEGETAL	GRUESA	MEDIA	FINA
BOSQUE			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
PASTIZALES			
Plano (0.5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6.-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
TERRENOS CULTIVADOS			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

1/ Datos obtenidos para las condiciones de suelo de México

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CUADRO. 4. VALORES DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "C" 1/ PARA CONDICIONES DE TOPOGRAFIA, SUELO, COBERTURA VEGETAL Y MANEJO EN TERRENOS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA - INIAP. 1985 2/

T O P O G R A F I A	TEXTURA DEL SUELO		
COBERTURA VEGETAL	GRUESA	MEDIA	FINA
BOSQUES: PINO			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (60% de pendiente)		0.056	
EUCALIPTO			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (43.98% de pendiente)		0.048	
PASTOS: NATURAL KALAMAGROSTIS spp			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (26.05% de pendiente)		0.022	
RAY GRASS			
Plano			
Ondula			
Escarpado (20.64% de pendiente)		0.086	
CULTIVOS 3/: TRIGO			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (16.73% de pendiente)		0.024	
CEBADA			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (19.23% de pendiente)		0.016	
ARVEJA			
Plano			
Ondulado			
Escarpado ($\bar{X}$ = 20,18 de pendiente)		0.12	
MAIZ (Labranza animal y mecanizada tradicional)			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (17.46 de pendiente)		0.05	

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

(Continuación Cuadro 4)

T O P O G R A F I A	TEXTURA DEL SUELO		
COBERTURA VEGETAL	GRUESA	MEDIA	FINA
MAIZ (Labranza reducida y cero)			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (19.15% de pendiente)		0.16	
PAPA			
Plano			
Ondulado (7% de pendiente)		0.051	
Escarpado (16% de pendiente)		0.060	
VEGETACION NATURAL MUY ESCAZA (Suelo de Cangahua)			
Plano			
Ondulado			
Escarpado (25% de pendiente)	0.245		

1/ Los valores de c fueron obtenidos de la relación

$$C = \frac{\text{Lámina escurrida (mm)}}{\text{Lámina llovida (mm)}}$$

2/ Clasificación según la séptima aproximación, pertenecen al grupo Typic, Udic Eutradep, Francos Isotérmicos (PRONAREG 1978).

3/ Los cultivos se realizaron en terrenos trabajados bajo obras de conservación de suelos como son: Desviaciones, Curvas de Nivel y Surcos contra la pendiente.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

b. Utilizando mapas de isoyetas (Ver Lamina No. 4). o datos de lluvia máxima en 24 horas para períodos de retorno seleccionados para la zona en consideración se obtiene el valor de (L) lluvia expresada en centímetros.

c. Se obtiene el área de la cuenca en hectáreas valiéndose de medidas en el campo, o utilizando planos topográficos reales. Instrumento muy útil para esta determinación es el planímetro polar.

En el capítulo VIII, se muestra un ejemplo completo del cálculo del coeficiente de escorrentía, determinación del escurrimiento máximo parámetros hidráulicos de las secciones de canales desviatorios.

B. Métodos Simplificados de las Huellas máximas, utilizado en cárcavas

Este método se recomienda para conocer el escurrimiento básico, cuando hay cárcavas donde se puedan observar las huellas dejadas por las crecidas.

Para este cálculo se utiliza la fórmula siguiente denominada ecuación de continuidad.

$$Q = A . V$$

DONDE

Q = Escurrimiento máximo (m^3/seg

A = Area hidráulica de la sección transversal de la cárcava (m2).

V = Velocidad de flujo (m/seg)

Para la resolución de la fórmula es necesario calcular primeramente área y velocidad.

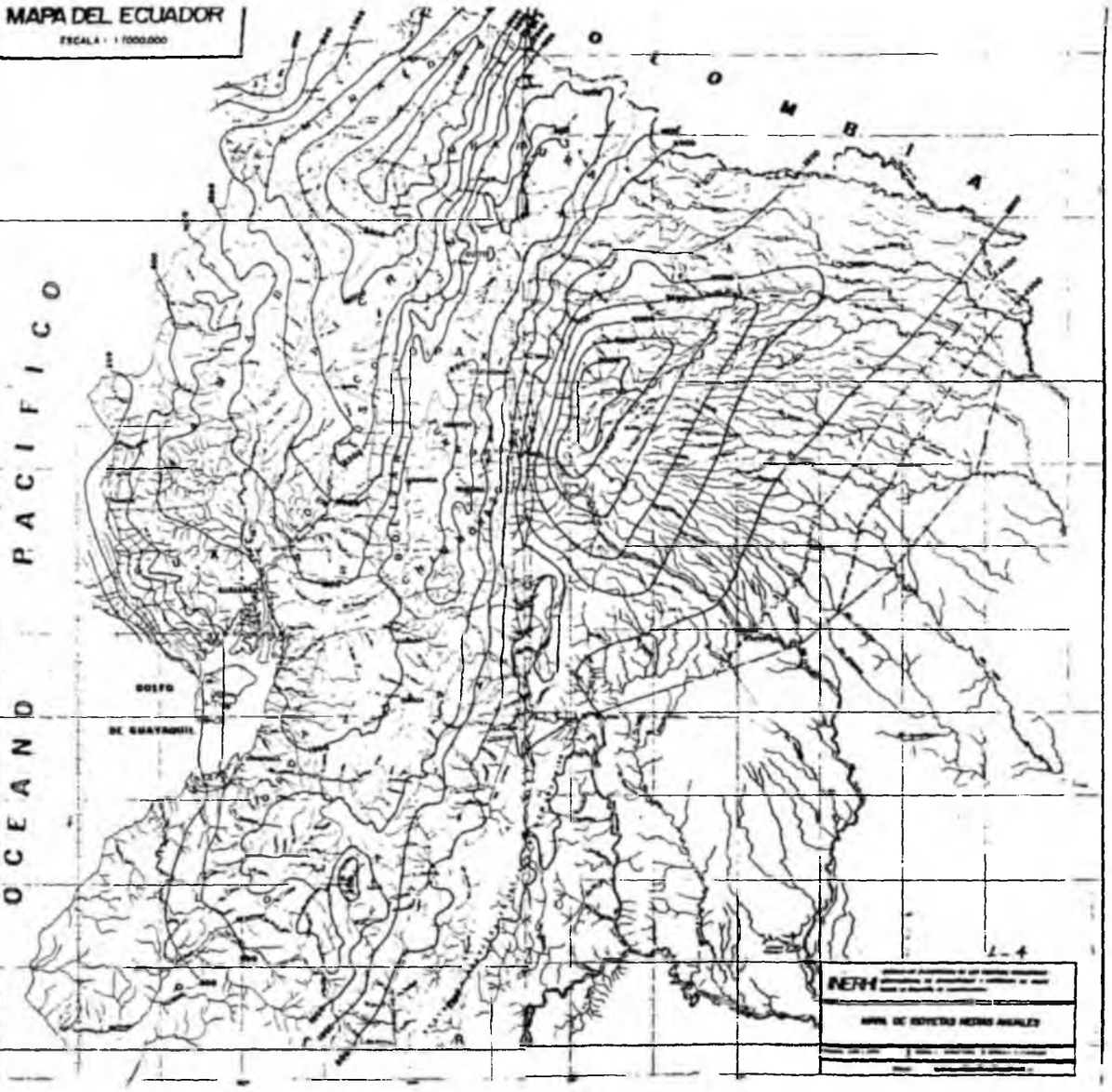
1. Cálculo del área hidráulica de la sección transversal, se toma en consideración lo siguiente:

   a. Escoger una sección de la cárcava lo más recta y homogenea posible.

   b. Que los taludes se presenten lo más vertical posible o en forma de "U" o de "V"

   c. Con estacas y una piola se señala el ancho de la cárcava, para luego con una cinta métrica medir la longitud (L) de la huella máxima (A-B), en la sección de la cárcava donde se ubicará la estructura.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

FIG. 40. Longitud de una cárcava.

d. La longitud (L) se la divide en segmentos iguales (d) siendo mayor el número de divisiones mientras mayor sea la irregularidad del fondo de la cárcava.

El ancho de los segmentos (d) puede varias de 0.5 a 2.0 m de acuerdo al ancho total de la cárcava.

e. A continuación y valiéndose de una plomada y cinta métrica se miden las alturas (h) que hay entre la piola y el fondo o piso de la cárcava a las diferentes distancias parciales.

FIG. 41. Sección transversal en forma de "U" de una cárcava.

f. Con los datos obtenidos se calcula el área de la sección, según la forma de la sección transversal, utilizando la siguiente fórmula: Para la forma "U"

f.1. $A = d\left(\frac{he}{2} + \sum h1_1 h1_2 \ldots h1_n + \frac{he'}{2}\right)$

DONDE:

A = área de la sección (m^2)

d = longitud de cada segmento parcial (m)

he-he' = alturas extremas (m)

$\sum h1$ = suma de las alturas intermedias (m)

f.2. Cuando la sección tiene forma de "V".

$A = d\ (\sum h1)$

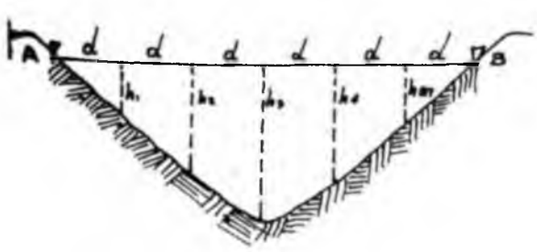


FIG. 42. Sección transversal de una cárcava en forma de "V"

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2. Cálculo de la velocidad del flujo de la escorrentía.

Para el cálculo de la velocidad del agua de escorrentía se utiliza la fórmula de MANNING.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

DONDE:

V = velocidad del agua de escorrentía m/seg

n = coeficiente de rugosidad (valor dado en tablas y es adimencional).

R = radio hidráulico de la sección (m)

S = pendiente de la sección m/m

Para la resolución de la fórmula es necesario calcular primeramente radio hidráulico.

a. Cálculo del radio hidráulico (r)

Es la relación que existe entre el área de la sección transversal y el perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P}$$

DONDE:

R = radio hidráulico (m)

A = área de la sección (m^2)

P = perímetro mojado (m)

FIG. 43. Radio hidráulico de una cárcava.

b. Pendiente de la Sección (S)

Utilizando un clinómetro u otrómeto se determina el porcentaje de inclinación que tiene el cauce de la cárcava. Este valor se lo expresa en metro por metro (m/m). Ver fig. 44 .

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

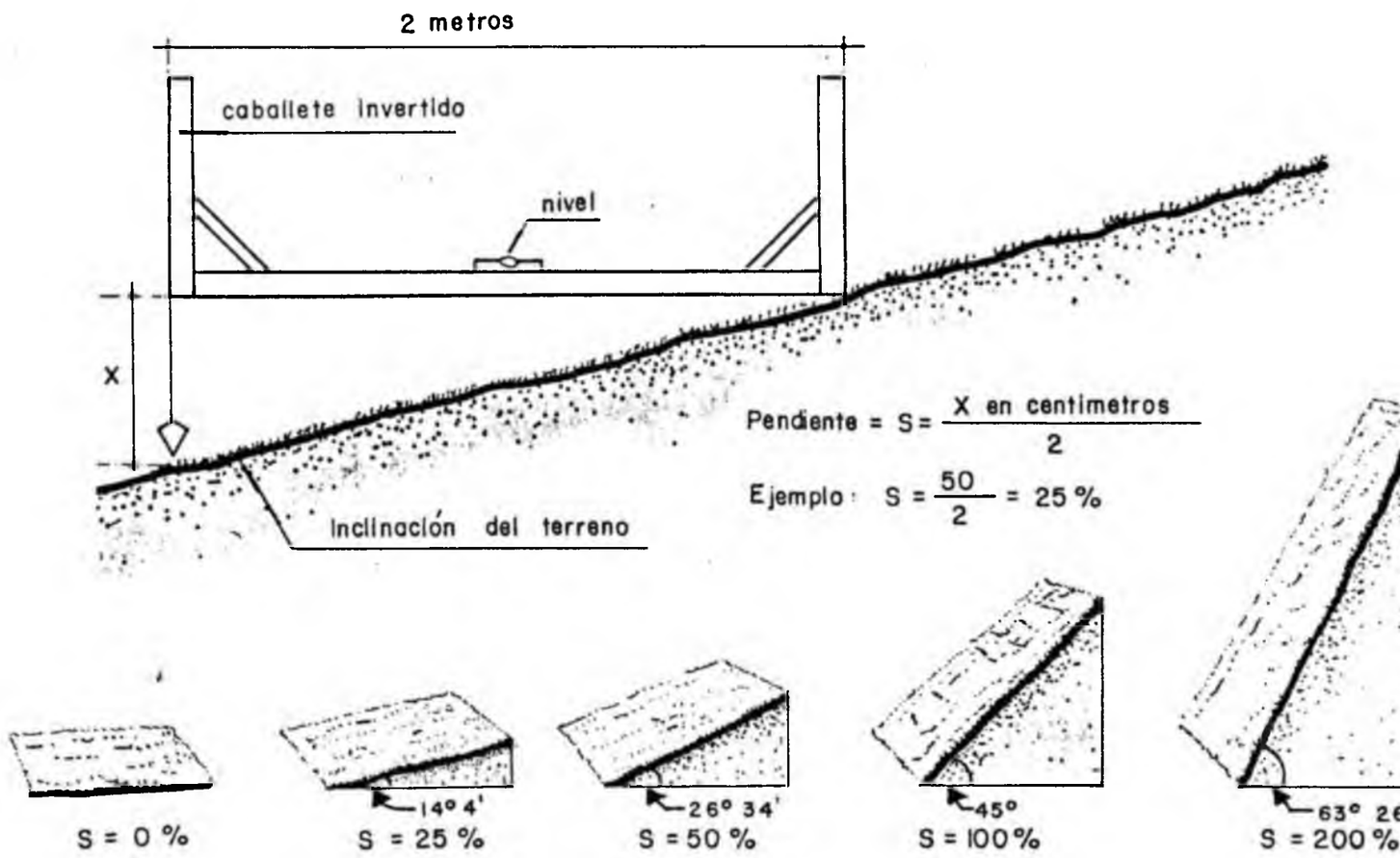


FIGURA 44 - MEDICION DE LA PENDIENTE CON UN CABALLETE DE 2 METROS. CORTE DE DIFERENTES GRADOS DE PENDIE

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

c. El coeficiente de rugosidad

Este valor esta en función de las características de las paredes y el fondo de la cárcava; algunas presentan paredes laterales irregulares y fondo parejo, otras veces presentan vegetación, piedras y paredes sinuosas etc. Estos valores S.E. (n) dados según la superficie y condiciones de las paredes se dan el el Cuadro.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CUADRO. 5 VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n) PROPUESTO POR HORTON.

