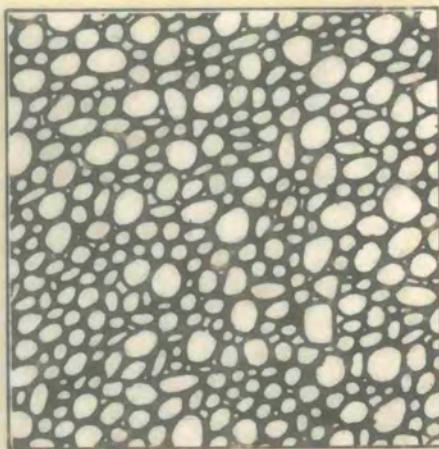
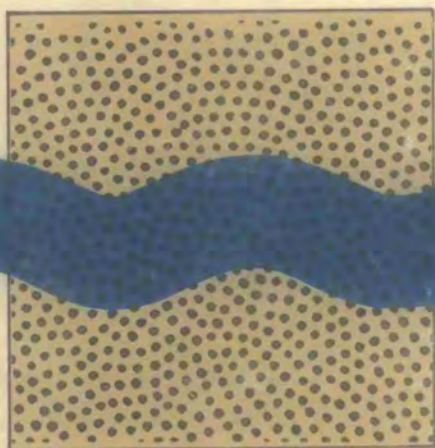


P36
1946

Ígenes Cubero Fernández
EDITOR

MANUAL DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE

SUELOS y AGUAS



P36
1946
C.1

Diógenes Cubero Fernández
Editor



20 OCT 1995

MANUAL DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
Direccion de Planificacion del Uso de la Tierra



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN



UNED
UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA



EDITORIAL UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

AUTORES.

**El siguiente trabajo es un aporte de los siguientes funcionarios del proyecto
APOYO A LA CREACION DE L SERVICIO NACIONAL DE
CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS
(MAG/FAO/GCP/COS/009/ITA)**

**Bronzoni Giuseppe
Coghi Alex
Cubero Diógenes
Dandois Jean
Dercksen Peter
Gómez Oscar
Ibarra Ramón
Mayorga Willy
Sonneveld Ben
Ugalde Marcos
Vásquez Alexis
Villalobos Flor
Zumbado Antonio**

**Primera edición
Ministerio de Agricultura y Ganadería- MAG
San José, Costa Rica, 1989
Segunda edición
Coedición MAG - FAO - UNED
Editorial Universidad Estatal a Distancia
San José, Costa Rica, 1994**

**333 73
C838m**

**Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería
Manual de manejo y conservación de suelos y aguas /
Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización
de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Ali-
mentación, Diógenes Cubero (editor) —2 ed — San
Jose, C R EUNED, 1994
300 p il , 27 cm**

**Bibliografía al final de cada tema
ISBN 9977-64-749-6**

**1 Conservación del agua 2 Conservación de suelos
I Organización de las Naciones Unidas para la Agri-
cultura y la Alimentacion II Cubero, Diogenes
III Título**

**Impreso en Costa Rica
en la Oficina de Publicaciones de la UNED
Reservados todos los derechos
Prohibida la reproducción total o parcial
Hecho el deposito de ley**

AGRADECIMIENTO:

Al doctor José Benítez

*A las personas que de una u otra forma
colaboraron dando su aporte profesional y
sus valiosas sugerencias*

*ahora
ahora mismo,
a detener el hambre de mañana,
a renovar la selva prometida
el pan futuro de la patria angosta*

*Ahora,
a establecer raíces, a plantar la esperanza,
a sujetar la rama al territorio
Es esa tu conducta de soldado,
son esos tus deberes rumorosos de poeta,
tu plenitud profunda de Ingeniero,
raíces, copas verdes,
otra vez la iglesia del follaje
y con el canto de la pajarería
que volverá al cielo,
regresará a la boca de tus hijos
el pan que ahora huye con la tierra*

Pablo Neruda

PRESENTACIÓN

De conformidad con los lineamientos emanados del Gobierno de la República, en 1984, se dio inicio al Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en cooperación con el Gobierno de Italia y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Es así como se estableció el proyecto MAG/FAO/GCP/COS/009/ITA "Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas". Este proyecto alcanzó a desarrollar una serie de actividades entre las que cabe destacar capacitación de técnicos nacionales, validación de prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas a nivel nacional, formulación del anteproyecto de Ley de Conservación de Suelos y Aguas, producción de mapas nacionales de suelos y erosión hídrica a escala 1:200 000 y culminándose con la creación del Servicio Nacional de Conservación de Suelos (SENACSA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Durante la época bajo consideración, la validación de las prácticas de manejo y conservación de los recursos suelo y aguas en diferentes zonas del país sirvieron de material básico para la elaboración de la primera versión del Manual de Conservación de Suelos y Aguas de Costa Rica.

Más adelante con la creación de la Dirección de Planificación del Uso de la Tierra del MAG y en cooperación con el Gobierno de Holanda y la FAO, se estableció el Proyecto GCP/COS/012/NET "Fomento y Aplicación de Prácticas de Conservación y Manejo de Tierras en Costa Rica". Este proyecto, fundamentado en la filosofía del sistema de extensión participativa, tiene como objetivo alcanzar la implementación integrada de las prácticas en los sistemas de producción identificados. La promoción de técnicas validadas ante grupos de productores organizados, su capacitación, concientización y la equilibrada introducción de estas prácticas tomando en cuenta su factibilidad y demás factores socio-económicos son la piedra angular en su programa.

Las estrategias de implementación de técnicas de conservación de suelos y aguas han cambiado mucho a nivel mundial y Costa Rica no es la excepción. Es así como la anteposición de las medidas agronómicas, hasta donde sea posible en relación con las obras físicas de manejo de escorrentía, cada día tiene una mayor aceptación.

Sin embargo, además de los conceptos técnicos hace falta una verdadera integración de las partes involucradas (productores, técnicos, centros de educación, clero, políticos, sistema bancario), teniéndose como plataformas una adecuada legislación del uso racional de los recursos suelo y aguas y planes ambiciosos de incentivación crediticia.

La presente edición modificada y editada por el Dr. Diógenes Cubero, experto en conservación de suelos y aguas, posibilita una amplia divulgación de los conocimientos sobre el tema en el país.

Esperamos que la información recopilada en este manual se convierta en una herramienta de trabajo que facilite la planificación sostenible y diversificada del sector agropecuario, contribuyendo además al desarrollo de la disciplina de conservación de suelos y aguas.

Pieter Dercksen
Asesor Técnico Principal
MAG/FAO/GCP/COS/012/NET

Luis Demetrio Monge
Director
Dirección de Planificación del Uso de la Tierra

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 1 Objetivos	1
1 2 Necesidad de conservar los suelos	1
1 3 Antecedentes de la Conservación de suelos y Aguas en Costa Rica	4
1 4 Beneficios de la conservación de suelos	5
a Uso intensivo y permanente de la tierra	5
b Incrementar la capacidad de soporte de población de la tierra	5
c Desarrollo de nuevas tierras	5
ch Modernización de la agricultura de secano	5
d Creación de nuevas oportunidades de empleo	6
BIBLIOGRAFÍA	7
CONCEPTOS BÁSICOS DE EROSIÓN HÍDRICA Y SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	9
2 1 El contexto socio-económico de la erosión	9
a Densidad de población	9
b Tamaño y distribución de las fincas	9
c Tenencia de la Tierra	10
ch Mercadeo	10
d Aspectos culturales	10
e Conocimiento de la erosión y su efectos	11
2 2 La erosión hídrica definición y evaluación	11
2 3 El proceso de la erosión	12
a Desprendimiento	12
b Transporte	12
c Sedimentación	13
2 4 Factores físicos que afectan la erosión del suelo	14
a El clima	14
b La topografía	14
c El suelo	16
ch La cobertura vegetal	16
2 5 Sistemas de conservación y manejo de suelos	18
2 6 Formas de erosión hídrica	20
a Erosión por salpique	20
b Erosión laminar	20
c Erosión en surcos	21
ch Erosión en cárcava	21
d Remoción en masa	22
2 7 Indicadores y tasa de erosión	22

a. Pedestales	22
b. Desnivel en el campo	24
c. Plantas con raíces expuestas	24
ch. Surcos y cárcavas	24
BIBLIOGRAFÍA	25
PLANIFICACIÓN DE FINCAS	27
3.1 Capacidad de uso de la tierra	27
3 1 1 Introducción	27
3 1 2 Antecedentes	27
3.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA	28
3 2 1 Clases de capacidad de uso	28
3 2 2 Subclases de capacidad de uso	28
3 2 3 Unidades de manejo	28
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CLASES DE CAPACIDAD DE USO	28
3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO	31
3 5 UNIDADES DE MANEJO	31
3.6 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO	32
3 6 1 De erosión (e)	32
a. Pendiente (e_1)	32
b. Erosión sufrida (e_2)	33
3 6 2 De suelo	34
a. Profundidad efectiva (s_1)	34
b. Textura del suelo (s_2)	34
c. Pedregosidad y/o rocosidad (s_3)	35
ch. Fertilidad (s_4)	36
d. Toxicidad de cobre (s_5)	36
e. Salinidad (s_6)	37
3 6 3 De drenaje (d)	37
a. Drenaje (d_1)	37
b. Riesgo de anegamiento o inundación (d_2)	38
3 6 4 De clima (c)	39
a. Zonas de vida (c_1)	39
b. Período seco (c_2)	39
c. Neblina (c_3)	39
ch. Viento (c_4)	41
3 7 USO DEL SISTEMA	41
3 8 PARÁMETROS MODIFICABLES DE LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	44
3 9 Planificación conservacionista de fincas	44
3 9 1 Primer paso Diagnóstico Técnico- Económico	44
3 9.2 Segundo paso Mapa de situación actual de la finca	45
3 9.3 Tercer paso Mapa del Plan de Manejo	
conservacionista de finca	47
a. Uso preferible de la tierra	47
b. Selección de medidas y prácticas de manejo	47
c. Elaboración del mapa "Plan de conservación de la finca"	49
3 10 Uso del "Plan de conservación de la finca"	51
3 11 Estrategias para implementar el plan conservacionista	53
3 12 Participación y educación del agricultor	54
BIBLIOGRAFIA	57

TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN AGRONÓMICA	59
4 1 Prácticas agroconservacionistas	59
4 1 1 Prácticas en contorno	60
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	60
b Especificaciones	60
c Ventajas	61
ch Limitaciones	61
d Establecimiento	61
e Mantenimiento	62
f Costo	63
4 1 2 Alta densidad de siembra	63
4 1 3 Cultivos Múltiples (cultivos asociados o intercalados)	63
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	63
b Especificaciones	64
c Especies usadas	64
ch Ventajas	64
d Limitaciones	65
e Establecimiento	65
f Mantenimiento	65
g Costo	65
4 1 4 Cobertura muerta del suelo	66
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	66
b Especificaciones	66
c Especies usadas	66
ch Ventajas	66
d Limitaciones	67
e Establecimiento	67
f Mantenimiento	68
g Costo	68
4 1.5 Cultivos de Cobertura	68
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	68
b Especificaciones	69
c Especies usadas y sus características	69
ch Ventajas	72
d Desventajas	72
e Establecimiento	72
f Mantenimiento	73
g Costos	74
4 1 6 La labranza mínima	75
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	75
b Especificaciones	75
c Cultivos en los cuales se aplica	77
ch Ventajas	77
d Limitaciones	78
e Establecimiento	78
f Mantenimiento	78
g Costo	78
4 1 7 Las barreras vivas	78
a Descripción, funciones y condiciones de aplicación	78
b Especificaciones	79
c Especies usadas y sus características	80
ch Ventajas de las barreras vivas	82
	83

d	Limitaciones	84
e	Establecimiento de las barreras vivas	84
f	Mantenimiento	85
g	Costos	86
4 1 8	Las cortinas rompevientos	89
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	89
b	Especificaciones	90
c	Especies usadas	94
ch	Ventajas	94
d	Limitaciones	94
e	Establecimiento	94
f	Mantenimiento	96
g	Costos	96
4 2	Medidas de manejo de suelo	98
4 2 1	La labranza profunda	98
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	98
b	Especificaciones	98
c	Implementos usados	99
ch	Ventajas	99
d	Limitaciones	99
e	Establecimiento	100
f	Costos	100
4 2 2	La roturación profunda	100
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	100
b	Especificaciones	101
c	Implementos usados	101
ch	Ventajas	101
d	Limitaciones	102
e	Establecimiento	102
f	Mantenimiento	102
g	Costo	102
4 2 3	Labranzas reducidas o superficiales	103
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	103
b	Especificaciones	103
c	Implementos usados	103
ch	Ventajas	104
d	Limitaciones	104
e	Establecimiento	104
f	Mantenimiento y seguimiento	104
g	Costo	104
4 2 4	Uso de estiércoles y abonos orgánicos (aboneras)	104
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	105
b	Especificaciones	106
c	Ventajas de la incorporación de materia orgánica al suelo	107
ch	Limitaciones	107
d	Elaboración de la abonera	108
e	Aplicación de las enmiendas orgánicas	111
f	Un ejemplo de costos del abono orgánico en finca	112
4 2 5	Abonos verdes	113
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	113
b	Especificaciones	113
c	Especies usadas	114

ch	Ventajas	114
d	Limitaciones	115
e	Establecimiento	115
f	Mantenimiento	115
g	Costos	116
4 2 6	Barbechos	116
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	116
b	Especificaciones	117
c	Especies usadas	117
ch	Ventajas	117
d	Limitaciones	118
e	Establecimiento	118
f	Mantenimiento y seguimiento	118
g	Costos	118
4 2 7	Uso de fertilizantes y enmiendas minerales	118
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	118
b	Especificaciones	119
c	Tolerancia al aluminio de las diferentes especies	119
ch	Ventajas	119
d	Limitaciones	119
e	Establecimiento	120
f	Mantenimiento	120
g	Costo	120
4 2 8	Rotación de cultivos	120
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	120
b	Especificaciones	120
c	Rotaciones usadas	121
ch	Ventajas	121
d	Limitaciones	121
e	Establecimiento	122
f	Mantenimiento	122
g	Costos	122
4 2 9	Conservación de la humedad del suelo	122
a	Descripción, funciones y condiciones de aplicación	122
b	Especificaciones	123
c	Implementos, especies o sistemas usados	123
ch	Ventajas	123
d	Limitaciones	123
e	Establecimiento	123
f	Mantenimiento	123
g	Costo	123
4 3	Integración de medidas de conservación con sistemas de cultivo	124
4 3 1	Sistemas de cultivos anuales en ladera	124
4 3 2	Agroforestería	127
4 3 3	Manejo de praderas en pendientes	130
a	Pastoreo rotacional y apartos	131
b	Pasto de corte	132
c	Pastoreo diferido	132
ch	Renovación de pastos	132
d	Siembra de leguminosas en potreros establecidos	133
e	Control de malezas, enfermedad y plagas	133
f	Arboles de sombra y bebederos	133

g Fertilización y encalado	134
h Surcos en contorno y canales de infiltración	134
BIBLIOGRAFÍA	135
TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO MEDIDAS ESTRUCTURALES	137
5 1 Necesidad para estructuras físicas	138
5.2 Control de erosión hídrica	139
* 5 2 1 Canal de guardia o intercepción	139
5 2 2 Vía de agua empastada	140
5 2 3 Terraza de desagüe	141
* 5 2 4 Acequias de ladera	142
5 2 5 Terrazas de huerta o escalones	143
5 2 6 Barrera de piedras	145
5 3 Conservación de agua	146
5 3 1 Canal de infiltración	146
5 3 2 Surcos en contorno en pradera	147
5 3 3 Terrazas de banco	148
5 3 4 Terrazas individuales	149
5 3 5 Melgas en contorno	150
5 3 6 Represa de conservación de agua	151
5 4 Recuperación de tierras degradadas	152
5 4 1 Control de cárcavas	152
a Aislamiento de la cárcava	153
b Control de erosión de la cabeza de la cárcava	153
c Establecimiento de una franja de vegetación	154
ch Uso contemplado	155
5 4 2 Control de deslizamientos de tierra	156
5 4 3 Control de inundaciones	156
a Obras de protección del drenaje principal (quebrada o arroyo)	156
b Drenaje de tierras agrícolas	158
5 5 Diseño de las estructuras de conservación de suelo	162
5 5 1 Principios de diseño	162
a Escorrentía	162
b Tiempo de concentración, T_c	166
c Fórmulas para calcular la capacidad hidráulica de las estructuras	169
5 5 2 Especificaciones y fórmulas simplificadas	170
a Elementos constantes	170
b Elementos del canal	171
c Espaciamiento	171
ch Elementos hidráulicos	171
d Sección transversal y uso de los elementos	171
5 6 Trazado y construcción	171
* 5 6 1 Canales de guardia	171
a Trazo	171
b Construcción	172
5 6 2 Desagües empastados	174
a Trazo	174
b Construcción	175
* 5 6 3 Acequias de ladera	175
a Trazo	175
b Construcción	176

5 6 4 Terrazas de huerto	176
a Trazo	176
b Construcción	176
5 6 5 Terrazas de banco	176
a Trazo	176
b Construcción	177
5 6 6 Terrazas individuales	182
a Trazo	182
b Construcción	183
5 6 7 Melgas	183
a Trazo	183
b Construcción	184
 BIBLIOGRAFIA	 185
 SEGUIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CONSERVACION DE SUELOS	 187
6 1 El papel del servicio de extensión agrícola	187
*6 2 Mantenimiento de las prácticas de conservación de suelos	188
6 3 Recopilación y evaluación de la información generada en el campo	188
6 3 1 Datos meteorológicos	188
6 3 2 Profundidad de agua actual	189
6 3 3 Erosión entre las estructuras	189
6 3 4 Causa del daño ocurrido	189
6 3 5 Incremento de la productividad de la tierra	189
6 4 Retroalimentación	189
 BIBLIOGRAFIA	 191

MANUAL DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

INTRODUCCIÓN 1

1.1 OBJETIVOS

Este manual esta dirigido a los extensionistas agricolas y a todos los profesionales que estan involucrados con la actividad agropecuaria y que de una u otra forma tienen que ver con el manejo de los recursos suelo y agua. El objetivo de este manual es servir de guia para la identificacion de características y limitaciones de los recursos suelo y agua relacionadas con el problema de erosion a su vez provee a los tecnicos con los metodos y herramientas de conservacion de suelos y aguas para corregir las limitaciones.

1.2 NECESIDAD DE CONSERVAR LOS SUELOS

El Sector Agropecuario desempeña un papel primordial en el desarrollo social y economico del país generador de 60% de las entradas de divisas por exportaciones.

La producción agrícola y ganadera se ha ido incrementando en su área pasando de 18.6% del total nacional en 1955 a 44.5% en 1984 (Censos Agropecuarios de 1955 y 1984). Es lógico que la producción total nacional también se ha aumentado pero esta no va acorde con la intensificación de la productividad para la mayoría de las actividades agropecuarias.

La ampliación de la frontera agrícola aunque frenada en los últimos años produce también una severa degradación de los recursos naturales debido a que la frontera agrícola técnica se agota se han deforestado tierras a un ritmo de 70 000 ha por año creándose desequilibrios hidrológicos los cuales se manifiestan todos los años en época de lluvia y que provocan desastres naturales que dejan grandes pérdidas (áreas agrícolas inundadas poblaciones sinistradas infraestructuras dañadas).

En Costa Rica las tasas de erosión son generalmente altas debido a la topografía accidentada y a la frecuencia e intensidad de las lluvias. Se han obtenido datos de pérdida de suelo 108 ton/ha en un solo día en la zona norte de Cartago. Cuando las tierras están desprotegidas debido a prácticas inadecuadas de cultivo y manejo de suelos estos suelos pueden ser erosionados en un tiempo muy corto.

Según cálculos preliminares (C C T 1982) las pérdidas anuales de suelo en Costa Rica se estiman en 680 millones de kilos al año a lo que debe añadirse una pérdida económica considerable por destrucción de caminos carreteras y sedimentación de embalses.

El estudio de evaluación de la erosión hídrica a nivel nacional realizado por SENACSA (Jeffery et al 1989) nos revela que de las 34 cuencas del país cuatro se encuentran con un alto grado de erosión estas son las cuencas de los ríos Reventazón, Parímina, Grande de Tarcoles, Parrita y Barranca. En estas cuencas se concentra la mayor cantidad de la población tanto urbana como rural y predominan suelos fértiles de origen volcánico.

El estudio detectó que 39% del área agrícola o sea 2 170 000 ha (23% del área total del país) se encuentra con un alto grado de erosión hídrica. Nos revela también que ocurre degradación del suelo por erosión hídrica en los pastizales, los cuales constituyen 54% del área agrícola del país (Censo Agropecuario 1984). El estudio no contempló los otros tipos de degradación en pastizales como son la compactación debido al sobrepastoreo, los microdeslizamientos (terracetas), la pérdida de la cobertura vegetal por exposición de horizontes poco fértiles, las cárcavas y la remoción de masa. Todos estos síntomas del mal uso de la tierra son comunes de observar en las praderas en laderas y nos indican claramente que la tierra está perdiendo su productividad.