SUPERFICIE	CONDICIONES DE LAS PAREDES			
	PERFECTAS	BUENAS	MEDIANAMENTE BUENAS	MALAS
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin endiduras ni charcos profundos.	.025	.0275	.030	.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	.030	.033	.035	.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	.033	.035	.040	.045
(4) Igual al (3) de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	.040	.045	.050	.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras.	.035	.040	.045	.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas	.045	.050	.055	.060
(7) Ríos perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos.	.050	.060	.070	.080
(8) Playas muy enhierbadas	.075	0.100	.125	.150

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Para escurrimientos en laderas. Se han obtenido velocidad promedios según el suelo,su contenido de materia orgánica y pendiente del relieve. Los datos son:

CUADRO 6. Velocidad de escurrimiento por laderas.

PENDIENTES DE LAS LADERAS 1/	ESCURRIMIENTO POR LAS LADERAS VELOCIDAD m/seg		
	COBERTURA VEGETAL		
	VEGETACION DENSA O CULTIVOS	PASTOS Y VEGETACION LIGERA	SIN VEGETACION
0-5	0.42	0.67	1.17
5-10	0.83	1.17	2.0
10-15	1.00	1.50	2.50
15-20	1.17	1.83	3.0

Para suelos con alto contenido de MO = 0.8 m/seg 2/

Para la mayoría de suelos normales = 0.6 m/seg

Para suelos extremadamente erodibles = 0.5 m/seg

1/ Manual de Conservación de Suelo y del Agua. Colegio de Post-graduados. Chapingo, México. 1981.

2/ ASAE, S268,2 design, la yout, construction and maintenance of terrace sistems, 1978.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Ejemplo del cálculo del escurrimiento máximo, por el método de las huellas máximas.

FIG. 45. Huella máxima de escorrentía en la sección de una cárcava.

Datos:

he	=	1.10 m
h1	=	0.90 m
h2	=	1.15 m
h3	=	1.20 m
h4	=	1.25 m
h5	=	1.00 m
he'	=	1.00 m
d	=	0.50 m
P	=	10.00 m
A-B	=	huella máxima
% P	=	5% = 0.05 m/m
n	=	0.03

1. Cálculo del área de la sección

Como es de la forma "U" se utiliza la fórmula siguiente:

$$A = d\left(\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he'}{2}\right)$$

$$A = 0.50\left(\frac{1.10}{2} = 0.90 + 1.15 + 1.20 + 1.25 + 1.00 + \frac{1.00}{2}\right)$$

$$A = 3.28\ m^2$$

2. Cálculo de la velocidad de la escorrentía

2.1. Se determina el radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{3.28}{5}$$

$$R = 0.66\ m$$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

La velocidad se calcula por:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.03} \cdot (0.66)^{2/3} \cdot (0.05)^{1/2}$$

$$V = 33.33 \times 0.75 \cdot 0.224$$

$$V = 5.63 \text{ m/seg.}$$

3. Calculó del escurrimiento máximo

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 3.28 \text{ m}^2 \cdot 5.63 \text{ m/seg}$$

$$Q = 18.48 \text{ m}^3\text{/seg}$$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CAPITULO IV

SOLUCIONES PARA CONTROLAR LA EROSION

4.1. OBJETIVOS

Las prácticas y obras de conservación buscan disminuir o anular el efecto de los factores que favorecen la erosión, como es amortiguar el golpe de las gotas de lluvia, disminuir la velocidad del agua de escorrentía, encausar el agua sobrante y proteger la estructura del suelo.

El éxito y la eficiencia de las prácticas de conservación, dependen de la correcta selección y ubicación que se haga de ellas.

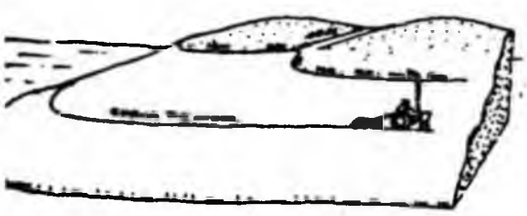
Las diferentes prácticas utilizadas en la conservación de suelos se clasifican en agronómicas y mecánicas: en el desarrollo de este capítulo se indican las más importantes:

4.2. PRACTICAS AGRONOMICAS

Son las que ayudan a lograr el éxito de un cultivo mediante sistemas de manejo de los cultivos y la cobertura vegetal.

4.2.1. Cultivos en Contorno

Es la disposición de las hileras de cultivo a través de la pendiente para lo cual se realiza de la siguiente forma:



IG. 46. Curvas de nivel

a. Trazo de curvas de nivel o líneas guías con niveles o cotas casi constantes para lo cual se utiliza el caballete, y se estaca la línea cada 10 m de longitud. En terreno inclinados, se necesitará más de una línea y su construcción se empieza del punto más alto, marcándose luego con el tractor o el azadón.

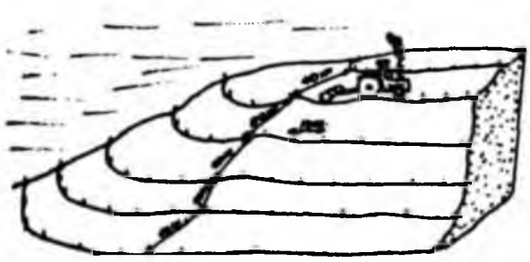


FIG. 47. Trazo de curvas de nivel con tractor.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

FIG. 48. Preparación del suelo en contorno.

FIG. 49. Cultivos en Fajas.

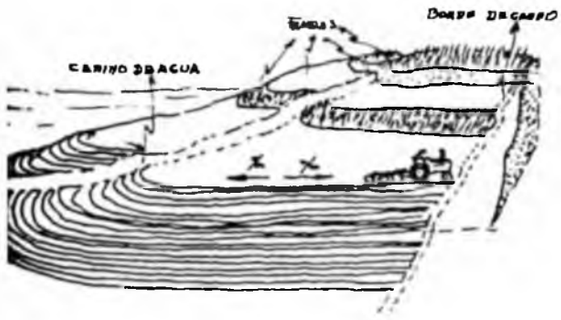


FIG. 50. Bordes de Campo y Caminos de agua.

b. La preparación del suelo se realiza siguiendo el contorno de la línea de nivel arando hacia arriba de la pendiente (30 m) y hacia abajo de la pendiente (30 m) y luego empezar con la siguiente curva de nivel en forma similar.

4.2.2. Cultivo en Fajas

La siembra del campo se la realiza según lo planificado en la rotación de cultivos prefiriéndose sembrar árboles, pasto, o plantas perennes cebada, trigo, en las más altas y con mayor pendiente, y los cultivos con surcos (papa, haba, maíz, ocas mellocos) en las partes con menor pendiente y siempre alternando los cultivos. Ej. haba, cebada, papa.

4.2.3. Bordes de Campo y Caminos de Agua

- Los bordes de campo son franjas sembradas con pasto u otro cultivo denso alrededor del cultivo y su ancho varía entre 2.4 m.

- Los caminos de agua, son franjas igual que las anteriores y sirven como drenaje para permitir el escurrimiento del área cultivada, llevándola en sentido de la pe diente y en forma segura a lugares donde no cause daños por erosión.

Otras prácticas agronómicas son la rotación de cultivos, labranza reducida y cero labranza, distribución adecuada de los cultivos según la aptitud del suelo.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

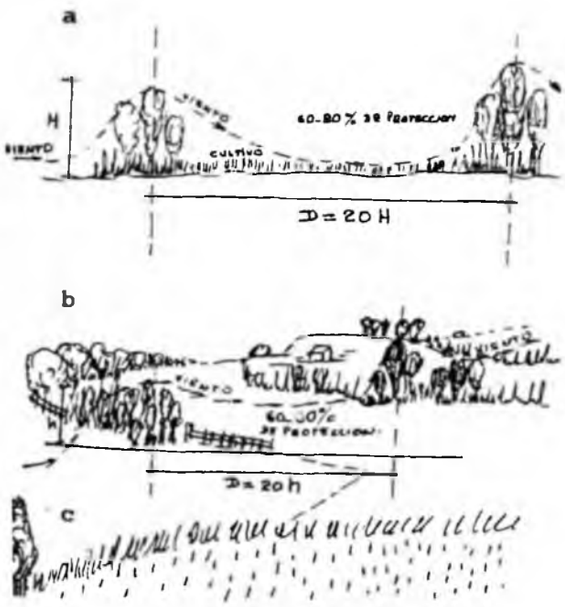


FIG. 51. a-b-c. Distanciamientos de barreras vivas.

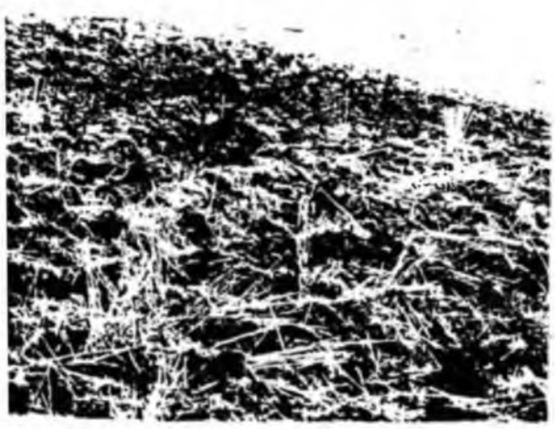


FIG. 52. Labranza adecuada del terreno.

4.2.4. Barreras vivas.

Las barreras vivas o cortinas rompevientos. El objetivo es reducir la velocidad del viento y cambiar las características de la superficie del suelo. La cobertura debe ser densa, orientada y perpendicular al viento.

Las cortinas rompevientos reducen del 60-80% la velocidad y muy cerca de ellas solo el 20%.

El área protegida está en 20 veces la altura (h) de la cortina.

4.2.5. Labranza adecuada del terreno

La labranza del suelo debe realizarse al mínimo necesario, dejando obstáculos como son los terrenos (agregados) sobre la superficie, cuyos diámetros de terrones sean de hasta 5mm en superficie y mayores en la parte inferior, con esto se logra almacenar la humedad necesaria para la semilla y las plantas que nacerán.

Así también, se permite una mayor infiltración del agua de lluvia, las gotas de lluvia, y la escorrentía, tendrán mayor dificultad para el arrastre y la erosión.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

4.2.6. Surcado en Contorno

Esta práctica es la más generalizada, se la recomienda para conservar el suelo y agua, y consiste en trazar los surcos en contra de la pendiente natural del suelo, siguiendo las curvas de nivel.

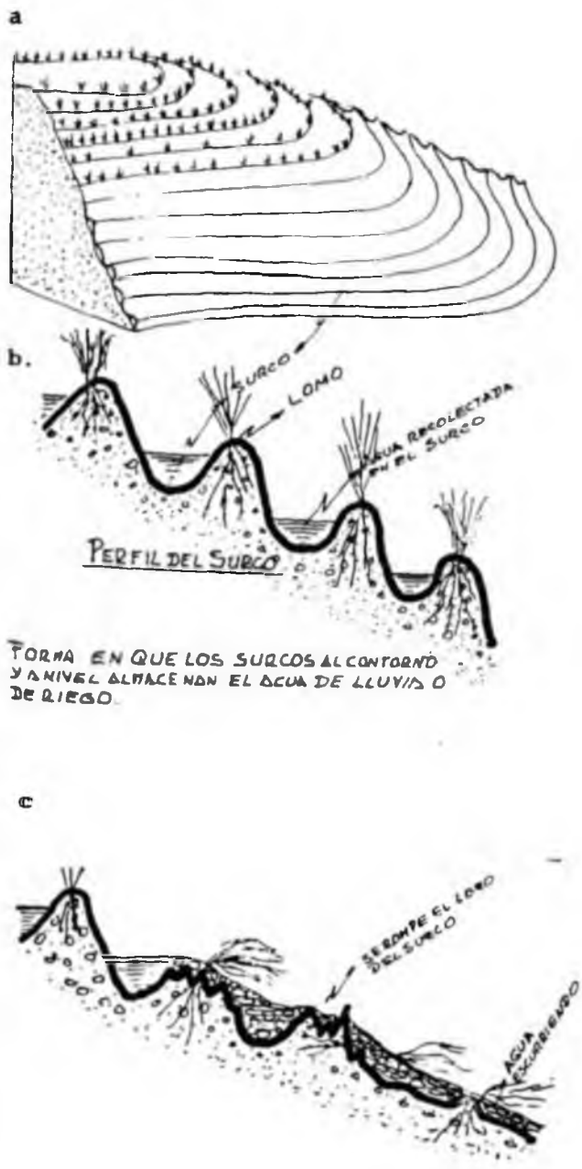


FIG. 53. a-b-c.' Surcado en Contorno Surcos almacenando agua, ruptura de surco.

Ventajas

El agua de lluvia se almacena, permitiendo la infiltración en forma lenta.

Por efecto de lo anterior impiden la velocidad del escurrimiento superficial y para regiones de escasa lluvia sirve como almacenamiento, porque acumula agua a lo largo de los surcos.

Disminuye la erosión laminar de los suelos.

Evita la formación de cárcavas, con pendiente.

Desventajas

Si no son bien dimensionados, el almacenamiento del agua puede romper el lomo del surco y el agua se escurre formando cárcavas.

Se recomienda esta práctica en terrenos hasta con 5% y cuando son mayores se debe diseñar acompañada con desviaciones.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CAPITULO V

5.1. PRACTICAS MECANICAS

La topografía accidentada de la serranía ecuatoriana y el régimen de lluvias, favorecen la escorrentía que es responsable de la mayoría de los fenómenos erosivos. En algunos suelos no se realiza la infiltración (cangahua) porque la topografía no lo permite, así como existe el peligro de derrumbes, por lo que es necesario evacuar la escorrentía de los cultivos para conducirla hacia lugares seguros que son los causes naturales.

A continuación se indican algunas formas de evacuación de aguas, así como algunos criterios para seleccionar, diseñar y trazar acequias de laderas, canales, desviaciones, caminos de agua, bordes de campo y obras complementarias como gaviones, muros,empalizadas, saltos que son necesarios para la protección de cultivos, cauces, vías, viviendas, contra la fuerza de las crecidas por las aguas lluvias.

5.1.1. Canales de Desviación

Cortan el flujo del agua proveniente de la parte superior de los campos cultivados, conduciéndolas a sitios seguros y protegidos denominados caminos de agua, en los cuales no existe riesgo de erosión, la desviación es una sección trapezoidal o en forma de "V" diseñada para conducir un volumen de agua proveniente de una precipitación, la velocidad del agua en la desviación se disminuye con una baja pendiente y sembrando pasto a lo largo y ancho de la misma.

Su construcción puede ser realizada con tractor y herramienta manual, yunta de bueyes.

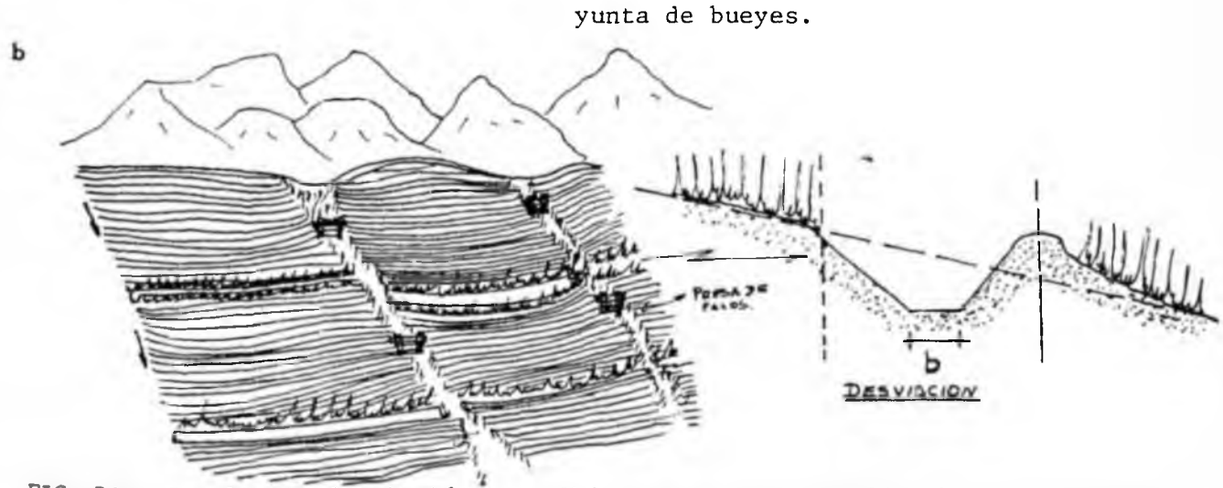


FIG. 54. Canales de desviación: a. Abierto en Santa Catalina b. Forma General

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Los pasos sucesivos para su ubicación, replanteo, diseño y construcción son de la forma siguiente:

A. Pendiente del área previamente seleccionada para el trabajo se determina la pendiente en el campo realizándolo en sentido horizontal y en número mayor a tres para promediar.

FIG. 55. Determinación de la pendiente en una faja.

Ej: $\%P_R = \frac{35+28+40+34+24+35}{6} = 33\%$

B. Se cálcula el espaciamiento entre desviaciones

B.1. Intervalo vertical.

Esto esta en función de la pendiente, la precipitación y la sección de la desviación. Para ello se utiliza la fórmula siguiente:

$$IV = (2 + \frac{P}{3 \text{ ó } 4}) \cdot 0.305$$

$$IV = (2 + \frac{33.0}{3}) \cdot 0.305$$

$$IV = 3.97 \text{ m}$$

DONDE:

IV = intervalo vertical (m)

P = pendiente del terreno (%)

3 = factor cuando la precipitación anual es $<$ 1.200 mm

4 = factor cuando la precipitación anual es $>$ 1.200 mm

0.305 = factor de conversión de pies a metros.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

De acuerdo al mapa de isoyectos para el año 1985 (INERHI) la precipitación para Tungurahua es $<$ 1.200 mm.

B.2. Intervalo Horizontal

Para hallar este valor se utiliza la fórmula siguiente:

$$IH = \left(\frac{IV}{P} \cdot 100\right) f$$

Ejemplo

$$IH = \left(\frac{3.97}{33} \cdot 100\right) 4$$

$$IH = 48 \text{ m}$$

DONDE:

IH = intervalo horizontal entre desviaciones (m)

IV = intervalo vertical (m)

P = pendiente del terreno (%)

f = factor campesino para las condiciones de la Sierra ecuatoriana.

El factor campesino (f) , se lo introdujo debido a que el agricultor de la Sierra ecuatoriana prefiere espaciamientos mayores a los determinados por la fórmula IH, aduciendo que se divide en forma exagerada su terreno. En vista de ello se han ensayado factores (f) partiendo desde 1 a 5, siendo más aceptado entre los agricultores el factor 4.

En la tabla 1, se dan espaciamienos verticales y horizontales para reemplantear desviaciones según el porcentaje de pendiente para precipitaciones $<$ y $>$ a 1.200 mm anuales.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

I N I A P

Conservación y Manejo de Suelos y Aguas

ESPACIAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES PARA REPLANTEAR DESVIACIONES EN TERRENOS DE LADERA SEGUN EL PORCENTAJE DE PENDIENTE 1/

Estación Experimental Santa Catalina 1986

J.A. Solano de la Sala T.*

Para Zonas donde la Precipitación es Menor a 1200 mm/año						Para Zonas donde la Precipitación es Mayor a 1.200 mm/año					
IV (m)	I. Horizontal con Factor (6)					I V	I. Horizontal con Factor (6)				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
0.8133	40.67	81.33	122,00	162,67	203,33	0.7625	38.13	76.25	114,38	152.50	190.63
1.9150	30.50	61.00	91.50	122,00	152,50	0.8388	27.96	55,92	83,88	111,83	139.79
1.0167	25.42	50.83	76.25	101,67	127,08	0.9150	22.88	45.75	60.63	91.50	114.38
1.1183	22.37	44.73	67.10	89.47	111.83	0.9913	19.83	39.65	59.48	79.30	99.13
1.2200	20.33	40,67	61.00	81.33	101,67	1.0675	17.79	35.58	53.38	71.17	88.96
1.3217	18:88	37,76	56,64	75,52	94.40	1.1438	16.34	32.68	49.02	65,36	81,70
1.4233	17.79	35.58	53,38	71.17	88.96	1.2200	15,25	30,50	45,75	61,00	76,25
1.5250	16.94	33.89	50.83	67,78	84.72	1.2963	14.40	28.81	43,21	57,61	72,01
1.6267	16.27	32,53	48,80	65,07	81;33	1.3725	13.73	27.45	41.18	54.90	68,63
1.7285	15,71	31,42	47,14	62,85	78,56	1.4488	13.17	26,34	39,51	52,68	65,85
1,8300	15.25	30.50	45,75	61,00	76,25	1.5250	12,71	25,42	38,13	50,83	63,54
1,9317	14,86	29;72	44,58	59,44	74,29	1.6013	12,32	24,63	39,65	49,27	61,59
2.0333	14;52	29.05	43,57	58,10	72,62	1.6775	11.98	23.96	35.95	47,93	59.91
2.1350	14:23	28,47	42,70	56,93	71,17	1.7538	11.69	23.38	35,08	46.77	58,46
2.2367	13:98	27.96	41.94	55,92	69.90	1.8300	11.44	22,88	34,31	45,75	57,19
2.3383	13.75	27.51	41,26	55,02	68,77	1.9063	11.21	22.43	33.64	44.85	56,07
2.4400	13,56	27,11	40,67	54,22	67,78	1.9825	11,01	22,03	33,04	44,06	55,07
2.5417	13,38	26,75	40,13	53,51	66,89	2.0588	10,84	21,67	32,51	43,34	54,18
2.6433	13,22	26,43	39,65	52,87	66,08	2.1350	10,68	21,35	32,03	42,70	53,38
2.7450	13.07	26,14	39,21	52,20	65,36	2,2113	10,53	21,06	31,59	42,12	52,65
2.8567	12.94	25,88	38,82	51,76	64,70	2,2875	10,40	20,80	31,19	41,59	51,99
2.9483	12.82	25.64	38.46	51.28	64.09	2.3638	10.28	20.55	30.83	41.11	51.39
3.0500	12,71	25,42	38,13	50,83	63,59	2,5163	10,07	20,33	30,50	40,67	50,83
3.1517	12,61	25,21	37,82	50,43	63,03	2,5163	10,07	20,13	30,20	40,26	50,33
3.2533	12,51	25,03	37,54	50,05	62,56	2,5925	9,97	19.94	29,91	39,88	49,86
3.3550	12,43	24,85	37,28	49,70	62,13	2,6688	99,88	19,77	29,65	39,54	49,42
3.4567	12,35	24,69	37,04	49,38	61,73	2,7450	9,80	19,61	29,41	39,21	49,02
3.5583	12,27	24,54	36,81	49,08	61;35	2,8213	9,73	19.46	29,19	38,91	48,64
3.6600	12,20	24,40	36,60	48,80	61.00	2,8975	9,66	19,32	28,98	38,63	48,29
3.7617	12,13	24,27	36,40	48,54	60,67	2,9738	9,59	19,19	28,78	38,37	47,96
3.8633	12,07	24,15	36,22	48,29	60,36	3,0500	9,53	19,06	28,59	38,13	47,66
3.9650	12,02	24.03	36,04	48,06	60,08	3,1263	9,47	18,95	28,42	37,89	47,37
4,0667	11,96	23,92	35,88	47,84	59,80	3,2025	9,42	18,84	28,26	37,68	47,10
4,1683	11,91	23,82	35,73	47,64	59,55	3,2788	9,37	18,74	28,10	37,47	46,84
4,2700	11,86	23,72	35,58	47,44	59,31	3,3550	9.32	18,64	27,96	37,28	46,60
4.3717	11,82	23,63	35,45	47,26	59,08	3,4313	9,27	18,55	27,82	37,09	46,37
4,4733	11,77	23,54	35,32	47,09	58,86	3,5075	9,23	18,46	27,69	36,92	46,15
4,5750	11,73	23,46	35,19	46,92	58,65	3,5838	9,19	18,38	27,57	36,76	45,95
4,6767	11,69	23,38	35,08	46,77	58,46	3,6600	9,15	18,30	27,45	36,60	45,75
4,7783	11,65	23,31	34,96	46,62	58,27	3,7363	9,11	18,23	27,34	36,45	45,56
4,8800	11,62	23,24	34,86	46,48	58,10	3.8125	9,08	18,15	27,23	36,31	45,39
4.9817	11,59	23,17	34,76	46,34	57,93	3,8888	9,04	18,09	27,13	36,17	45,22
5,0833	11,55	23,11	34,66	46,21	57,77	3.9650	9,01	18,02	27,03	36,05	45,06
5,1850	11,52	23.04	34,57	46,09	57,61	4,0413	8,98	17,96	26,94	35,92	44,90

Agr. MSc . Física y Conservación de Suelos y Aguas. Técnico INIAP-COMSA

$V = (2 + \frac{P}{3 \text{ ó } 4})\ 0,305;$ $IH = (\frac{IV}{P} * 100)\ 6$ DONDE = P = % Pendiente

3 = Precipitación < 1.200 mm/año

4 = Precipitación > 1.200 mm/año

6 = Factor de espaciamiento campesino

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

C. Replanteo de la desviación

Se ubica a la desviación según el espaciamiento horizontal calculado, mediante la utilización del caballete rectagular o cualquier otro instrumento topográfico, indicados en el capítulo se replantea la desviación,marcando con estacas cada segmento, con la pendiente horizontal deseada.

Cuando se replantea con caballete los segmentos son de dos metros (ver fig 56a-b) con nivel de ingeniero o clinómetro. Los segmentos podrán ser de 10 m de longitud. Cada segmento replanteado debe ser anotado en un registro de nivelación. Un patrón de este registro se indica en el apéndice I.

D. Determinación del área de escurrimiento

Para determinar el área de escurrimiento, es necesario realizar una medición del área comprendida entre desviaciones replanteadas o entre el lindero y la primera desviación, esta medición se la debe realizar de tal manera que pueda ser graficada en un plano o mapa

Puede realizarse esta medición mediante el teodolito denominándose levantamiento planimétrico a estadía. Los datos que se toman con este procedimiento son ángulos horizontales, distancias verticales, ángulos verticales y rumbos. Los datos obtenidos se anotan en registros especiles como los que se indican en el apéndice 2 . Estos datos luego se procesan y se grafican en un plano donde van diseñándose el área medida o "levantada".

A continuación y mediante la utilización de métodos para calcular áreas como: Triangulación, o mediante la utilización de un planímetro polar, se determina el área de escurrimiento.