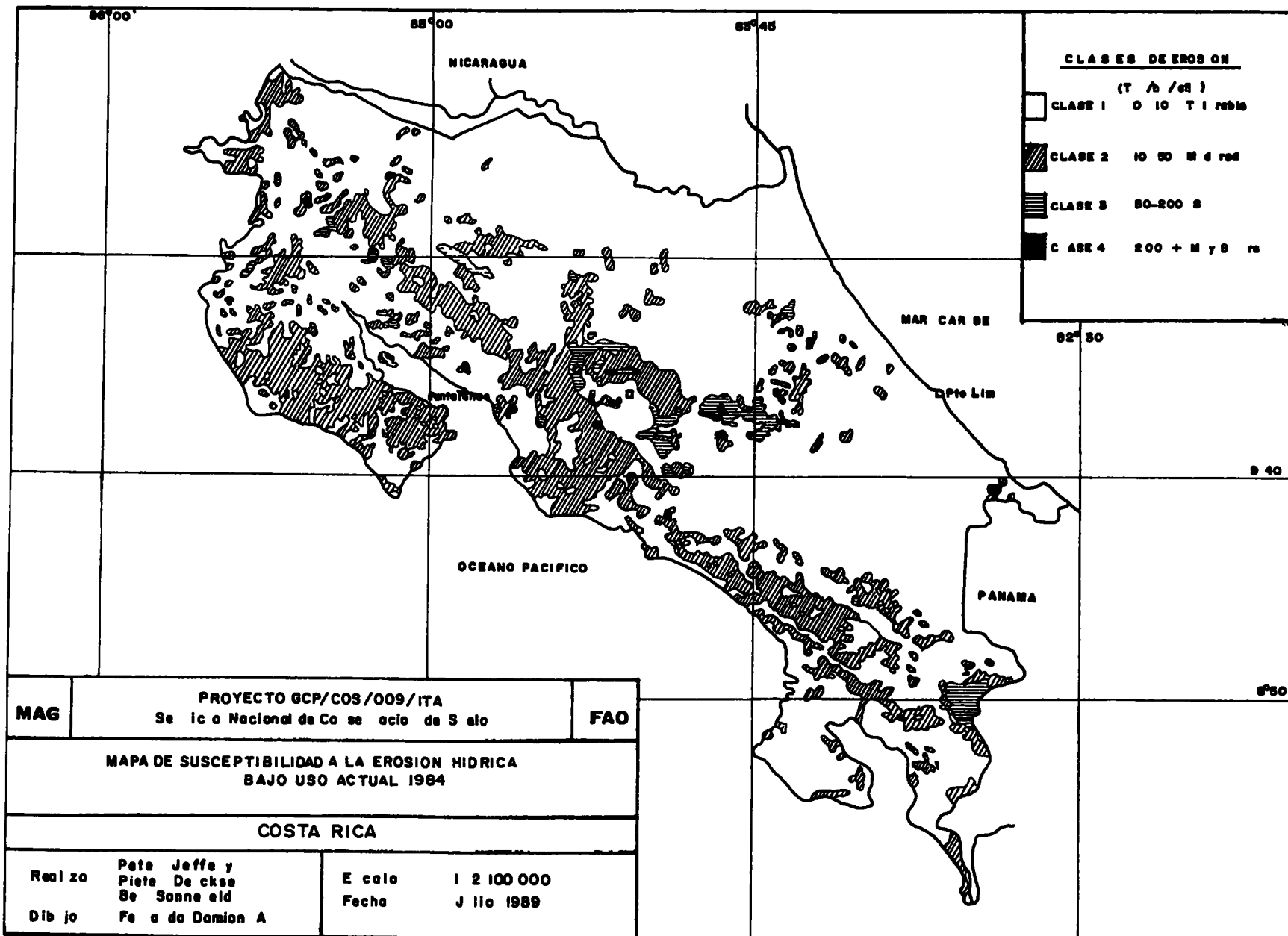
La pérdida de productividad del suelo que ocurre en un 39% del área agrícola nacional corresponde a mayor o menor grado según el tipo de suelo a la pérdida del horizonte A. En los Ultisoles que son los suelos predominantes en el país y que ocupan 39.9% del área (Vasquez 1989) esta pérdida es muy significativa ya que el horizonte B es de baja fertilidad (Puriscal, Valle del General, Cordillera de Talamanca, áreas extensivas de la Zona Norte y del Atlántico). En los Inceptisoles (34.6% del área del país) la pérdida es menor debido a que el horizonte B es más fértil. Los Alfisoles (10.6% del área del país) son intermedios.

El estudio concluye que la Vertiente Pacífica es la más afectada por la erosión hídrica debido principalmente al mal manejo de la tierra bajo pastoreo (*ver mapa No 1 de susceptibilidad a la erosión hídrica*).

En conclusión, los suelos del país están deteriorándose aceleradamente y causan una disminución de la productividad de la tierra. Los efectos de la erosión fuera de sitio son muy dañinos e involucran la deposición de las partículas en suspensión en los campos agrícolas, planicies y en el caso de los embalses, lagos y ríos, inciden en la proliferación del lirio acuático como es el caso del embalse de Cachu y de los canales de Tortuguero. Además, la calidad del agua disminuye siendo necesario tratarla para el consumo humano e industrial. También originan daños a los ecosistemas acuáticos debido a la disminución de la concentración en oxígeno en el agua.

Es importante mencionar que la erosión, aparte de ser un fenómeno físico, también es partícipe del contexto social y económico que rodea al agricultor. Allí interactúan diversos factores tales como la tenencia de la tierra, su tamaño y forma, la presión de uso por la densidad de población, los precios del mercado, las tradiciones y costumbres del agricultor en cuanto a siembra y manejo de sus cultivos, así como su ignorancia relacionada con la importancia de las consecuencias de la erosión.

El Gobierno ha venido desarrollando esfuerzos para aumentar la producción agrícola y ganadera, pero esta no será posible si no se aumenta la productividad de las tierras agrícolas al emplearlas de acuerdo con su capacidad de uso, manejando los suelos y los cultivos con tecnologías rentables, apropiadas y eficaces, e incorporando la agricultura de riego y avenamiento.



13 ANTECEDENTES DE LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS EN COSTA RICA

Costa Rica es uno de los países que presenta una variedad de condiciones fisiográficas que aunadas a factores climáticos la hacen adecuada para el desarrollo de actividades productivas sin embargo se presentan condiciones externas que implican la necesidad de hacer un uso adecuado del suelo de manera que se garantice la preservación de los ecosistemas permitiendo al mismo tiempo ingresos suficientes para los agricultores mediante un manejo sostenible de los recursos productivos para lo cual se hace imprescindible la estabilización de un programa de manejo y conservación debidamente fundamentado

Visionariamente en el año de 1953 se publicó la Ley No 1540 en la que se crea un programa de conservación de suelos como complemento de un servicio de Cooperación Técnica entre los gobiernos de Estados Unidos de América y el de Costa Rica. Este programa tuvo una aceptación relevante pero conforme se acercaba su fin los recursos aportados por el gobierno de los Estados Unidos disminuyeron hasta que el programa desapareció

Cabe destacar que este proyecto tuvo la ventaja de capacitar a gran cantidad de técnicos y productores en la conservación de suelos razón por la que aun se observan remanentes de esa actividad. Posteriormente en el año de 1979 se crea la Unidad de Suelos adscrita a la Dirección de Investigaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería

Luego en el año 1985 se inicia el proyecto entre el gobierno de Costa Rica y la FAO denominado Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas GCP09/COS/009/ITA

Como producto del proyecto de cooperación técnica y económica con FAO y el Gobierno de Italia se decretó la creación del Servicio Nacional de Conservación de suelos y Aguas según el Decreto No 18564 MAG de la Gaceta No 213 del 6 de noviembre de 1988. Al formarse el SENACSA el país llegó a tener un ente rector para atender la problemática del deterioro de los suelos del país a través de una estrategia conservacionista con un desarrollo sostenible de tal manera que los suelos tengan un manejo adecuado tanto desde el punto de capacidad de uso como de su potenciabilidad

Este mismo año mediante el Decreto No 18748 MAG se declara el 3 de mayo como el Día Nacional de la Conservación de Suelos

Dado los logros obtenidos con el proyecto GCP/COS/009/ITA se consiguió la gestión de un nuevo programa de cooperación técnica esta vez entre el SENACSA y el gobierno de Holanda surgiendo el proyecto Fomento y Aplicación de Prácticas de Manejo y Conservación de Tierras en Costa Rica GCP/COS/012/NET el cual se registra de 1992 a 1996. Este proyecto en primera instancia permitirá el desarrollo de acciones integradas de manejo y conservación de suelos y aguas en ocho áreas piloto de cuatro regiones del país

Al mismo tiempo el 5 de junio de 1991 se firma el decreto de oficialización de la Metodología de Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica la cual junto con las metodologías de zonificación agroecológica y socioeconómica nos indican que se han desarrollado acciones técnicas concretas dirigidas hacia la preservación de ecosistemas

Asimismo en setiembre de 1991 se fusionan el Departamento de Zonificación Agropecuaria de SEPSA y el Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas SENACSA creándose la Subdirección de Planificación del Uso de la Tierra. Finalmente el 1 de julio de 1992 y de conformidad con la Ley No

5525 y sus reformas mediante decretos 14311 y 17592 PLAN se crea la Direccion de Planificacion del Uso de la Tierra

A partir de este momento se inician acciones concretas dirigidas hacia el mejor conocimiento y uso de los suelos del agua y de los aspectos agroecologicos y socioeconomicos inherentes al manejo sostenible de los recursos productivos del sector agropecuario de manera que se logre un mejor uso manejo y conservacion del recurso suelo y agua que a su vez conduzca a un incremento de los rendimientos y productividad agropecuaria

1 4 BENEFICIOS DE LA CONSERVACION DE SUELOS

Los beneficios del buen uso manejo y conservacion de los suelos pueden dividirse generalmente en dos categorias beneficios directos y beneficios indirectos Mucha gente piensa que la conservacion de suelos solo sirve para controlar la erosion Los metodos modernos de conservacion de suelos en paises en desarrollo pueden actualmente generar otros beneficios aparte de minimizar la erosion del suelo la sedimentacion los danos por inundacion o producir incremento de la produccion Estos beneficios generalmente olvidados son los siguientes

a Uso intensivo y permanente de la tierra

Con metodos de conservacion y manejo de suelos apropiados muchas tierras pueden ser utilizadas de manera mas intensiva y permanente sin presentar sintomas de degradacion Las terrazas de banco por ejemplo permiten una produccion intensiva de hortalizas y flores (ver fotos 1 y 2) y reducen a niveles insignificantes la erosion severa que ocurre en muchas areas como la zona norte de Cartago

b Incrementar la capacidad de soporte de poblacion de la tierra

Los trabajos de conservacion de suelos incluyen en general un mejor uso de la tierra el mejoramiento de su productividad la conservacion de la humedad del suelo mayor infiltracion mejor aprovechamiento de los fertilizantes y abonos organicos todo lo cual puede incrementar la produccion agricola y por consiguiente la capacidad de soporte de poblacion de la tierra Esto es particularmente importante para un pais pequeno como Costa Rica en donde la poblacion esta aumentando rapidamente y sus recursos de tierra son limitados

c Desarrollo de nuevas tierras

Se abran nuevas tierras inevitablemente en zonas que no son muy aptas para la agricultura Para que estas tierras se puedan explotar racionalmente sin degradacion se necesitara aplicar medidas intensivas de conservacion de suelos

ch Modernizacion de la agricultura de secano

El uso de areas de secano y de tierras en ladera es tradicional en Costa Rica En estas areas se produce una gran variedad de cultivos de alto valor comercial local y para exportacion como el cafe Con disenos adecuados de tecnicas de conservacion de suelos las areas de ladera no solamente pueden ser protegidas sino que permiten el desarrollo de una produccion intensiva de cultivos Un ejemplo lo constituye el cultivo de hortalizas en la zona norte de Cartago el cual puede asi beneficiar de mejor

acceso (por ejemplo, usando terrazas o acequias de ladera para caminos), mejor drenaje para las salidas de agua, adecuada infraestructura para su explotación e irrigación, si fuera posible y necesario

d. Creación de nuevas oportunidades de empleo

Aplicando prácticas de conservación de suelos, se puede intensificar el uso de la tierra, lo cual puede crear muchas oportunidades de empleo en las áreas rurales de Costa Rica.