A continuación se indican algunas ecuaciones que según las figuras geométricas realizadas en el área de escurrimiento podrán servir para calcular el área.

D-1 Si son triángulos $A = \frac{b.h}{2}$

D-2 Si son trapecios $A = \frac{b+b'}{2} . h$

D-3 Si son rectángulos $A = b . h$

D-4 Si son cuadrados $A = l^2$

D-5 Caso de utilizar el planímetro polar

$$A = 100\ cm^2 \left(\frac{\text{Escala del mapa}}{100\ m^2}\right)^2 \quad \text{Lectura de planímetro}$$

$$A = m^2$$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

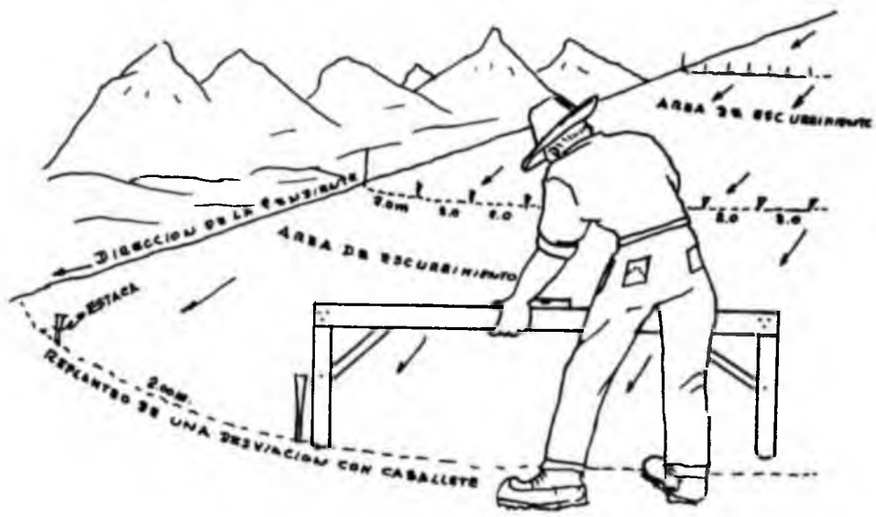


FIG. 56 a. Replanteo de desviaciones con caballete rectangular.

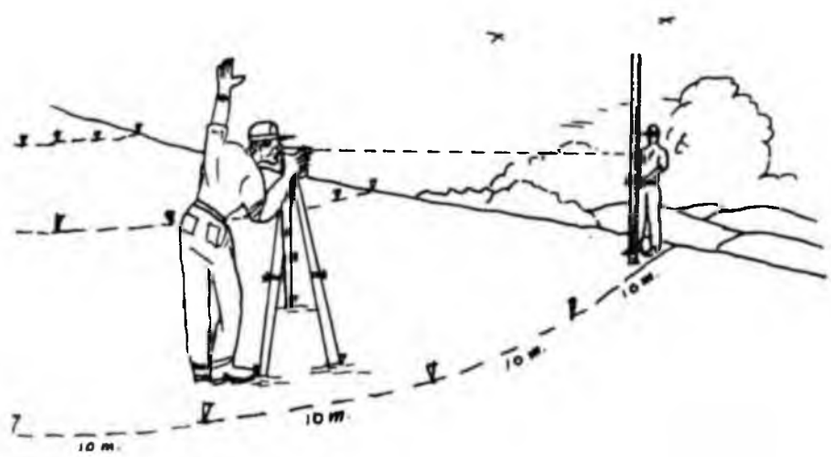


FIG. 56 b. Replanteo de desviaciones utilizando el nivel de ingeniero.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

D-6 Ecuación de semi perímetro $A = \sqrt{S(s-a)(s-x)(s-y)}$

DONDE:

b = base mayor (m)

n = altura (m)

b' = base menor (m)

l = lado del cuadrado

A = área $(m)^2$

S = semi perímetro $\frac{\sum \text{lados del triángulo}}{2}$

a-x-y = lados del triángulo incrito dentro del polígono

E. Cálculo del escurrimiento máximo

Sobre esta área y sobre todas las comprendidas entre las franjas así medidas, reciben la precipitación de agua de lluvia, la cual una parte se infiltrará y cuando la cantidad de agua de lluvia sea mayor a la infiltración, el exceso a escurrir por sobre la superficie del suelo, hasta desaguar en la desviación para luego ser transportada hacia afuera del campo del cultivo sin que produzca daño al mismo.

Para retener el volumen de agua escurrida de esta área, se requiere conocer el volumen máximo que ocurre en cada evento, entonces se produce el cálculo del escurrimiento máximo, utilizando el método racional modificado indicado en el numeral 3.4.3.2.1.

Los cálculos de los diferentes parámetros de la ecuación como son: coeficiente de escurrimiento, cantidad de lluvia en 24 horas, y área de escurrimiento, se indican en el capítulo VIII.

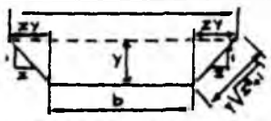
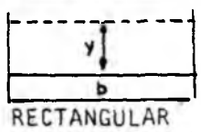
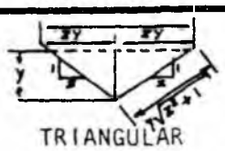
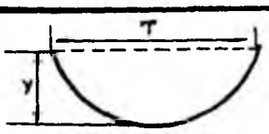
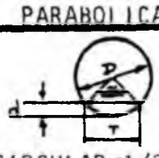
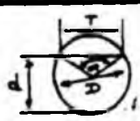
F. Cálculo de parámetros hidráulicos de la sección transversal de la desviación

Para la determinación de los parámetros se consideran los siguientes aspectos:

1. Sección de la desviación: La cual esta en función del equipo que se va a utilizar para su construcción si es con maquinaria agrícola (arado, cuchilla, rastra) es mejor seleccionar la forma triangular, si se va a utilizar herramienta manual, puede escogerse la trapezoidal o parabólica.

2. Notaciones y fórmulas para las secciones de canales. Un patrón de ellos se indican en la figura 57.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

SECCION	AREA a	PERIMETRO MOJADO p	RADIO HIDRAULICO r	ANCHO SUPERFICIAL T
 TRAPEZOIDAL	$bY + zY^2$	$b + 2Y\sqrt{z^2 + 1}$	$\frac{bY + zY^2}{b + 2Y\sqrt{z^2 + 1}}$	$b + 2\,zY$
 RECTANGULAR	bY	$b + 2\,Y$	$\frac{bY}{b + 2\,Y}$	b
 TRIANGULAR	zY^2	$2\,Y\sqrt{z^2 + 1}$	$\frac{zY^2}{2Y\sqrt{z^2 + 1}}$	$2\,zY$
 PARABOLICA	$\frac{2}{3}\,Y\,T$	$T + \frac{8\,Y^2}{3\,T}$	$\frac{2\,Y\,T^2}{3T^2 + 8Y^2}$	$\frac{3a}{2\,Y}$
 CIRCULAR<1/2 lleno 2/	$\frac{D^2}{8}\left(\frac{\pi\alpha}{480^\circ} - \text{SEN}\alpha\right)$	$\frac{\pi D\alpha}{360^\circ}$	$\frac{45\,D}{8}\left(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \text{SEN}\alpha\right)$	$D\,\text{sen}\,\frac{\alpha}{2}$ ó $2\sqrt{d\,(D-d)}$
 CIRCULAR>1/2 lleno 3/	$\frac{D^2}{8}\left(2\pi - \frac{\pi\alpha}{180^\circ} + \text{SEN}\alpha\right)$	$\frac{\pi\,D\,(360^\circ - \alpha)}{360^\circ}$	$\frac{45\,D}{\pi(360^\circ - \alpha)}\left(2\pi - \frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \text{SEN}\alpha\right)$	$D\,\text{SEN}\,\frac{\alpha}{2}$ ó $2\sqrt{d\,(D-d)}$

2/ y 3/ Alfa en grados

FIGURA:57 NOTACIONES Y FORMULAS PARA LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS CANALES

FUENTE: MANUAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA - 1977. Colegio de Post-graduados Chapingo-Méxic

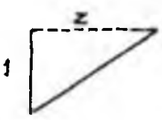
INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

3. Parámetros Impuestos

Entre estos estan la inclinaciones de taludes (1:Z).

El cual esta en función del suelo utilizándose valores de Z siguientes:

Suelos muy erodables tipo franco arenoso	1:2.0
Suelos medianamentes erodables franco arcillosos	1:1.5
Suelos poco erodables suelos arcillosos:	1:1.0



3.2 Coeficiente de rugosidad

Es importante considerarlo debido a que cuando se conduce agua en contacto con una superficie recta y sin rugosidades nada las altera y seguirán las venas líquidas rectas indefinidamente. Pero si hay alteración en el contacto con la vena líquida, ésta tendra aumentos y disminuciones trayendo como consecuencia cambios de velocidad y mientras mayor es la velocidad más fácil es la erosión y viciversa es decir que la rugosidad retarda el flujo. Además en obras de conservación de suelos una condicionante para retener la erosión y evitar daño de los taludes es manteniendo una cobertura vegetal adecuada, entonces se recomienda sembrar pasto o cualquier otro cultivo que cumpla con ese fin.

De acuerdo a lo indicado se han elaborado tablas como las indicadas en el cuadro 5 del literal(c) del cual se ha seleccionado el valor n = 0.033 como un coeficiente adecuado para condiciones de las desviaciones.

3.3 Plantilla de la desviación (b)

Se denomina al fondo o rasante de la canal desviatoria. En el caso de haber seleccionado la forma triangular, el valor b = 0; en caso de seleccionar la forma trapezoidal b = 0.50 m.

3.4 Pendiente longitudinal de la desviación

La selección de la pendiente longitudinal que se impondrá a la desviación esta en función del tipo de suelo, la textura y suceptibilidad a la erosión. Estas pendientes pueden ser:

Para suelos de tipo franco arenosos	2 0/00
Para suelos franco arcillosos	4 0/00
Para suelos arcillosos	6 0/00
Para suelos con cangahua	2 0/00

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Los valores porcentuales pueden ser expresados en m/m.
Ejemplo:

$$\frac{2\ 0/00}{1.000} = 0.002\ m/m$$

4. Parámetros calculados

Previa las consideraciones anteriores y seleccionada la forma y el caudal máximo de escorrentía que la desviación transporta se calculan los parámetros hidráulicos siguientes:

- Tirante o altura de la lámina de agua escurrida en un tiempo determinado (y)
- Area de la sección triangular transversal (A)
- Perímetro mojado la sección transversal (P)
- Ancho libre total de la sección transversal (T)

Para poder realizar los cálculos de los parámetros hidráulicos se utilizan las fórmulas indicadas en la figura 57 los mismos que al ser reemplazados en las ecuaciones de la velocidad dada por MANNING y de continuidad ya indicadas en el capítulo anterior, se desarrolla una nueva ecuación que resuelve (Q) escurrimiento máximo,cada vez que se hace variar el tirante de lamina de agua escurrida (Y), siendo esta ecuación la sigueinte:

$$\frac{C}{n} \cdot \frac{(ZY^2)^{5/3}}{(2Y\sqrt{Z^2+1})^{2/3}} \cdot \sqrt{S} - Q = 0$$

Al resolver esta ecuación por interacción se obtiene cada uno de los parámetros indicados.

En la tabla 2 se indican valores resueltos por esta ecuación de la sección transversal triangular para canales de desviación en ladera cuando se conoce el caudal máximo escurrido. (Q), y los parámetros : c, n, z, s, b, Q impuestos.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

TABLA 2. VALORES DE LA SECCION TRANSVERSAL TRIANGULAR DE CANALES DE DESVIACION EN LADERA CONOCIDO EL CAUDAL DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL. 1/

PARAMETROS CONOCIDOS

Condiciones de otros parámetros que debe tener la desviación

Coeficiente de MANNING	(c) = 1.00
Rugosidad de las paredes de la desviación según HORTON	(n) = 0.033
Inclinación de los taludes de la desviación	(z) = 2.00 m
Pendiente longitudinal de la desviación	(s) = 0.002 m/m (2 0/00)
Plantilla o base rasante de la desviación	(b) = 0
Escurrimiento máximo.	(Q) = indicados en las 2 primeras columnas

CAUDAL ESCURRIMIENTO Q (Lts/seg)	Q m^3/seg	TIRANTE Y (m)	ANCHO DE LA DESVIAC. T (m)	AREA DE LA SECCION A (m^2)	PERIMENTRO MOJADO DE LA SECCION P (m)	FORMA TRIANGULAR
10	0.01	0.31	1.24	0.06	1.39	"V"
20	0.02	0.36	1.46	0.09	1.63	"
30	0.03	0.40	1.60	0.13	1.79	"
40	0.04	0.43	1.71	0.16	1.91	"
50	0.05	0.45	1.80	0.18	2.01	"
60	0.06	0.47	1.88	0.21	2.10	"
70	0.07	0.49	1.95	0.23	2.18	"
80	0.08	0.50	2.00	0.25	2.25	"
90	0.09	0.52	2.06	0.27	2.31	"
100	0.10	0.53	2.11	0.30	2.36	"
120	0.12	0.55	2.21	0.34	2.47	"
140	0.14	0.57	2.28	0.37	2.55	"
160	0.16	0.59	2.36	0.41	2.63	"
180	0.18	0.61	2.42	0.44	2.71	"
200	0.20	0.62	2.48	0.48	2.77	"
250	0.25	0.65	2.61	0.56	2.92	"
300	0.30	0.68	2.72	0.63	3.05	"
350	0.35	0.71	2.82	0.70	3.16	"
400	0.40	0.73	2.91	0.77	3.25	"
450	0.45	0.75	2.99	0.84	3.34	"
500	0.50	0.77	3.07	0.90	3.43	"
600	0.60	0.80	3.20	1.02	3 57	"
700	0.70	0.83	3.31	1.14	3.70	"
800	0.80	0.85	3.42	1.25	3.82	"
900	0.90	0.88	3.51	1.35	3.92	"
1000	1.00	0.90	3.60	1.45	4.02	"

1/ Parámetros hidráulicos obtenidos según la ecuación $\frac{C}{n} \cdot \frac{(2Y^2)^{5/3}}{(2Y\sqrt{Z^2+1})^{2/3}} \cdot \sqrt{S} - Q = 0$

Resuelta por interacción finita. Centro Internacional de Riegos. UTAH State University 1984.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

a

b.

e

c

f

FIG. 58. Vistas parcial y general de desviaciones: a, b, c pertenecientes a Santa Catalina. d, e, f. pertenecen a microcuenca del Río Zamora. Provincia del Cotopaxi.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

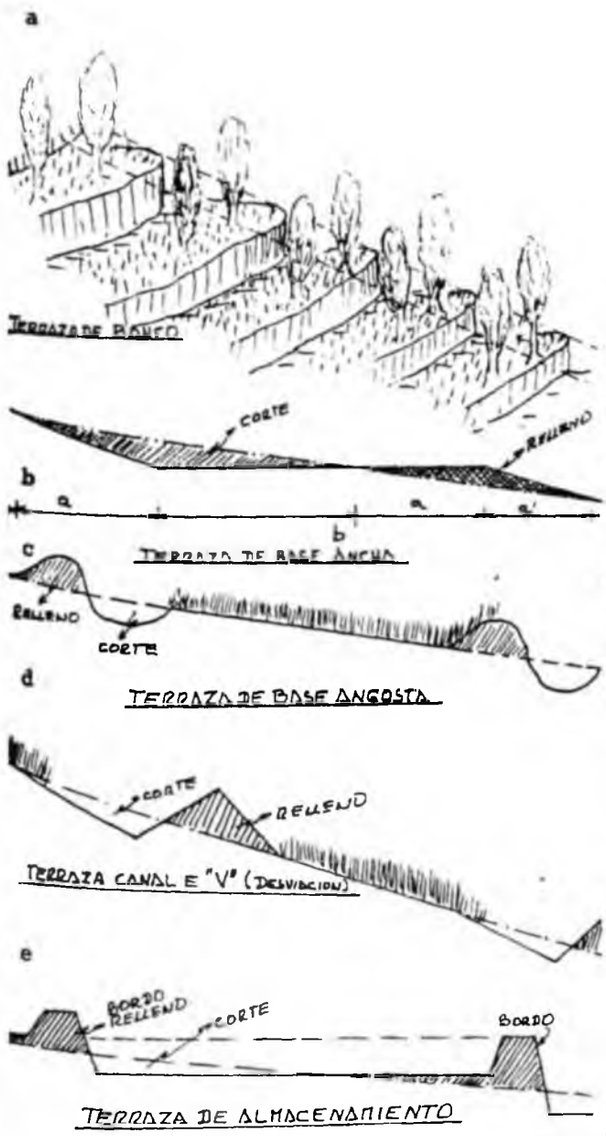


FIG. 59. Diferentes tipo de terrazas.

FIG. 60. Formación de cárcava.

5.1.2. Terrazas

Son terraplenes formados entre los bordos de tierra construidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno.

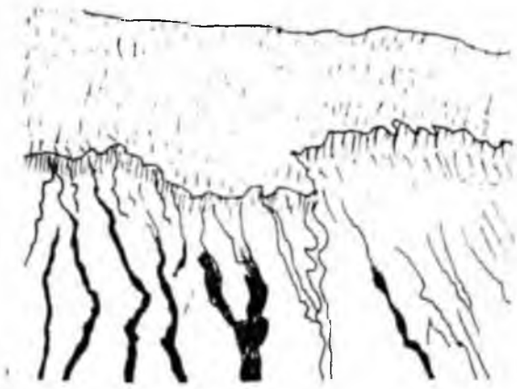
Objetivos

- Reducen la erosión del suelo.
- Aumentan la infiltración del agua en el suelo para que pueda ser utizada por los cultivos.
- Disminuye el volumen de escurrimiento que llega a cultivos y construcciones.
- Desaloja las excedencias de agua superficial a velocidad no erosiva.
- Reduce el contenido del suelo en suspensión de las aguas de escorrentía.
- Mejora la superficie del terreno recuperándolo para labores agrícolas.

5.1.3. Formación de Cárcavas

- Una cárcava es producida por socavación repetida sobre el terreno debido a las crecentadas incontroladas del escurrimiento superficial.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



- Las cárcavas indican un grado avanzado de erosión ya que éstas se inician después que una gran parte del suelo superficial ha sido arrastrado.

- Existen algunas formas de cárcavas según la sección transversal que presente, y cada una es característica del tipo, compactación y profundidad del suelo.

  Los tipos de cárcavas son: en "U", en "V" y en OVAL.

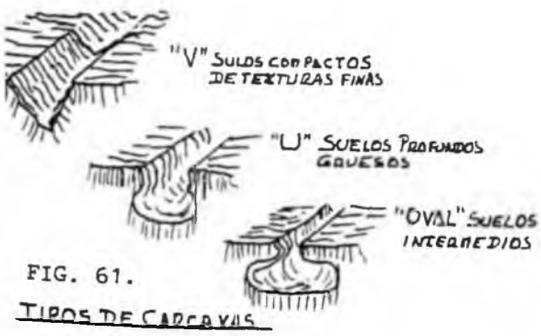


FIG. 61.
TIPOS DE CARCAVAS

Los suelos de la Sierra Ecuatoriana son francos y de textura gruesa, el tipo de cárcava más característica es en forma de "U", favoreciendo más los derrumbes de los taludes, produciendo cortes verticales.

La erosión en "V" es característica de terrenos de textura fina y compacta o duros como las "cangahuas".

5.1.3.1. CAUSAN QUE ORIGINAN LA FORMACION DE CARCAVAS

El punto de partida para el origen de una cárcava es la concentración del agua de escorrentía superficial debido a las siguientes causas.

- Las lluvias fuertes que caen sobre los suelos desnudos sin cubierta vegetal.

- La concentración de las aguas de lluvia en las depresiones naturales.

- Por descuido y falta de protección en los caminos de herradura, a través de la pendiente. Estos caminos se transforman en canales por los que escurre gran cantidad de agua de lluvia.

- Las rupturas de surcos, terrazas, por exceso de agua que al no poder retener, rompe los bordes de contención y circula por la pendiente.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

- Por desbordamiento o ruptura de un canal.
- Por el cambio brusco de la cubierta vegetal. Ej. un cultivo de pasto es arado para sembrar papa)
- Los pasos de ganado y pasos de vehículos.

5.1.3.2. DAÑOS OCASIONADOS POR LAS CARCAVAS

Las cárcavas ocasionan grandes perjuicios y son proporcionales al tamaño y profundidad de ellas, llegando a inutilizar áreas enteras que estuvieron dedicadas al cultivo y pastoreo. Se mencionan entre otros algunos daños.

- Arrastre de suelo fértil y con ello los fertilizantes de las plantas.
- Asolva o sedimenta, canales de riego, cauces de ríos, obligando a desalojar la tierra acumulada.
- Disminuye la productividad de terrenos afectados.
- Hace difícil el cruce de caminos por vehículos, maquinaria y animales.

5.1.3.3. CONTROL DE CARCAVAS

Los objetivos que se plantean en el control de cárcavas son:

- Prevenir y detener la erosión remontante para evitar que la cárcava crezca aguas arriba lo que se denomina cabeceo.
- Disminuir la erosión de taludes y del fondo de la cárcava.
- Procurar el relleno y estabilización final para utilizarlas para el cultivo.

5.1.3.4. ESTRUCTURAS PARA EL CONTROL EN EL CAUCE DE LA CARCAVA:

a. <u>Temporales</u>: De 2 á 5 años

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

5.1.3.4.1. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PRESAS DE CONTROL DE AZOLVE.

- La altura comprendida entre el fondo de la cárcava a la cresta del vertedor no debe exceder del 1.50

- La altura de la presa no solo incluye sobre el espaciamiento entre estructuras, sino también en el volumen de sedimentos retenidos, ya que el volumen de sedimento retenido varia con el cuadrado de la altura.

  Ejemplo: Una presa de 1.0 m de alto retiene 10 veces mas sedimento.

- Para determinar la altura de la presa hay que considerar el costo que puede tener su sección

- En las presas permanentes la altura efectiva puede ser hasta 5 m.

5.1.3.4.2. ESPACIAMIENTO DE LAS PRESAS

Es espaciamiento entre dos o mas presar depende de la pendiente de los sedimentos, depositados, de la altura efectiva del sedimento y del tratamiento de la cárcava.

Consideraciones para calcular espaciamientos

- Eficiencia de construcción donde termina el sedimento construir la próxima. Es lo llamado espaciamiento unitario cabeza-pie.

- No es posible predecir el volumen de azolve que acarrean los volúmenes de agua.

- Los costos de material y construcción son elevados en un proyecto de conservación de suelos.

5 1.3.4.3. Fórmulas utilizadas para espaciamientos unitarios

$$E = \frac{H}{Pe-Ps} \cdot 100$$

DONDE:

E = distancia entre dos presas consecutivas cabeza-pie

H = altura efectiva de la presa (m)

Pe = pendiente de la cárcava (%)

Ps = pendiente de sedimento (%)

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Según los sedimentos es la inclinación de estos, así puede ser del 2% para arenas gruesas mezcladas con grava, 1% para sedimentos de textura medias (Francos) y 0.5 para sedimentos finos, limosos o arcillosos.

En el anexo 2 se dan los resultados de la resolución de esta fórmula para diferentes pendientes de los sedimentos de la cárcava y altura de la presa.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

5.1.3.4.4. Tipos de Presas.

A-1. Presa de Ramas acomodadas.

Se emplea en cárcavas pequeñas, su uso es en lugares donde exista abundancia de arbustos y ramas.

A-2. Presas de Palos horizontales y verticales acomodados

Son más comunes en el control de cárcavas y se usa donde es posible conseguir palos. La altura de las presas no debe ser mayor de 1.50 m se usa para cárcavas pequeñas, su construcción en sencilla y consiste en colocar palos de 20 cm de diámetro por 2 m de largo, ubicándolos en forma transversal en unos casos, de acuerdo a la forma de la cárcava, asegurándolos al talud y a palos clavados en el suelo, dejando en la parte más profunda y superior de la presa una escotadura para que descarge el agua. (Ver Fig. 62).

Las presas de palos acomodados verticales se sigue el mismo procedimiento de construcción según puede observarse en la misma figura 62-c,d,e.

Gaviones de sacos de yute con tierra son de amplio uso para zanjas y cárcavas amplias y poco profundas y consiste en hacer una escabación de acuerdo a los cuerpos (sacos de yute con tierra) y disponerlo en forma tal que existan travas entre los sacos. En la última fila acomodada se debe dejar una escotadura central que sirva como vertedor del agua de escurrimiento según se puede observar en la fig. 62-f.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

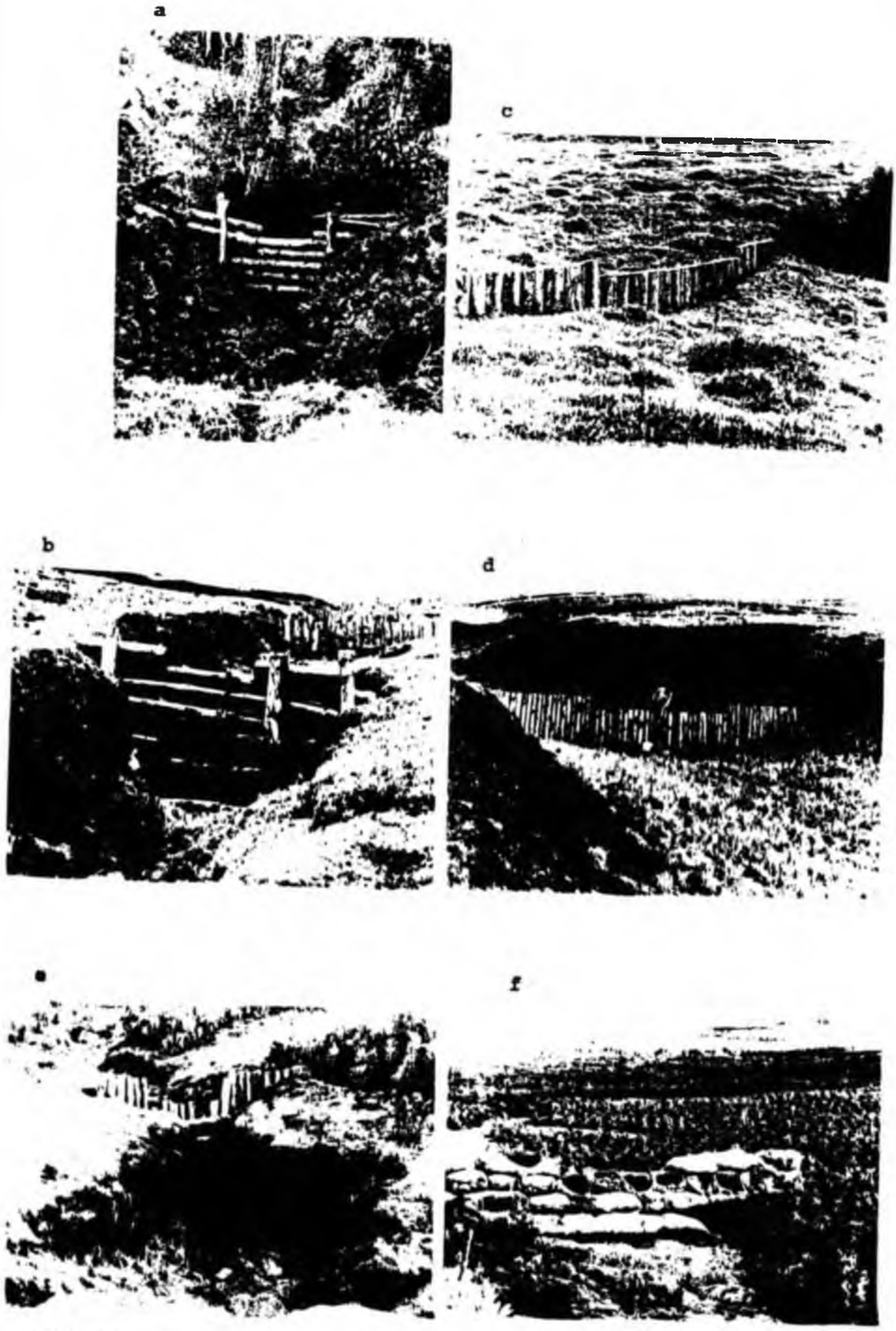


FIG. 62. Presas de palos acomodados: a-b en forma horizontal, c-d-e en forma vertical y f- de sacos de yute con tierra.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

A.3. DISEÑO DE GAVIONES CON MALLA

PARA CONSTRUIRSE EN EL LOTE DEMOSTRATIVO SAN ANTONIO GRANDE

EESC - 198

OBJETIVOS GENERALES:

1.- Familiarizarse en la construcción de Presas de Gaviones.
2.- Adiestrarse con el cálculo y diseño de las obras.
3.- Demostrar la importancia del uso de Gaviones en la corrección de cauces.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.1 Disminuye la pendiente del cauce y velocidad del flujo del agua.