Foto No 1 Producción de hortalizas en ladera que causa severa erosión de suelos.



Foto No 2. Terreno utilizado para una producción intensiva y sostenida de hortalizas después de construir terrazas de banco.

BIBLIOGRAFÍA

- COSTA RICA Direccion de Estadística y Censos 1955 Censo Agropecuario San Jose Costa Rica 216p
- COSTA RICA Direccion de Estadística y Censos 1984 Censo Agropecuario San Jose Costa Rica 216p
- COSTA RICA Ministerio de Agricultura y Ganaderia 1989 Borrador Preliminar del Manual de Conservación de Suelos y Agua Proyecto GCP/COS/009/ITA MAG-FAO San Jose Costa Rica 234p
- COSTA RICA Servicio Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas 1989 Bolehn de Presentación del Servicio Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas. Proyecto GCP/COS/009/ITA MAG-FAO San Jose Costa Rica 234p
- HARTSHORN G 1982 Perfil Ambiental Estudio de Campo San Jose Costa Rica Trejos 151p
- JEFFERY P DERCKSEN P SONNEVELD B 1989 Evaluacion de los Estados de la Erosión Hidrica de los Suelos en Costa Rica Delimitacion de áreas criticas en cuento a la productividad agricola de la cuenca del Rio Reventazon Informe Técnico Proyecto GCP/COS/009/ITA MAG FAO San Jose Costa Rica 99p
- SIMS D 1987 Outline for a Soil Conservation Field Manual AGLS FAO Roma Italia
- VASQUEZ, A. 1989 Cartografia y Clasificación de Suelos de Costa Rica Informe Tecnico Proyecto GCP/COS/009/ITA MAG FAO San Jose Costa Rica 1 200 000

CONCEPTOS BÁSICOS DE EROSIÓN HÍDRICA Y SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

2

2.1 EL CONTEXTO SOCIO-ECONÓMICO DE LA EROSION

El problema de la erosión de suelos en muchos casos se ha analizado bajo el contexto de la erosividad y erodabilidad de la lluvia y suelo respectivamente dejando de lado muchos aspectos del entorno social y económico no menos influyentes a la hora de cuantificar las pérdidas de suelo por la erosión. Algunos de estos factores pueden ser:

a Densidad de población

Cuando en una área existe un número elevado de habitantes la presión sobre el uso de la tierra aumenta. Hablando de agricultores esto se traduce primero por la ampliación de la frontera agrícola con la destrucción de los bosques y la puesta bajo cultivos de tierras no aptas para la agricultura como por ejemplo tierras con pendientes excesivas o con suelos poco profundos. Estas tierras se degradan rápidamente por el sobre-uso y porque el manejo y la conservación de los suelos practicados por los agricultores son a menudo inadecuados.

En un segundo plano si sigue aumentando la presión sobre el uso de la tierra ocurre la subdivisión de las propiedades o sea la parcelización territorial y aparecen las minifincas. Estas minifincas intensivas o extensivas aceleran también el proceso erosivo debido a la disminución de la cobertura vegetal y a la pérdida del control de escorrentía superficial en comparación con la situación anterior.

Las consecuencias hidrológicas son bien conocidas: aumento de la cantidad de escorrentía, disminución de la recarga de los acuíferos, ampliación de las fluctuaciones del caudal de los ríos y contaminación del agua.

b Tamaño y distribución de las fincas

En Costa Rica las grandes explotaciones agrícolas pertenecen a un núcleo de terratenientes y ocupan las mejores tierras. Muchas son subutilizadas con ganadería extensiva, otras son grandes empresas cafetaleras. Los problemas de erosión en estas tierras no son muy importantes.

En cambio en las pequeñas explotaciones agrícolas predominan por lo general los cultivos limpios que exigen labores periódicas siendo el suelo explotado intensivamente con la finalidad de obtener ingresos a corto plazo. Ahí los riesgos de erosión son mayores. Cuando existen sistemas de control de escorrentía superficial en las fincas estos no son integrados lo que propicia la degradación en cadena de las fincas de una misma vertiente hidrológica.

Las zonas del país con mayor concentración de fincas pequeñas son las cuencas de los ríos Grande de Tárcoles, Parrita, Reventazón, Parímina y Barranca (Cervantes 1989). Estas zonas coinciden con las cuencas más degradadas por la erosión según el estudio realizado en niveles nacionales por SENACSA (Jeffery et al. 1989).

c Tenencia de la Tierra

La agricultura de arriendo es una de las que causa mayor deterioro de los suelos debido a que los dueños no manejan sus tierras y el que alquila la tierra lo hace por corto tiempo y no está interesado en realizar prácticas adecuadas de manejo y conservación de suelo.

Al propietario lo único que le interesa es obtener una retribución económica inmediata. Al arrendatario le interesa aprovechar al máximo esas tierras en el tiempo más corto, a menudo con cultivos anuales y explotando la fertilidad del suelo con un manejo irracional. Esto resulta en una rápida disminución de la capacidad productiva del suelo.

ch Mercadeo

El mercadeo de los productos agrícolas es otro de los factores que inciden muy fuertemente en el uso y manejo del recurso suelo.

En muchas zonas el mercadeo de los productos agrícolas se realiza a través de los intermediarios con los cuales el agricultor se ve obligado a pactar. El precio ofrecido es por lo general muy bajo y no le permite realizar la ganancia descontada de modo que él no puede invertir mucho en el cuidado de su tierra.

Por otro lado, el agricultor buscará sembrar los cultivos para los cuales la venta se le asegura y esto explica su arraigo al monocultivo y la ausencia de rotaciones de cultivos.

d Aspectos culturales

El nivel educativo de los pequeños agricultores es un factor determinante para el éxito de los programas de control de erosión.

El deterioro progresivo de los recursos naturales repercute sobre el nivel de vida de las poblaciones tal es el caso de algunos sectores de la cuenca del río Parrita en donde existe un alto grado de analfabetismo.

Los agricultores utilizan un nivel de tecnología muy bajo y están arraigados a las costumbres que heredaron de sus antecesores. Estas costumbres les permitieron llegar hasta hoy pero a cambio de la destrucción de los suelos.

Para concientizar a este tipo de agricultor a fin de que cambien los métodos tradicionales de aprovechamiento de sus tierras es preciso motivarlos sobre los beneficios de la agricultura de conservación la cual tiene como fin el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad de los suelos y el desarrollo de una producción sostenida y de alta calidad.

Esto exige un intenso programa de instrucción y propaganda de parte del extensionista el cual tiene una gran responsabilidad ya que es el ente rector de tales acciones.

e Conocimiento de la erosión y su efectos

El agricultor en muchos casos desconoce cuales son las causas de la disminución de los rendimientos de sus cosechas y las atribuye a otros factores sin tomar en cuenta la degradación del suelo por erosión. No se ha percatado de los daños que produce ni tampoco de cuales podrían ser las medidas o prácticas para combatirla.

Uno de los problemas más serios en Costa Rica es que el uso de la tierra no se ha fundamentado con base a sus limitaciones físicas y climáticas o sea basado en la capacidad de uso lo cual conllevó a un mal uso y acelerado deterioro de las tierras.

No solo existe ignorancia acerca de este aspecto a nivel de agricultor sino también en niveles técnicos que no conocen los peligros de la erosión ni saben como controlarla.

También existe todavía una falta de conciencia a nivel político y del público en general que impide la puesta en marcha de una verdadera política de conservación de suelos en Costa Rica.

2.2 LA EROSION HIDRICA DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN

Se define erosión como la acción de desprendimiento de las partículas de suelo y su transporte por el agua que se escurre sobre el terreno. Cuando no hay más energía para el transporte ocurre la sedimentación de las partículas.

La erosión bajo vegetación natural es generalmente insignificante o tolerable la pérdida de suelo no excede la tasa de formación natural de los suelos que varía de 2 a 11 Ton/ha/año (Hudson 1986).

En cambio bajo uso agrícola o ganadero esta ocurriendo en muchos casos una erosión acelerada causada principalmente por el manejo inadecuado de las tierras y la presión de la población. Esta erosión excede la tasa de formación del suelo.

La erosión afecta en primer lugar al suelo superficial o capa arable y es de esta capa que depende la fertilidad de muchos suelos. En el caso de un suelo rojo viejo (Ultisol) por ejemplo el horizonte A contiene casi toda su capacidad productiva suponiendo un espesor del horizonte A de 10 cms y una tasa de erosión de 2 cms por año este suelo estará degradado en 5 años si el agricultor mantiene sus prácticas inadecuadas de manejo y si el agricultor cultiva con fertilizantes las dosis requeridas serán cada vez más altas para tratar de suplir a la planta los nutrientes que antes encontraba en la materia orgánica y los rendimientos irán bajando. Al perder esta rica capa las raíces del cultivo no van a encontrar un medio físico propicio para su desarrollo. Así mismo el suelo va a tener su capacidad de retención de humedad disminuida y probablemente también su capacidad de infiltración. Si hay menos infiltración hay más agua que escurre sobre el terreno y así mayor riesgo de erosión. Esto es la espiral creciente de la degradación del suelo por erosión. Por otro lado la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo afecta mucho el crecimiento del cultivo especialmente en la zona del país con estación seca marcada.