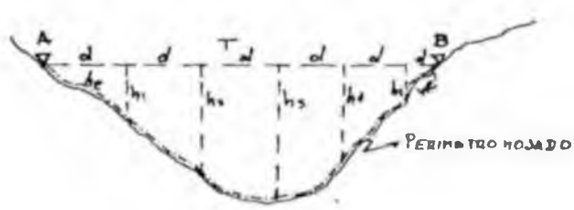
3.2 Reducen y estabilizan el gasto sólido del torrente contribuyendo a estabilizar y consolidar las laderas de los ríos.

3.3 La estabilización de laderas trae como consecuencia la regeneración de la vegetación nativa y ayuda a la estabilización de vegetación introducida, logrando una cobertura vegetal consistente.

METODOS:

1. LOCALIZACION DE BOQUILLAS en sitios estratégicos, esto es que sea la parte mas estrecha y que ofrezca seguridad para anclar los estribos de la obra y que el tramo sea lo mas recto posible.

2. LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES transversales en el sitio determinado (área hidraúlica).



Donde: A.B = Huella máxima
T = Ancho total
he-he' = Alturas extremas
h_i = Alturas intermedias

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

2.1 Se puede realizar dividiendo en varios segmentos iguales (d) de 0,5 - 1,0 m y nivelándolas con nivel de ingeniero.

2.2 Se determina el desnivel máximo y se saca la altura (h) de la pantalla.

2.3 Los datos de cada sección se grafican en un papel milimetrado y con un planímetro, o con la ecuación de Simpson* o de las siguientes ecuaciones se saca el área.

$$\boxed{A = d\ (\Sigma\ hi)}$$ Cuando las secciones tienen forma de

Donde: A = Area en m^2

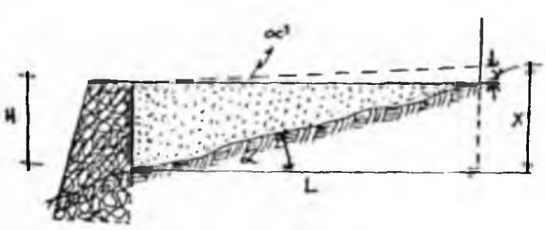
hi = A turas intermedias

$$\boxed{A = d\left(\frac{he}{2} + \Sigma\ hi + \frac{he'}{2}\right)}$$ Cuando la sección tiene forma de

* SIMPSON $$\boxed{A = \frac{1}{3}\ hi\ (he + he') + 4\ (h1 + h3 + \ldots hn-1) + 2\ (h2 + h4 + \ldots hr}$$

2.4 Con una cinta métrica se mide el perímetro mojado tomando en cuenta las huellas máximas dejadas por escorrentías o avenidas.

3. CALCULO DEL ESPACIAMIENTO Y ALTURA DE LA PRESA



tgaα= Pendiente del terreno

tgaα= Pendiente de los sedimentos

H = Altura del dique

L = Longitud de espaciamiento c aferramiento

X-Y = Pendiente (%)

Entonces $$\boxed{H = L\ (tg\alpha - tg\alpha')}$$ 1/

$$\boxed{H = \frac{L\ (X-Y)}{100}}$$

X = Pc = Pendiente del cauce

Y = Ps = Pendiente de los sediment (1-2%)

$$\boxed{L = \frac{H}{(X-Y)} \times 100}$$

Luis Rasuri Ramíres (1982) Estructuras de conservación de suelos y ag CIDIAT 123 pp. Venezuela.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Ej: Para un $L = 52$ m y $X = 6\%$

$$H = \frac{52\ (6-1)}{100} = 2.60m \simeq 2.70\ m.$$

Ej: Para un $H = 2,60$

$$L = \frac{2.60}{(6-1)} \times 100 = 52m$$

Ej: Se puede utilizar también $\boxed{L = \frac{H}{J-j}}$; $\boxed{H = L\ (J-j)}$ 2/

Para: $J = 6\% = 0.06\ m/m$

$j = 1\% = 0.01\ m/m$

$H = 52\ (0.06-0.01)$

$H = 2.60\ m$

$$L = \frac{2.60}{(0.06-0.01)} = 52m$$

Donde: L = Espaciamiento (m)

H = Altura de la presa (m)

J = Pendiente del cauce

j = Pendientes de sedimentos

4. CALCULO DEL GASTO MAXIMO DE LA HUELLA: Se utiliza la ecuación de continuidad.

$$\boxed{Q = A \times V}$$

Entonces $\boxed{Q = \frac{A}{n} \cdot R^{2/3}\ .\ S^{1/2}}$

Donde: Q = Gasto máximo m^3/seg

A = Area de la sección transversal para formas "V" o "U"

$Av = d\ (\Sigma\ hi)$

$Au = d\left(\frac{he}{2} + \Sigma\ hi + \frac{he'}{2}\right)$

$$Q = \frac{[d\ (\Sigma\ hi)]}{n} \times [\frac{1}{n} R^{2/3} \times S^{1/2}]$$

Pero: $R = \frac{Av}{Pm}$

Pm = Se lo midió con cinta en la huella máxima o con curvímetro

Pc = Pendiente del cauce = S en $^m/_m$

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.03-0.05)

Entonces:

$$\boxed{Q = [\frac{d\ (\Sigma\ hi)}{n}] \times [\left(\frac{Av}{Pm}\right)^{2/3} \left(Pc\right)^{1/2}]} = m^3/seg$$

legio de Postgrado de Chapingo (1982) Apuntes de clase de Conservación Suelos y Aguas

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

1. $Au = [\, d\left(\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he}{2}\right)]$

2. $Q = A \times V^{*}$

$$Q = [\, d\left(\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he'}{2}\right)] \times [\, \frac{1}{n}\left(\frac{Au}{Pm}\right)^{0.666} \times S^{0.5}]$$

REMPLAZANDO

$$Q = [\, 0.5\left(\frac{0.75}{2} + 0.50 + 0.45 + \frac{0.75}{2}\right)] \times [\frac{1}{0.03}\left(\frac{0.86}{2.20}\right)^{0.666} \times (0.06$$

$$Q = [\, 0.5\ (\ 0.38 + 0.50 + 0.45 + 0.38\ )\ ] \times \ldots\ldots$$

$$Q = [\, 0.86] \quad [\, 33{,}33\ \frac{0\ 86}{2.20}^{0.666} \times (0.06)^{0.5}\,]$$

$$Q = 0.86 \times [\, 33{,}33 \times 0.53 \times 0\ 24\ ]$$

$$Q = \underline{3.72}\ m^3/seg$$

*Pero $V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2}$; y; $R = \frac{A}{Pm}$

5. CALCULO DE LA ALTURA DEL VERTEDOR (hv).

$$\boxed{hv = \sqrt[3]{\frac{(q_o)^2}{g}}}$$

Donde: q_o = Gasto por unidad de longitud del e tedor L

g = Aceleración de la gravedad= 9.81 m/seg^2

Pero: $\boxed{q_o = \frac{Q}{dv}}$ L

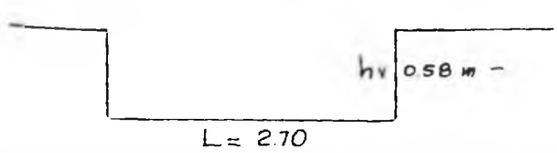
Donde: Q = Gasto M^3/seg

dv = Longitud vertedor impuesta = L

$$q_o = \frac{3.72}{2.70} =$$

$$q_o = 1.37$$

$$hv = \sqrt[3]{\frac{(1.37)^2}{9.81}} = \left(\frac{(1.37)^2}{9.81}\right)^{1/3} = \underline{0.58\ m}$$



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

6. DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE LA MAMPOSTERIA HIDRAULICA PARA EL GAVION DE PIEDRA CON MORTERO Y MALLA PARA S. ANTONIO EESC.

Datos: D_H - Distancia entre gaviones = 52 m

S_0 = Pendiente del terreno = 6% = 0 06 m/m

S_1 = Pendiente de sedimentos - 1% = 0.01 m/m

F = Profundidad de anclaje de la obra = 0.80 m

6.1 Entonces: ALTURA DE LA PRESA (H)

$$\boxed{H = \frac{2C + F}{1-(0.7 \times S_1 m/m)}}$$

V = m/seg
g = $^m/seg^2$

Pero:

$$C = \frac{D_H}{2}\left(\frac{S_0 - S_1}{100}\right) = \frac{52}{2}\left(\frac{6 - 1}{100}\right)$$

$$C = \underline{\underline{1.30\ m}}$$

Luego: $$\boxed{H = \frac{2\left[\frac{DH}{2}\left(\frac{S_0 - S_1}{100}\right)\right] + F}{1 - (0.7 \times S_1)}}$$

$$H = \frac{2\left[\frac{52}{2}\cdot\left(\frac{6-1}{100}\right)\right] + 0.80}{1 - (0.7 \times 0.01)} = \frac{2.88}{0.993}$$

$$H = \frac{2.88}{0.993} = \underline{\underline{3.40\ m}}$$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

6.2 ANCHO DE LA BASE (B)

$$\boxed{B = 0.7 \times H}$$

$$B = 0.7 \times 3{,}40$$

$$B = \underline{2.38\ m}$$

6.3 Ancho de la Corona (b)

$$\boxed{b = B - X}$$

Pero:

$$\boxed{X = (c + m)\ tg\alpha}\ ;\ (1.30 + 0.143)\,tg\ 2\ 70 = \underline{0.045}\ m$$

Pero:

$$\boxed{m = B \times S_0}\ ,\ 2.38 \times 0.06 = \underline{0.143}\ m$$

Entonces:

$$b = B - [\ (\ c+m\ )\ tg\alpha\ ]$$

$$\boxed{b = B - [\ C + (B \times S_0)\,tg\alpha\ ]}$$

$6\% = 2.7^\circ = \alpha$;

$tg\ 2.7^\circ = \underline{0.0}$

$$b = 2.38 - [\ 1.30 + (2.38 \times 0.05)\ 0.047$$

$$b = 2.03 - 1.04$$

$$\underline{b = 1.07}\ m \sim \underline{1.00}\ m$$

7. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA:

7.1 Cálculo del centro de gravedad de la presa. (Anexo 1)

7.2 Determinación de las fuerzas que actúan sobre la sección crítica Unitaria (SCU).

7.2.1 Cálculo de la línea de acción del peso de la obra, cuyo objeto es determinar los momentos críticos con respecto a un punto considerado. (Anexo 2)

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

7.1 CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PRESA

L (m^3)	$\bar{X}$ (m)	$\bar{Y}$ (m)	$\bar{Z}$ (m)	$VOL_i\bar{X}$ (m^4)	$VOL_i\bar{Y}$ (m^4)	
5 = 1.50	$\frac{1.50}{2}$ = 0.75	1+1+1+0.25 = 3.25	$\frac{1.0}{2}$ = 0.50	1.50x0.75 = 1.13	1.50x3.25 = 4 88	1
5 = 3.85	$\frac{4}{2}$+2.70+3 = 7.70	1+1+1+0.25 = 3.25	$\frac{1.0}{2}$ = 0.50	3.85x7.70 = 29.65	3.85x3.25 = 12.51	3
0 = 16.00	$\frac{8}{2}$ + 0.60 = 4.60	1+1+0.50 = 2.50	$\frac{2}{2}$ = 1.00	16.0 x4.6 = 73.60	16.0x2.50 = 40.00	16
0 = 18.00	$\frac{6}{2}$ + 1.80 = 4.80	1+0.50 = 1.50	$\frac{3}{2}$ = 1.50	18.0 x4.8 = 86.40	18.0x1.50 = 27.00	18
1 - 12.00	$\frac{3}{2}$ + 2.90 = 4 40	0.50 = 0.50	$\frac{4}{2}$ = 2.00	12.0 x4.4 = 52.80	12 0x0 50 - 6.00	12
nte=51.35				243.58	90.39	

$$\frac{\sum V\bar{X}}{V} = \frac{243.58}{51\ 35} = 4.74$$

$$\frac{\sum V\bar{Y}}{V} = \frac{90.39}{51.35} = 1.76$$

$$\frac{\sum V\bar{Z}}{V} = \frac{69.68}{51.35} = 1.36$$

: <u>Volumen real de la obra:</u> Se considera que $^{c}/M^3$ de obra hay vacíos por lo que hay que encontrar un c abundamiento, generalmente es: <u>0.5</u>

: 51.35 x 0.5 = <u>25.68</u> m^3 de vacíos

LUEGO: 51.35 + 25.68 = <u>77.03</u> m^3 volumen real

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

ANEXO 2

7.2.1 CALCULO DE LA LINEA DE ACCION DEL PESO DE LA OBRA, CUYO OBJETO ES DETERMINAR LOS MOMENTOS CRITICOS CON RESPECTO A UN PUNTO CONSIDERADO

00	VOL (m^3)	$\overline{X}$ (m)	$\overline{Y}$ (m)	$\overline{Z}$ (m)	$V\overline{X}$ (m^4)	$V\overline{Y}$ (m^4)	$V\overline{Z}$ (m^4)
.	—	—	—	—	—	—	—
R	—	—	—	—	—	—	—
2	2 x 1 x 1 = 2.00	1.0	1.70	$\frac{2}{2}$ = 1.0	2 x 1.0 = 2.0	2 x 1.70 = 3.40	2 x 1 = 2.
1	3 x 1 x 1 = 3.00	1.0	0.70	$\frac{3}{2}$ = 1.50	3 x 1.0 = 3.0	3 x 0.70 = 2.10	3 x 1.5 = 4.
0	4 x 1 x 0.2 = 0.80	1.0	0.10	$\frac{4}{2}$ = 2.00	0.8x 1.0 = 0.8	0.8 x 0.10 = 0.08	0.8 x 2.0 = 1.
Σ	5.80				5.80	5.58	8.

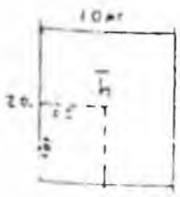
a. $\overline{X}p = \frac{\Sigma V\overline{X}}{V} = \frac{5.80}{5.80} = 1.0$

b. $\overline{Y}p = \frac{\Sigma V\overline{Y}}{V} = \frac{5.58}{5.80} = 0.96$

c. $\overline{Z}p = \frac{\Sigma V\overline{Z}}{V} = \frac{8.10}{5.80} = 1.40$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

7.2.2 Cálculo de la superficie de mojado (S)



$$S = H_M \times 1.0$$

Donde: H = Altura total de la presa

$$S = 2.02 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$$

$$S = \underline{\underline{2.02}} \text{ m}^2$$

$$H_M = H - (hv+F)$$

Donde: hv = Altura del vertedor

F = Anclaje de obra

$$H_M = 3.40 - (0.58 + 0.80)$$

$$H_M = \underline{\underline{2.02}} \text{ m}$$

7.2.3 Cálculo del centro de gravedad de la superficie de mojado ($\bar{h}$)

$$\bar{h} = \frac{H_M}{2}$$

$$\bar{h} = \frac{2.02 \text{ m}}{2}$$

$$\bar{h} = \underline{\underline{1.01}} \text{ m}$$

7.2.4 Cálculo del empuje hidrostático del agua con sedimentos (E) = Ton.

$$E = \frac{1}{2} \cdot W \cdot H_M^2$$

Donde: W = Peso específico del agua con sedimentos = 1.200 Kg/M^3

$$E = \frac{1}{2} \times 1{,}200 \times (2.02)^2$$

$$E = \underline{\underline{2.448}},24 \text{ Kg}$$

$$E = \frac{2.448,24}{1000} = \underline{\underline{2.45}} \text{ Ton}$$

7.2.5 Altura del empuje hidrostático (Y')

$$Y' = \frac{1}{3} \cdot H_M$$

$$Y' = \frac{2.02}{3}$$

$$Y' = \underline{\underline{0.67}}$$

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

7.2.6 Cálculo del peso de la sección crítica unitaria (P) = Ton

$$P = V \cdot \delta$$

Donde: V = Volumen unitario del tendido (Ton) ✓

δ = Peso específico del material = 2,400 Kg/M^3 = 2.4 Ton/M^3

$P = 8.7 \times 2.4$

$P = 20.88$ Ton

✓ Pero : $V = 5.8 \times 0.5 = 2.9$

$V_R = 5.8 + 2.9 = 8.7\ m^3$

LUEGO
SI E > P SE VOLTEA LA OBRA
2.45 < 20.88 TN → OKAY

7.2.7 Factor de seguridad al deslizamiento (Fd)

$$Fd = \frac{P \cdot \mu}{E}$$

Donde: P = Peso unitario (Ton)

μ = Coef'ciente de fricción o deslizamiento de mampostería gavionada sobre grava = 0 5

E = Empuje hidrostático (Ton)

$Fd = \frac{20.88 \times 0.5}{2.45}$

Fd = 4.26 > 1 Es buena.
> 1.5 Está sobrada.

CONDICIONES:

Si Fd > 1 = Buena
Fd < 1 = Mala

7.2.8 Factor de seguridad al volteamiento (Fv)

$$Fv = \frac{MPA'}{MEA} = \frac{P \cdot \bar{Z}P'}{EY'}$$

Donde: MPA' = Momento del peso de la S.C.U. respecto al punto A'

MEA = Momento de empuje respecto al punto A

E = Empuje hidrostático

Y' = Altura de empuje hidrostático

$P\bar{Z}_P$ = PESO SECCION CRITICA UNITARIA

$Fv = \frac{20.88 \times (4.00 - 1.40)}{2.45\ (0.67)}$

Fv = 33.07 > 1 Sobrado

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

7.2.9 Resultante del peso y empuje: condicionante es que pase por el tercio medio.

$$Tg = \frac{E}{P}$$

$$Tg = \frac{2\ 45}{20.88} = 0.1173$$

$$Tg = \frac{Z'}{Y'}$$

Donde: E = Empuje hidrostático (Ton)

P = Peso sección crítica unitaria (Ton)

Y'= Altura empuje hidrostático

$$Z' = Tg \times Y'$$

$$Z' = 0.1173 \times 0.67$$

$$Z' = 0.0786$$

TERCIO MEDIO (T_M)

$$T_M = Z'_p + Z'$$

$$T_M = 1.40 + 0.0786$$

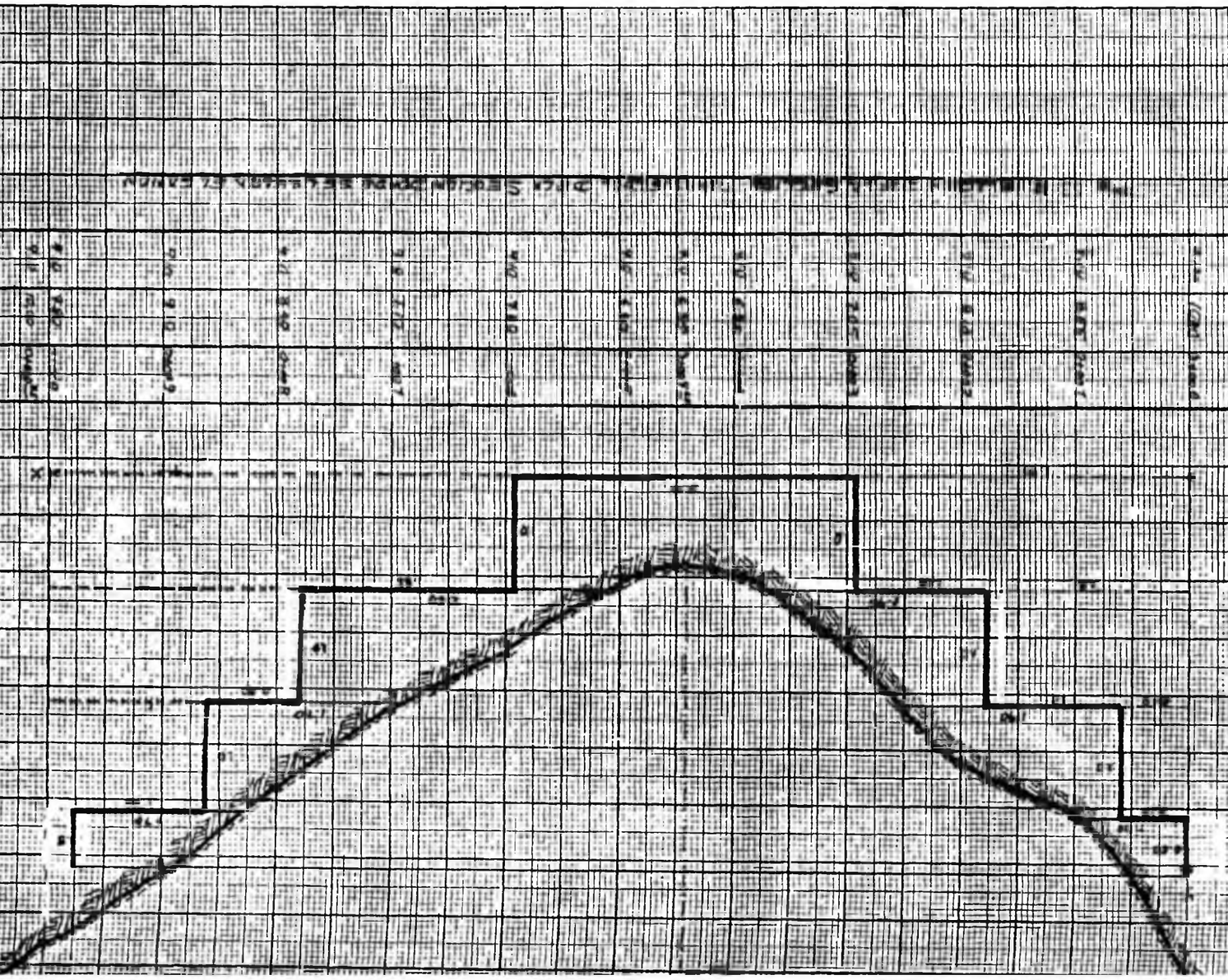
$$T_M = 1.48 \text{ m}$$

7.2.10 Cálculo del No. de Gaviones volumen total de piedras y costo.

Gaviones	DIMENSIONES (m)	VOL.REAL (M^3)	COSTO TOTAL S/.	VOLUMEN DE PIEDRA m^3
2	3 x 1 x 0.5	3.0	1.750 = 3.500	
1	2 x 1 x 0.5	1 0	1.485 = 1.485	
8	2 x 1 x 1.0	16.0	1.945 =15 560	75
6	3 x 1 x 1.0	18.0	2.400 =14.400	
6	2 x 1 x 1.0	12.0	1.945 =11.670	
23		50.0	S/. 46.615	

Vol. Total = Vol. Real + (Vol. Real x Ca) , Donde Ca = Vol. de abundamiento
= 50.0 + (50.0 x 0.5)
= 75.00 M^3