La erosión es entonces un proceso de degradación que afecta la capacidad productiva del suelo. Un suelo manejado de manera inadecuada presentará síntomas de degradación los cuales tradicionalmente se han valorado en términos de toneladas de suelo perdido por hectárea y por año. Esto puede

ser realizado con base en un modelo empirico (ecuacion) o en base a observaciones directas en el campo (*indicadores de erosion ver 2.7*) Determinaciones más cualitativas buscan en cambio evaluar la pérdida de productividad del suelo y las consecuencias para el agricultor de acuerdo con varios factores que concurren a la fertilidad de un suelo Algunas vias para lograr esto son

Seguir la dinámica del grosor del horizonte A

Valorar la perdida de superficie cultivable

Seguir por medio de analisis de suelo la dinamica de los nutrientes de la materia orgánica y de los parámetros físicos como textura capacidad de almacenamiento de humedad y porosidad Medidas directas de infiltración y de penetrabilidad en el terreno son utiles tambien

Recopilar con el agricultor los datos de produccion de la parcela y tratar de delinear las tendencias para cada cultivo en cuanto a cantidades de fertilizantes usados mano de obra para control de malezas y niveles de produccion obtenidos

Evaluar con el agricultor las perdidas directas de fertilizantes y cosechas durante el periodo de cultivo

Todas estas evaluaciones permiten acercarse a la nocion de capacidad productiva del suelo y a su dinámica bajo las condiciones de manejo del agricultor Todavia no existen modelos sencillos que permitan valorar este concepto tan importante se procedera entonces a su evaluacion con uno de los metodos propuestos segun los datos disponibles guardando siempre en mente que solo se va a lograr así una aproximacion

El agricultor no está muy interesado cuando se le dice que pierde por ejemplo 100 ton/ha ano Pero es diferente si se le dice que su parcela ha perdido 15% de su superficie cultivable por exposicion del horizonte B piedras cascajos etc Y si se le hace notar que esta usando mas fertilizantes para lograr niveles de produccion iguales o menores que antes puede empezar entre el extensionista y el agricultor un dialogo fructuoso sobre el buen uso manejo y la conservacion del suelo en la parcela

Además de los efectos in situ o intraprediales de la erosion hidrica deben de mencionarse los efectos fuera de sitio que van a ocurrir aguas abajo en la cuenca y hasta en el mar sedimentacion y destruccion de cultivos alcantarillas caminos puentes asentamientos humanos desbordamiento de rios e inundaciones contaminacion de rios y mares sedimentacion de represas hidroelectricas y de puertos etc Como se ve el impacto de la erosion a nivel nacional es gigantesco y su costo millonario

2.3 EL PROCESO DE LA EROSION

En el proceso de la erosion hidrica como se indica en la Figura No 2.1 se pueden distinguir tres fases

a Desprendimiento

El impacto de las gotas de lluvia causa una desagregacion de los agregados del suelo se tiene como consecuencia el desprendimiento de particulas de este

b Transporte

Si la cantidad de lluvia que cae sobrepasa la capacidad de infiltracion del suelo se produce un escurrimiento superficial que arrastra las particulas desprendidas por la accion de las gotas de lluvia

Cuando el flujo del agua de escorrentía alcanza cierta velocidad llamada velocidad erosiva ocurre un desprendimiento acelerado de los agregados del suelo y se produce la erosión en surcos o en cárcavas. La velocidad erosiva promedio varía con la textura del suelo.

En suelo arcilloso cuando $v > 0.9$ m/seg

En suelo arenoso cuando $v > 0.6$ m/seg

c Sedimentación

Si el escurrimiento alcanza velocidades bajas (< 0.3 m/seg) las partículas de suelo arrastradas empiezan a sedimentar.

Generalmente este proceso se localiza en las partes planas del terreno, en ciertas partes del cauce de los ríos, en lugares en que el terreno presenta obstáculos, en represas y en el mar.

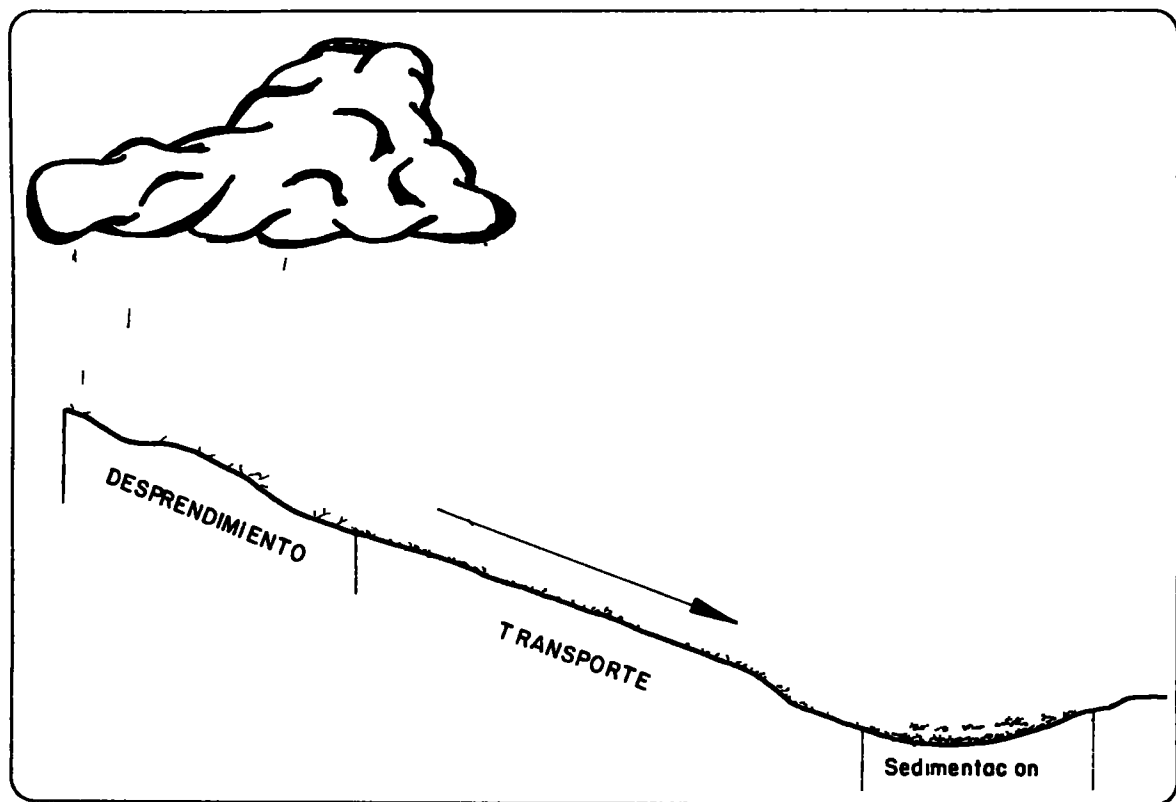


Figura No 1 Fases de la erosión hídrica

2.4 FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN LA EROSIÓN DEL SUELO

Aparte de los factores socio-económicos muy importantes descritos en el párrafo 2.1, los factores que influyen sobre la erosión son el clima, la topografía, el suelo y la cobertura vegetal.

a. El clima

Las lluvias representan mucha energía: a mayor intensidad de la lluvia, mayor la energía que será transmitida al terreno. La lluvia tiene entonces según sus características de intensidad y duración cierta capacidad erosiva.

Esta capacidad erosiva puede ser visualizada en el mapa de isoerodientes (*mapa No.2*) construido a partir de los valores calculados de erosividad de las lluvias según la metodología de la ecuación universal de pérdida de suelos (Wischmeier y Smith, 1978) Los valores del mapa están expresados en ton/ha.año: entre mayor sea su valor, mayor es la capacidad erosiva de las lluvias.

El mapa permite ver directamente la agresividad relativa del clima en cada zona del país.

b. La topografía

A medida que aumenta el grado de la pendiente, la velocidad y el volumen del agua de escorrentía aumentan y así su poder erosivo (*Figura 2.a.*)

Conforme aumenta el largo de la pendiente, el volumen de agua de escorrentía crece y por lo tanto su poder erosivo (*Figura 2.b.*)

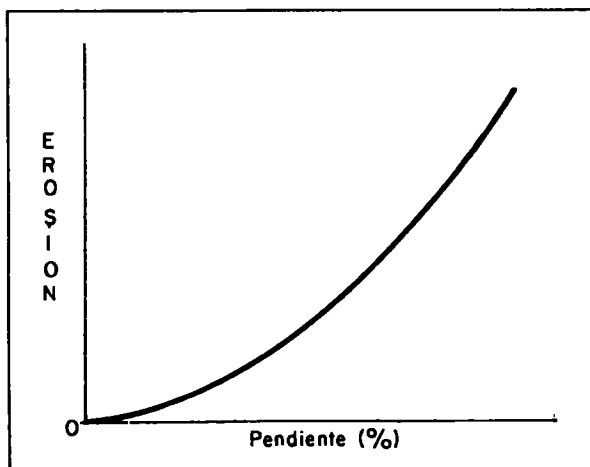
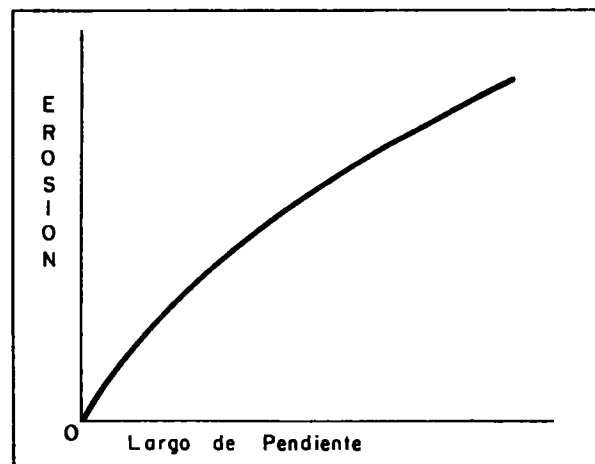
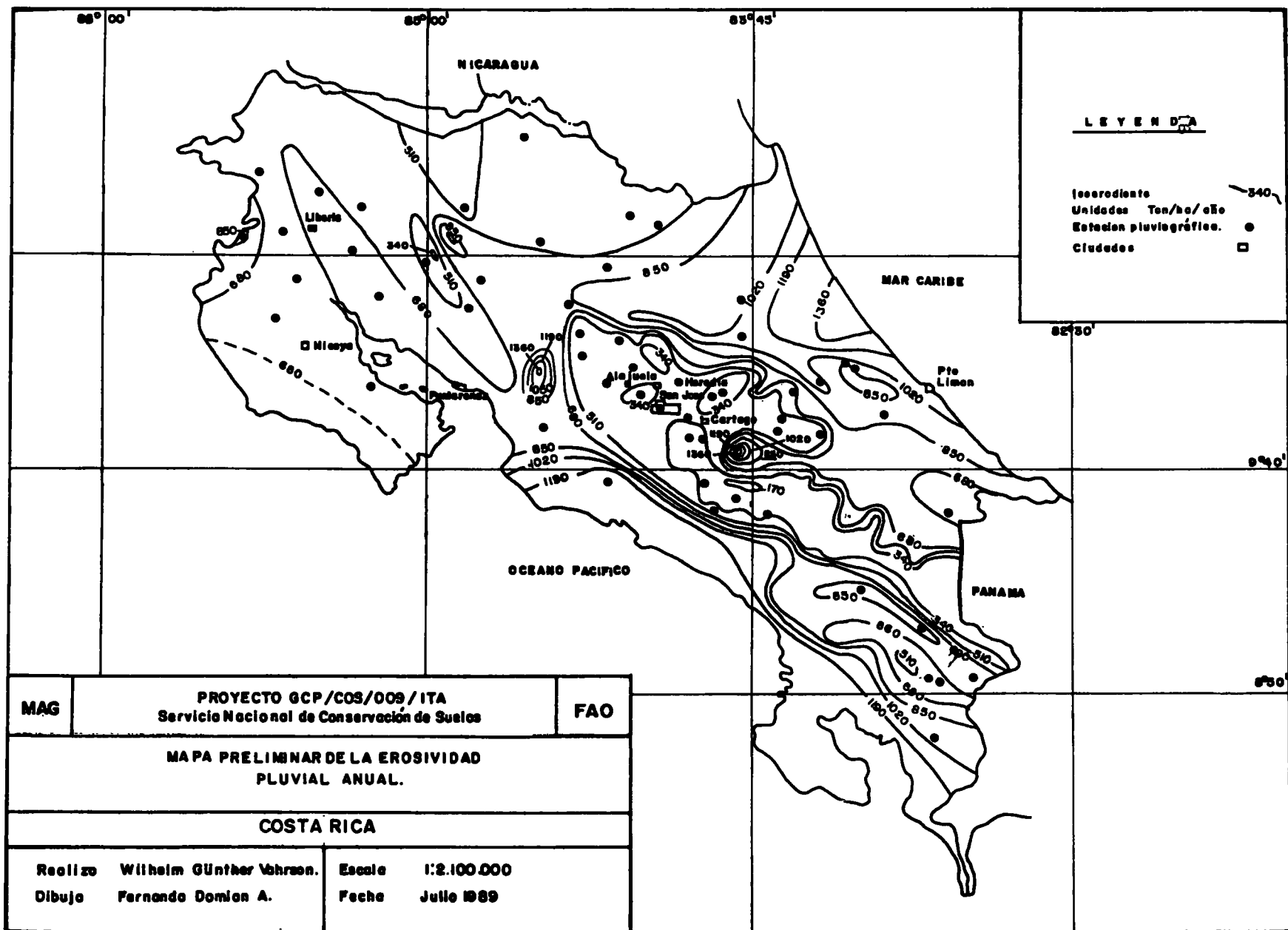


Figura No.2: a-Relación entre grado de pendiente y erosión.



b-Relación entre largo de pendiente y erosión.

El hombre puede controlar en gran parte la influencia de este factor sobre la erosión a través de la implementación de prácticas de conservación de suelos tendientes a reducir el grado de la pendiente y a acortar su longitud, dividiéndola en pequeños pedazos.



c El suelo

Las condiciones físicas de los suelos determinan su susceptibilidad a la erosión. El hombre puede disminuir esta susceptibilidad a través de la implementación de prácticas adecuadas de manejo de suelo.

Desde el punto de vista de la textura, los suelos con un alto porcentaje de limo son muy susceptibles a la erosión por motivo de la impermeabilización por el limo de los poros del suelo. De esta manera, la capacidad de infiltración disminuye, lo cual puede generar mayor escorrentía superficial y causar daños erosivos. Suelos con un alto porcentaje de arcilla y por lo consiguiente baja capacidad de infiltración son muy susceptibles a la erosión en caso de aguaceros intensos. Suelos arenosos con una gran capacidad de infiltración absorben la mayor parte del agua que reciben sin originar escorrentía superficial. Sin embargo, el bajo poder de coherencia de los agregados del suelo favorece el arrastre de éstos en condiciones de lluvias intensas.

Desde el punto de vista de la estructura, se considera que estructuras de tipo masivas o blocosas gruesas fuertes son las que ofrecen mayor resistencia al impacto de las gotas de lluvia y al arrastre de las partículas por escurrimiento superficial. En cambio, estructuras sueltas (tipo granular) presentan una alta susceptibilidad al proceso erosivo.

La materia orgánica juega un papel muy importante en la resistencia que pueda ofrecer el suelo a la erosión. La materia orgánica tiene gran capacidad de absorción y retención de agua y ayuda a la formación de agregados estables. Estos aumentan la permeabilidad y la porosidad del suelo mejorando su estructura.

ch La cobertura vegetal

Con la intercepción de la lluvia y la reducción de la velocidad del agua de escorrentía, la vegetación juega un papel primordial en la protección del suelo contra la erosión. Distintas coberturas vegetales proveen distintos grados de protección, de tal manera que el hombre puede controlar en gran parte la erosión escogiendo adecuadamente el uso y el manejo de la tierra. Para evaluar el efecto del cultivo y su manejo sobre la erosión, se deben tomar en cuenta los puntos siguientes:

- a)- Tipo de cultivo, rotación practicada y desarrollo en el tiempo de la cobertura
- b) Manejo de los cultivos (residuos, cultivo de cobertura, abono verde, barbecho mejorado)
- c) Distribución de las lluvias

El cuadro No 2.1 muestra un estudio comparativo entre el aumento de la erosión por cultivo o rotación de cultivos con respecto a la erosión bajo bosque natural para las mismas condiciones de suelo, topografía y clima. La erosión bajo bosque natural es considerada como insignificante debido al alto grado de cobertura desarrollado por las hojas y las ramas de los árboles, por la densa vegetación inferior y por la cobertura del suelo con la hojarasca.

CUADRO N° 2.1

Aumento de la erosión en función del tipo de cobertura para condiciones análogas de capacidad de uso de la tierra.

TIPO DE COBERTURA	AUMENTO DE EROSION
Bosque	1
Pasto mejorado o de corte	16
Vegetación natural baja	24
Cacao	80
Banano	124
Café con sombra	140
Café sin sombra	220
Caña de azúcar	553
Tomate o chile dulce	1004
Maíz	1060
Papa-zanahoria	1170
Papa-cebolla	1370

Como se puede observar en la figura No.2.3 los suelos bajo vegetación permanente como bosque natural, pasto bien manejado y cultivos perennes, son menos susceptibles a la erosión que los suelos bajo cultivos anuales, por proveer éstos últimos poca cobertura del suelo durante un importante lapso del año (época de barbecho y fases iniciales de desarrollo de las plantas).

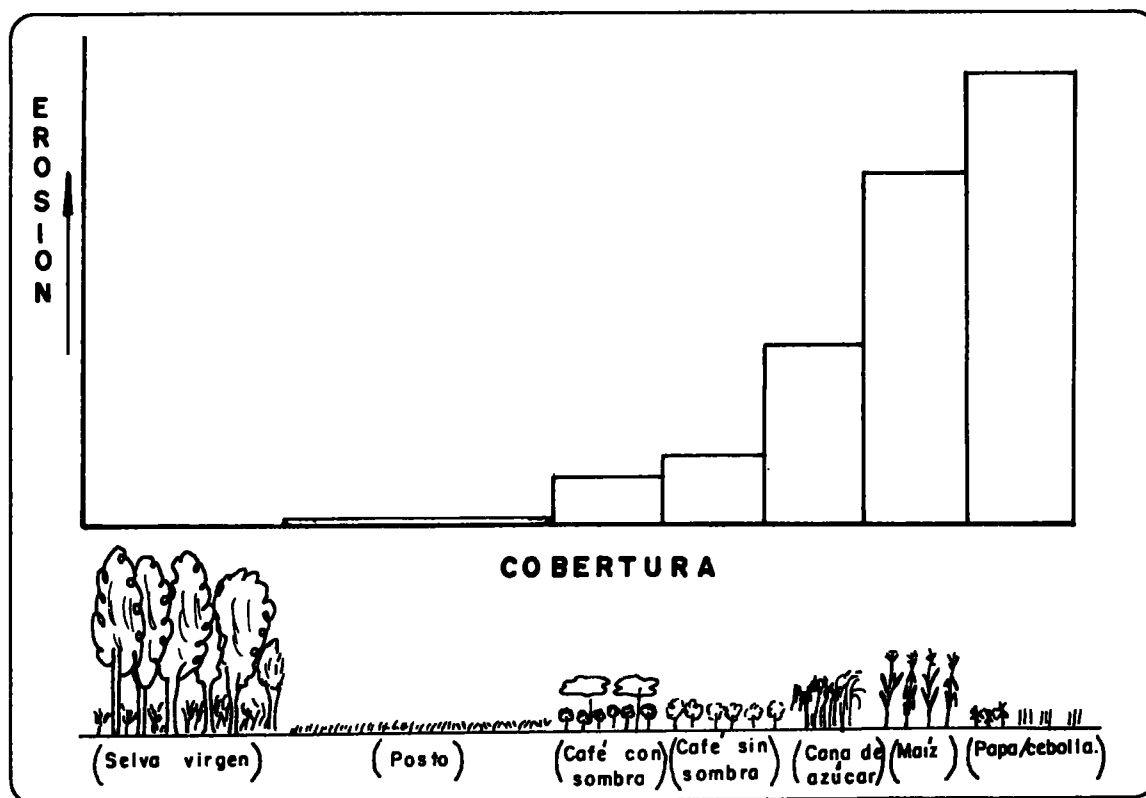


Figura No.2.3: Aumento de la erosión en función de la cobertura bajo condiciones análogas de capacidad de uso de la tierra.

2 5 SISTEMAS DE CONSERVACION Y MANEJO DE SUELOS

El hombre puede actuar sobre algunos de los factores que determinan la erosión hídrica y lograr así que esta se mantenga en niveles tolerables

El conjunto de prácticas y medidas de conservación y manejo de suelos aplicado a un terreno en forma integrada se llama un sistema de conservación y manejo de suelos

Los sistemas actúan a varios niveles

sobre la resistencia del suelo a la erosión con un buen manejo del suelo

sobre la protección de la tierra contra la erosión por medio de buenas prácticas culturales (cobertura vegetal) y de un adecuado manejo de la tierra

sobre la energía del agua de escorrentía por medio de estructuras físicas que acortan el largo de pendiente y reducen su magnitud

Mientras que es indispensable que los dos primeros niveles sean implementados correctamente en todos los sistemas para lograr el buen uso, manejo y conservación de los suelos, el tercer nivel solo se implementará en los casos donde los dos primeros niveles no logran mantener o aumentar la productividad de la tierra debido a una excesiva degradación por la erosión

Las prácticas y medidas son muchas y varias, se deberán escoger dependiendo del uso de la tierra de la fase de la erosión (*párrafo 2.3*) del tipo y de la severidad de la erosión (*párrafo 2.6*) y del agricultor

A continuación se presentan algunos sistemas de conservación y manejo de suelos para las distintas fases de erosión y los principales usos de la tierra (*cuadro No 2.2*)

CUADRO N° 2.2

Sistemas de conservación y manejo de suelos por fase de erosión y según el uso de la tierra

Fases de erosión	Principios de conservación	Uso de la tierra	Medidas específicas	Código
Desprendimiento	Aumentar la cobertura vegetal y el contenido en materia orgánica del suelo	Bosque	Mantener la cobertura, no talar los árboles ni su vegetación inferior	0417
		Pasto	Establecimiento de cercas Labranza profunda Apertos para rotación Enmiendas orgánicas animales Fertilización mineral adecuada	0210 0403 0413 0418 0421

Fases de erosión	Principios de conservación	Uso de la tierra	Medidas específicas	Código *
Transporte	Cortar el largo de pendiente y reducir la magnitud de la pendiente	Cultivos perennes	Labranza mínima	0402
			Cultivos intercalados	0411
			Cobertura muerta	0414
			Cultivo de cubierta	0415
			Sistemas agroforestales	0417
			Enmiendas orgánicas animales	0418
			Compost*	0419
			Abono verde	0420
			Fertilización	0421
		Cultivos anuales	No labranza	0401
			Labranza mínima	0402
			Labranza superficiales	0405
			Rotación de cultivos	0410
			Cultivos intercalados	0411
			Cultivos secuenciales	0413
			Cobertura muerta (Mulching)	0414
			Barbecho mejorado	0416
			Enmiendas orgánicas animales	0418
			Compost*	0419
			Abono verde	0420
			Fertilización mineral adecuada	0421
		Bosque	Sistemas agroforestales (No talar árboles ni su vegetación inferior)	0417
		Pasto	Surcos en contorno	0209
			Enmiendas orgánicas animales	0418
			Fertilización mineral	0421
		Cultivos perennes	Acequias de ladera	0202
			Terrazas de huerta (frutales)	0203
			Terrazas de desviación	0204
			Terrazas individuales	0307
			Labranza mínima	0402
			Siembra en contorno	0407
			Barreras vivas	0408
			Barreras muertas	0409
			Cultivos intercalados	0411
			Cobertura muerta	0414
		Cultivos anuales	Canal de guardia	0201
			Acequias de ladera	0202
			Terrazas de desviación	0204
			Muros de piedra	0205
			Canal de desviación	0301
			Terrazas de banco	0306
			Labranza en contorno	0400
			Siembra en contorno	0407
			Barreras vivas	0408
			Barreras muertas	0409

Fases de erosión	Principios de conservación	Uso de la tierra	Medidas específicas	Código
Sedimentación	Retención de sedimentos	Cualquiera y vías de drenaje superficial	Cultivo en fajas Barbecho mejorado Muros de piedra Barreras vivas Barreras muertas Muros de contención	0412 0416 0205 0408 0409 0604

Los códigos se refieren a las prácticas de conservación y manejo de suelos en la página 48

2 6 FORMAS DE EROSION HIDRICA

Aunque existen muchas maneras de clasificar la erosión se pueden identificar cinco tipos principales para Costa Rica

a Erosion por salpique

La erosión hídrica comienza con las gotas de lluvia. A la acción destructiva de las gotas de lluvia al impactar sobre el suelo por mucho tiempo no se le prestó la importancia debida. En la actualidad las gotas de lluvia son consideradas como factor principal causante de la desintegración de los agregados del suelo.

Las partículas de suelo se desplazan por la acción salpicadora de las gotas de lluvia a distancias cortas (máxima 2m). Por lo tanto la así llamada erosión por salpique es un factor importante en el desprendimiento de las partículas del suelo no así en su desplazamiento (Fig 2.4). Al mismo tiempo este impacto de las gotas produce un rompimiento de las partículas dejando expuestas y en la superficie a las mas finas.

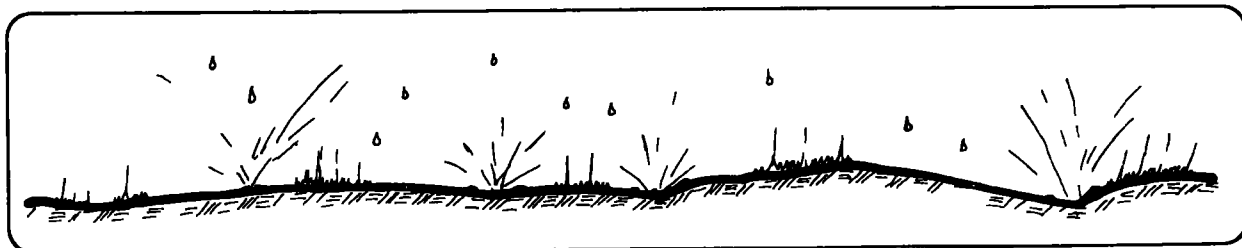


Figura N° 2.4 Erosion por salpique

b Erosion laminar

Esta forma de erosión ocurre en terrenos con pendientes uniformes y suaves cuando la cantidad de agua excede a la capacidad de infiltración de los suelos y forma una película delgada de agua. La

erosion laminar separa las partículas de suelo desprendidas por las gotas de lluvia dejando en su lugar las partículas mas gruesas y llevandose consigo las más pequeñas las cuales en mayor grado determinan la fertilidad de los suelos

c Erosion en surcos

El agua en muy pocos casos recorre grandes distancias en forma de capas homogéneas características de superficies lisas y pendientes uniformes. La superficie de los terrenos de cultivo casi siempre es irregular presentando depresiones y elevaciones. El agua de lluvia se concentra en las pequeñas depresiones formando corrientes. Estas acumulaciones de agua de escorrentía arrastran y transportan las partículas de suelo formando pequeñas zanjas o surcos.

Estos surcos se forman en dirección de la pendiente (hacia abajo) indicando las zonas de mayor concentración de agua.

La erosión en surcos adquiere una mayor gravedad cuando caen aguaceros intensos en suelos desprovistos de vegetación y con alta susceptibilidad al transporte por el agua de escorrentía (terrenos recién labrados).

ch Erosion en cárcava

Lluvia tras lluvia las pequeñas zanjas o surcos se van ampliando con el movimiento de las corrientes de la escorrentía. Este tipo de erosión se produce cuando existe una mayor concentración en el escurrimiento debido a las irregularidades del terreno que permiten la conjunción de varios surcos (Figura No 25). La erosión en cárcavas disecta tan profundamente el suelo que el terreno no puede nivelarse con instrumentos de labranza ordinarios.

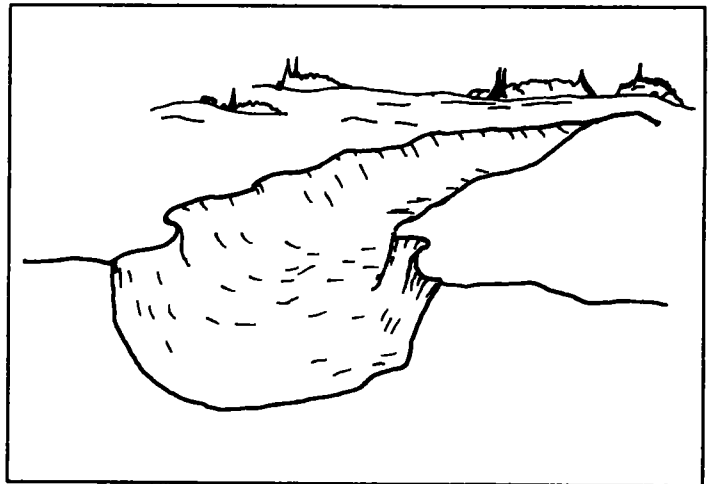


Figura No 25 Erosion en cárcava

d Remocion en masa

Se han reunido aquí aquellos casos en donde se desplazan masas considerables de suelo y roca sobre distancias relativamente cortas bajo la acción de la gravedad y en mayor o menor grado de la cantidad de agua.

La remoción en masa tiene la particularidad de ser mucho más evidente, espectacular y rápida.

Sus causas y consecuencias no son siempre fácilmente detectables, tampoco su prevención. La recuperación de tierras degradadas por deslizamientos es muy difícil y costosa.

2 7 INDICADORES Y TASA DE EROSION

En este capítulo se explica como se observan las marcas de la erosion en el terreno y como se calcula la tasa de erosion expresada en ton/ha año

Para calcular la tasa de erosion hay que obtener la siguiente informacion

Volumen de suelo perdido

Densidad aparente del suelo (*ver cuadro No 2.3*)

Tiempo de apreciacion del indicador de erosion

CUADRO N° 2 3
Guia para la densidad aparente del suelo

SUELO	DENSIDAD APARENTE (ton/m ³)
Liviano	0 8
Mod pesado	1 2
Pesado	1 4

A continuacion se presentan varios ejemplos de indicadores de erosion y se explica como usarlos para medir la tasa de erosion en el campo

a Pedestales

Un indicador de la erosion por salpique son los pedestales que se pueden encontrar en el campo. La columna del suelo abajo del obstaculo (Fig 2 6) esta protegida del impacto de las gotas de la lluvia

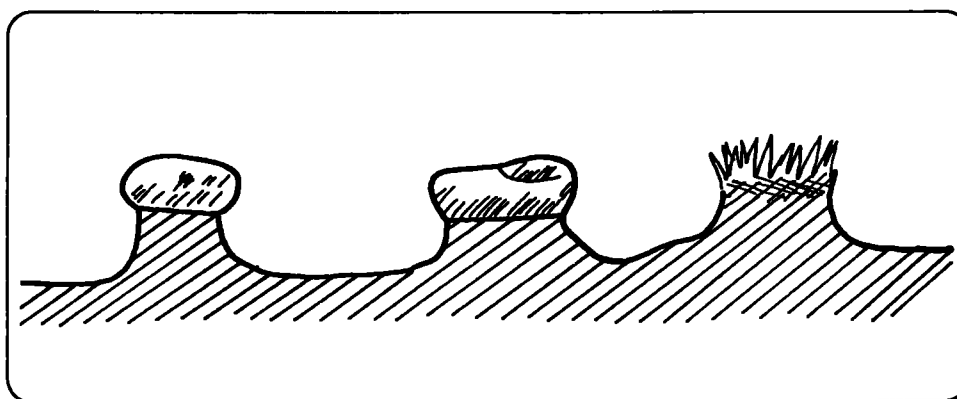


Figura No 2 6 Pedestales

Para calcular la tasa de la erosion se mide en diversos lugares dispersos en la parcela la altura de los pedestales. Se hacen por lo menos 10 observaciones por hectarea. Luego se calcula de la siguiente manera la perdida de suelo por hectarea

$$P = 10\,000 \times D_v \times d_a$$

en donde P = Pérdida de suelo (ton/ha)
 D_v = Espesor promedio de suelo perdido (distancia vertical suelo-piedrita) (m)
 d_a = Densidad aparente del suelo (ton/m³)

Luego se estima el periodo de tiempo durante el cual ocurrió la erosión para poder calcular la tasa de erosión en ton/ha año

Ejemplo

Una parcela con un suelo suelto liviano tiene pedestales dispersos en diversos lugares. En la parcela se cultiva papa y la última labranza fue hace 6 meses.

Se procede a medir las alturas de los pedestales y se obtiene por ejemplo los siguientes datos:

OBSERVACION (en m)	DISTANCIA
1	0 004
2	0 003
3	0 007
4	0 010
5	0 005
6	0 006
7	0 001
8	0 001
Total	0 037
Promedio	0 005

La pérdida de suelo por hectárea es

$$P = 10\,000 \times 0\,005 \times 0,8 = 40 \text{ ton/ha}$$

La última labranza fue realizada hace 6 meses. Para tener la tasa de erosión expresada en ton/ha año hay que multiplicar en este caso el valor de pérdida por un factor dos. La tasa de erosión evaluada en esta parcela es entonces de 80 ton/ha año, lo cual constituye una erosión severa.

El cuadro No 2 4 presenta los rangos de las clases de erosión que se usaron para el estudio de la erosión actual a nivel nacional (Jeffery et al 1989).

CUADRO N° 2 4
Clasificación de la pérdida de suelo

EROSION	PERDIDA DE SUELO (ton/ha año)
Nula a ligera	0 10
Moderada	10 50
Severa	50 200
Muy severa	> 200

Fuente: A provisional methodology for soil degradation assessment FAO 1979

Para tener una idea de la degradación potencial por erosión en la zona se estima en cuanto tiempo la profundidad efectiva del suelo podría perderse bajo condiciones similares de uso

b Desnivel en el campo

Un desnivel o salto entre dos parcelas indica una erosión actual mayor de la parcela inferior con respecto a la parcela adyacente. Para calcular la pérdida de suelo y la tasa de erosión se mide el desnivel en diez lugares y se usa la fórmula mencionada anteriormente con el desnivel promedio

Ejemplo

Una parcela con maíz tiene un desnivel promedio de 0,3m con respecto a otra donde hay pasto. El agricultor convirtió la parcela de pasto a maíz hace 5 años. El suelo es moderadamente pesado.

La pérdida de suelo es

$$P = 10\,000 \times 0,3 \times 12 = 3600 \text{ ton/ha}$$

Para conocer la tasa de erosión se divide por 5 años y se obtiene una tasa de erosión de 720 ton/ha año. En conclusión está ocurriendo en la parcela una erosión muy severa.

c Plantas con raíces expuestas

También las raíces expuestas indican una desaparición de los horizontes superficiales del suelo. Para calcular la tasa de erosión se mide la distancia desde el pie de la planta hasta la superficie actual del terreno y se repite el procedimiento arriba mencionado con el valor promedio obtenido de las observaciones.

d Surcos y cárcavas

Los surcos y cárcavas son las marcas más claras de la erosión hídrica. Para medir la pérdida de suelo se mide el largo del surco o de la cárcava y cada 10% del largo total se mide la profundidad y el ancho con respecto a la superficie original del terreno. (Cuando una cárcava tiene un largo de 50m se le mide cada 5 metros la profundidad y el ancho). La pérdida de suelo se calcula con base en la siguiente fórmula

$$P = L \times P_m \times A_m \times d_a$$

en donde

- P = Pérdida del suelo en ton/surco o cárcava
- L = Largo del surco o cárcava (m)
- P_m = Profundidad promedio del surco o cárcava (m)
- A_m = Ancho promedio del surco o cárcava (m)
- d_a = Densidad aparente del suelo (en ton/m³)

Si el agricultor recuerda desde cuando empezó el crecimiento del surco o cárcava es posible calcular la tasa de erosión por surco o cárcava.

BIBLIOGRAFÍA

- CERVANTES,S 1989 Caracterización Socioeconomica de las Cuencas Hidrográficas de Costa Rica Apoyo al Servicio Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas Proyecto GCP/COS/009/ITA San José Costa Rica 40p
- COSTA RICA Direccion General Forestal 1985 Plan de Manejo de la Cuenca del Rio Parrita Proyecto GCP/AIP 515-T-0032 MAG-DGF San José Costa Rica 225p
- FAO (Italia) 1979 A provisional methodology for soil degradation assessment Roma Italia
- HUDSON,N 1986 Soil Conservation London England BT Batsford Ld 335p
- JEFFERY P DERCKSEN P VASQUEZ,A SONNEVELD B 1989 Evaluación de los Estados de la Erosión Hidrica de los Suelos y Delimitacion de areas criticas por pérdida del Horizonte A en la Cuenca del Rio Reventazón Informe preparado para apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas de Costa Rica Cooperacion FAO (Italia) San José Costa Rica 133p
- SUAREZ F 1982 Conservación de Suelos. 3o ed San Jose Costa Rica IICA 315p
- WISCHMEIER,W SMITH D 1961 Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains Guide for selection of practices for soil and water conservation USDA. Washington Estados Unidos Agr Handbook No 282
- VAHRSON W 1989 Mapa de Erosividad Anual de las LLuvias de Costa Rica Proyecto MADE UNA Escala 1 1000 000

PLANIFICACIÓN DE FINCAS 3

Después de haber examinado el estado de la erosión sus causas y sus consecuencias el proceso y los varios tipos que ocurren en el país se llega a la imperiosa necesidad de llevar a cabo programas específicos de conservación con los agricultores

El ente promotor y ejecutor de tales acciones conservacionistas es el extensionista agrícola en el sentido amplio de la palabra teniendo como base la red de agencias locales del MAG

Este capítulo pretende explicar al extensionista como detectar los problemas de degradación como analizarlos y como elaborar con el agricultor opciones para solucionarlos de acuerdo con el contexto socio-económico de la finca

La metodología de planificación conservacionista en finca que se sigue para lograr los objetivos arriba expuestos se basa en dos principios

El uso de la tierra de acuerdo con su capacidad de uso

La participación activa del agricultor o de la comunidad en todas las etapas del proceso de planificación

3 1 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

3 1 1 Introduccion

La capacidad de uso de la tierra consiste en definir para una parcela de terreno el grado de intensidad de su uso con base en la calificación de las limitaciones del terreno para producir en forma sostenida cultivos pastos y bosques sin deterioro del suelo y por periodos prolongados de tiempo Además la capacidad de uso permite hacer predicciones sobre el comportamiento de los suelos basadas en su potencialidad así como a los tratamientos de conservación que deben ser implementados

3 1 2 Antecedentes

En Costa Rica para la evaluación de la capacidad de uso de las tierras se ha utilizado el manual 210 del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Klingebiel y Montgomery 1961) o sistema de las ocho clases agrologicas En los últimos años se ha utilizado esta metodología pero modificada por Vasquez (1981)

Para los fines que se persiguen aquí se ha considerado conveniente transcribir la METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS DE COSTA RICA

(SEPSA 1991), la cual será la herramienta oficial y de aplicación obligatoria en lo referente a este campo

3 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

La estructura del sistema de clasificación de capacidad de uso de las tierras comprende tres niveles: clases, subclases y unidades de manejo.

El sistema incluye también dentro de su nivel tecnológico las prácticas de manejo y conservación de suelos especificadas para cada clase de capacidad, como se indica en la página 48 de Prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas.

3 2 1 Clases de capacidad de uso

Se define como clase a grupos de tierras que presentan condiciones similares en el grado relativo de limitaciones y riesgo de deterioro para su uso en forma sostenible.

3 2 2 Subclases de capacidad de uso

Las subclases son grupos de tierras dentro de una clase que tienen limitaciones del mismo tipo.

3 2 3 Unidades de manejo

Constituyen una subdivisión de las subclases de capacidad de uso que indican el o los factores específicos que limitan su utilización en actividades agropecuarias y forestales. Estas tierras son lo suficientemente homogéneas como para requerir sistemas de manejo y conservación similares.

3 3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CLASES DE CAPACIDAD DE USO

El sistema consta de ocho clases representadas por números romanos, en las cuales se presenta un aumento progresivo de limitaciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Las clases I, II, III permiten el desarrollo de cualquier actividad incluyendo la producción de cultivos anuales. La selección de las actividades dependerá de criterios socioeconómicos.

En las clases IV, V, VI su uso se restringe al desarrollo de cultivos semipermanentes y permanentes. En la clase IV los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional.

La clase VII tiene limitaciones tan severas que solo permiten el manejo del bosque natural primario o secundario. En las tierras denudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural.

La clase VIII está compuesta de terrenos que no permiten ninguna actividad productiva agrícola, pecuaria o forestal, siendo por tanto adecuada únicamente para la protección de recursos.

A continuacion se presenta una descripción detallada de las diferentes clases

Clase I

Dentro de esta clase incluyen tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona

Las tierras de esta clase se encuentran sobre superficies planas o casi planas con erosión sufrida nula con suelos muy profundos de textura media en el suelo y de moderadamente gruesa a moderadamente fina en el subsuelo sin piedras sin problemas por toxicidad y salinidad drenaje bueno sin riesgo de inundación en zonas de vida de condición húmeda período seco moderado y sin efectos adversos por neblina y viento

Clase II

Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos

Las limitaciones que pueden presentar son relieve ligeramente ondulado erosión sufrida leve suelos profundos texturas moderadamente finas o moderadamente gruesas en el suelo y finas o moderadamente gruesas en el subsuelo ligeramente pedregosos fertilidad media toxicidad y salinidad leves drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento riesgo de inundación leve zonas de vida seca o muy húmedas con período seco fuerte o ausente y condición de neblina y viento moderada

Clase III

Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas solas o combinadas que restringen la elección de los cultivos o se incrementan los costos de producción

Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua

Entre las limitantes presentes en esta clase están relieve moderadamente ondulado erosión sufrida leve drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento riesgo de inundación moderado zonas de vida seca o muy húmedas con período seco fuerte o ausente condición de neblina y viento moderada

Clase IV

Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones solas o combinadas que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente

Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas excepto de climas pluviales donde este tipo de cultivo no es recomendable

Las limitaciones se pueden presentar solas o combinadas son relieve ondulado erosión sufrida moderada suelos moderadamente profundos texturas en el suelo y en el subsuelo muy finas o

moderadamente gruesas pedregosos fertilidad media toxicidad moderada salinidad leve drenaje moderadamente lento o moderadamente excesivo riesgo de inundación moderado zonas de vida seca muy húmedas y pluviales con periodo seco fuerte o ausente condicion de neblina y viento moderada

Clase V

Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales semipermanentes permanentes o bosque por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural

Las limitaciones que pueden ocurrir solas o combinadas cuando la pendiente es inferior al 15% son relieve moderadamente ondulado erosión sufrida moderada suelos poco profundos las texturas del suelo y subsuelo pueden ser de finas a gruesas fuertemente pedregosas muy baja fertilidad toxicidad fuerte salinidad moderada drenaje muy lento o excesivo riesgo de inundación severo zonas de vida seca y pluviales con periodo seco fuerte o ausente condicion de neblina y viento fuerte

También podrían presentarse las siguientes limitaciones cuando la pendiente oscila entre 15 