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

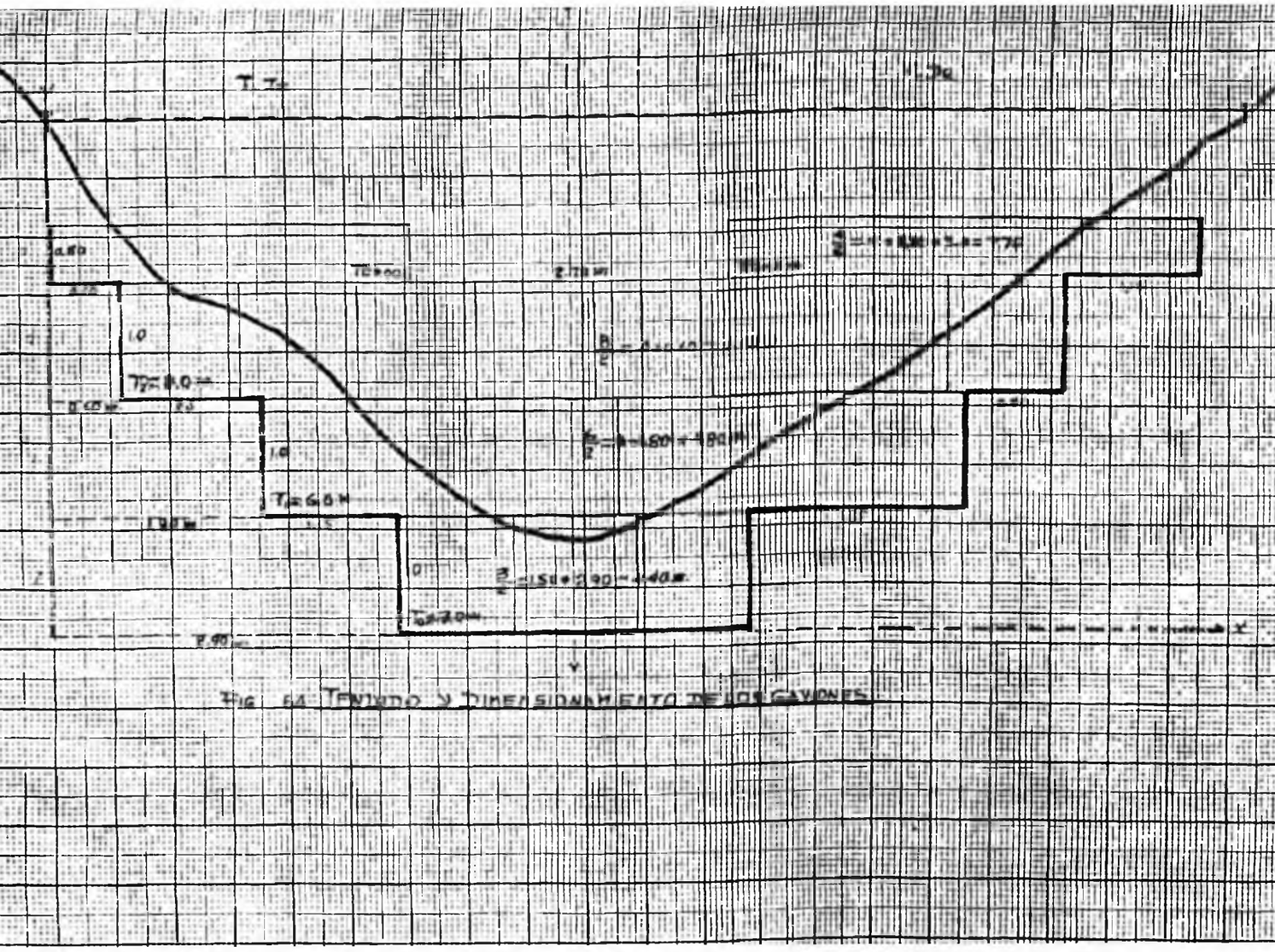
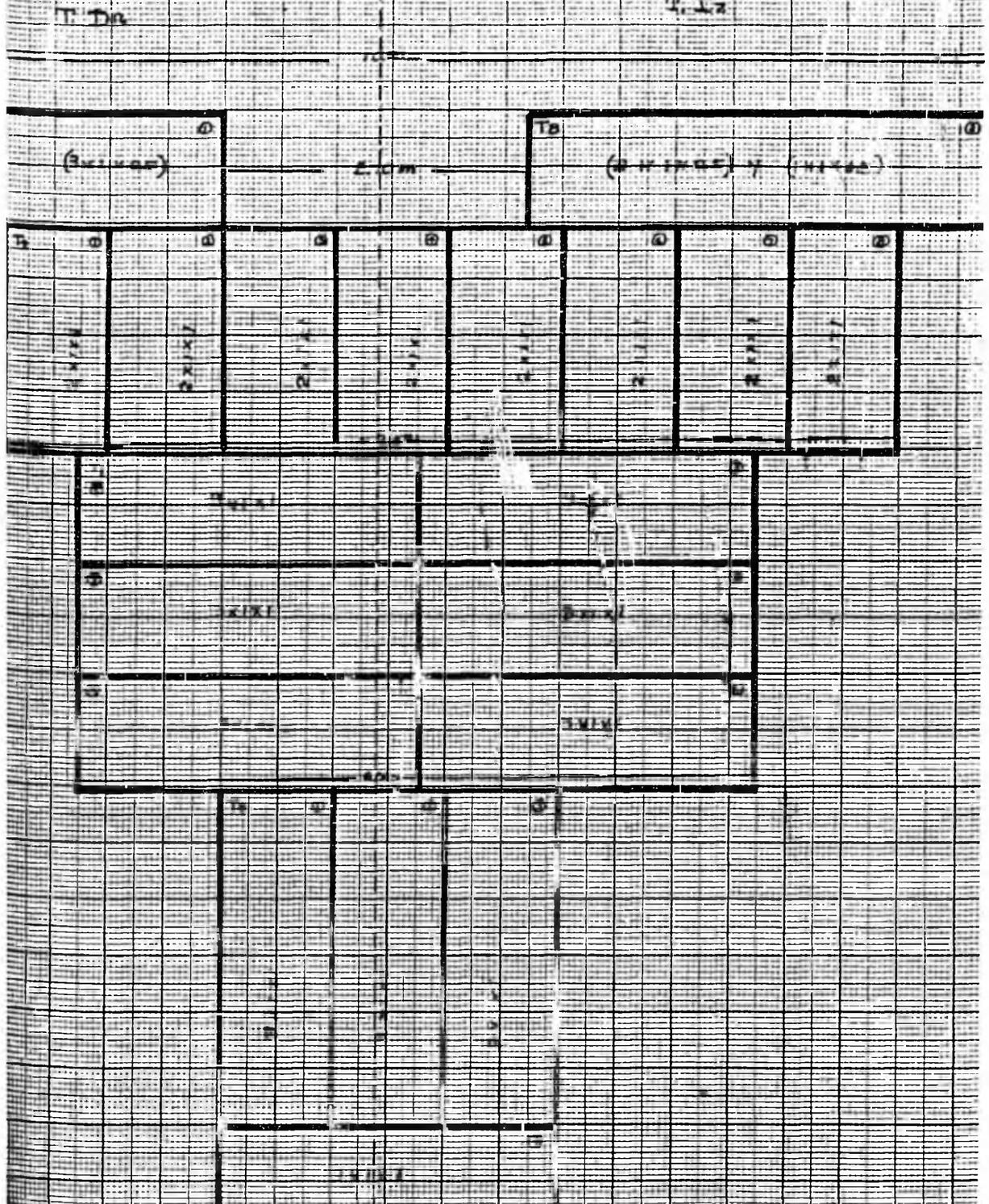


FIG. 64 TENDIDO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS GAVIONES



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CAPITULO VI

6.2. INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS UTILIZADOS EN CONSERVACION DE SUELOS

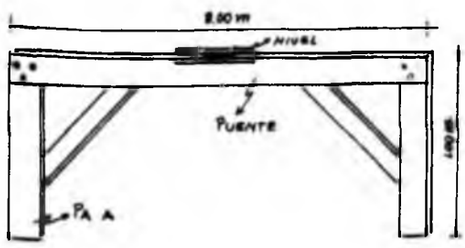


FIG. 67. Caballete rectangular

6.2.1. EL CABALLETE RECTANGULAR

(Ver Fig.) son de construcción sencilla, el material empleado de bajo costo y amplia aplicabilidad se recomienda para superficies pequeñas no es muy preciso.

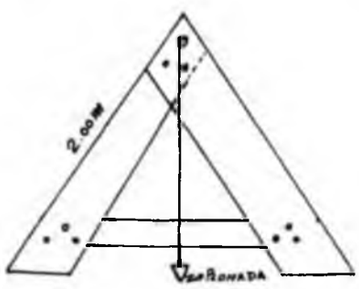


FIG. 68. Caballete triangular

6.2.2. EL CABALLETE TRIANGULAR

De 2 m por lado y el vertical de unión poner una plomada En este aparato, la posición horizontal de la base de las patas, se logra cuando la cuerda de la plomada coincide con la señal respectiva, hecha en el tirante transversal. (Fig.).

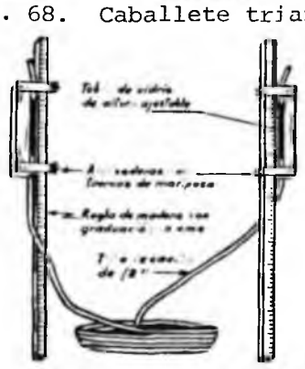


FIG. 69 Nivel de maguera.

6.2.3 NIVEL DE MANGUERA

Es más exacto que los anteriores, pero es menos eficiente Este nivel consta de una manguera de 20m de longitud a lo cual van unidos dos tubos transparentes de 60 cm de largo montados sobre soportes de madera (Ver Fig.) el nivel se basa en el principio de vasos comunicantes por lo que, cuando los dos extremos estan a nivel el agua alcanza idéntica altura en los tubos transparentes.

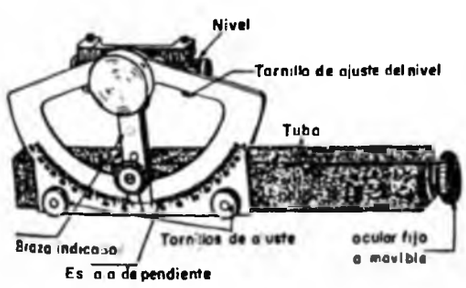


FIG. 70. Clinómetro Abney

6.2.4. NIVEL DE MANO O CLISIMETRO ABNEY.

Puede utilizarse para nivelación o bien para la medida de ángulos verticales y porciento de pendiente de medidas

Cuando el índice del Vernier esta en cero sobre la escala vertical el instrumento puede usarse igual que en nivel normal (Locke). Para la medida de ángulos verticales, se enfoca el punto de interés, hasta que este coincida con el hilo horizontal del retículo del

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

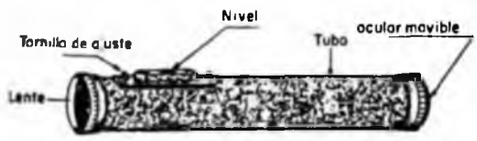


FIG. 71. Nivel de mano

clinómetro, a continución se afloja el tornillo de ajusto del vernier y la burbuja, moniándola débilmente hasta lograr que coincida el hilo medio del retículo y la burbuja con el punto visado. Este momento se ajusta el tornillo del vernier y se realiza la lectura en el círculo vertical. (Fig. 70).

Valores angulares y su equivalencia en valores porcentuales y de tangente, se indican en Tabla III.

6.2.5. NIVEL DE INGENIERO

Sirve para dirigir desde los visuales horizontales y realizar lecturas de mucha precisión por estar provisto de un telescopio fijo en posición horizontal con un nivel esférico, paralelo al telescopio, el cual es nivelado con tres tornillos nivelantes. El conjunto del telescopio descansa sobre un eje central que permite girar al aparato en 360° tanto el telescopio como la plataforma donde se asientan los tornillo nivelantes a la cabeza de un tripode de patas plegables. (Fig. 72).

6.2.6. TEODOLITO, TAQUIMETRO O TRANSITO

Es un aparato muy versatil debido a que puede utilizarse como nivel horizontal o para medir ángulos verticales y horizontales, distancias inclinadas y rumbos.

Este aparato consta de: plataforma de nivelación, el limbo asimutal y la alidada con limbo central. Todo el conjunto va montado sobre un tripode en cuya parte media y central de la cabeza, pende una plomada. (Fig. 73).

FIG. 72 NIVEL DE INGENIERO

FIG 73 TEODOLITO

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

BLA III VALORES ANGULARES Y SUS EQUIVALENCIAS EN PORCENTAJE Y TANGENTE DE LOS ANGULOS OBSERVADOS CON EL CLINOMETRO ABNEY.

ADOS (α)	PORCIENTO DE PENDIENTE (%)	TAN (α)	GRADOS (α)	PORCIENTO DE PENDIENTE (%)	TAN (α)	GRADOS (α)	PORCIENTO DE PENDIENTE (%)	TAN (α
0	0	0	16	35.56	0.287	32	71.11	0.625
1	2.22	0.018	17	37.78	0.306	33	73.33	0 650
2	4.44	0.035	18	40.00	0.325	34	75.55	0.675
3	6.67	0.052	19	42.22	0.344	35	77.78	0.700
4	8 89	0.069	20	44.44	0.364	36	80.00	0.727
5	1.11	0.088	21	46.67	0.384	37	82.22	0.754
6	13.33	0.105	22	48 89	0.404	38	84.44	0.781
7	15.56	0.123	23	51.00	0.425	39	86.70	0.809
8	17.78	0.140	24	53.00	0.445	40	88.90	0 839
9	20.00	0.158	25	55.55	0.466	41	91.00	0.869
0	22.22	0 176	26	57.78	0.488	42	93 30	0.900
1	24.44	0 194	27	60.00	0.510	43	95.50	0.933
2	26.67	0.213	28	62 22	0.532	44	97.80	0.966
3	28 89	0.231	29	64.44	0.554	45	100.00	1.000
4	31.11	0.249	30	66 67	0.577			
5	33.33	0 268	31	68.89	0.601			

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

BIBLIOGRAFIA

1. ANAYA M. 1985. Seminario Intinerante sobre análisis de los factores meteorologicos para evaluar la degradación del suelo por erosion Anotacion s Ecuador.

2. COLEGIO DE POST-GRADUADOS. 1981. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Chapingo, México.

3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. 1975. Manual de Conserva ión de Suelos de Ladera. Caldas, Colombia

4. III CONGRESO COLOMBIANO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS. 1985. Memorias

5. FOSTER, B A. 1977. Métodos aprobados de conservación de suelos. Primera Ed. México.

6 FIGUEROA, S.B. 1981. Conservación y Manejo de Suelos y Aguas. Copiados de clase. Colegio de Post-graduados. Chapingo, México.

7. _____. 1975. Pérdida de suelo y nutrimientos y su relación con el uso del suelo en la Cuenca de Río Texcoco, Tesis. Colegio de Post-graduados. Chapingo México.

8. HUDSON N. 1981. Soil Conservation, Segunda Ed. EEUU,

9 INERHI. 1981. Riego No. 10 Revista Institucional. Ecuador

10. JARAMILLO, A.E y VILLALBA, M.H. 1985 Estimación preliminar de la pérdida de suelo superficial, bajo diferentes sistemas de labranza en maíz C tuglagua, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Estación Sant Catalina. INIAP-Ecuador.

11 LINSLEY, K.R. KOHLER M A. PAULHUS, L.H. 1977. Hidrología para ingenieros. Segunda Ed. México

12. MORGAN R.P.C, KIRKBY, M.J. 1980 Erosion de Suelos Editorial Limusa. México.

13. MARTINEZ, M.M. 1981 Manejo de cuencas hidrográficas. Copiados de clase. Colegio de Post-graduados. Chapingo, México.

14. MARTINEZ M y ROIG L. 1975. Agricultura práctica. Editorial Ramon Sopena S.A. España

15. OROPEZA J.L. 1981. Diseño y construcción de gaviones. Copiados de clase de Conservación de Suelos Colegio de Post-graduados Chapingo, México.

16. QUIÑONEZN H. 1982. Geomorfología. Copiados de clase. Coelgio de post-graduados. Chapingo, México.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

17. RAMIREZ, R.L. 1982. Estructuras de conservación de suelos y aguas Serie riego y drenaje - 32. Cidiat, Venezuela.

18. SOLANO DE LA SALA, J.A. 1982. Efecto de la relación precipitación escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la Cuenca del Río Texcoco. Tesis. Colegio post-graduados Chapingo, México.

19. SUAREZ DE CASTRO, 1980. Conservación de suelos. Tercera Edición. Costa Rica.

20. SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1980. Manual de Conservación de suelos. Primera Edición. México.

21. TRUEBA, C.S. 1976. Hidráulica. C.E.C.S.A. México.

22. URBINA, C. 1979. Manejo de cuencas hidrográficas I-II. Centro Internacional de Fotointerpretación. Bogotá, Colombia.

23. INTERNATIONAL IRRIGATION CENTER. 1984. Curso de Conservación y Manejo de Suelos y Agua. Logan. UTHA. USA.

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina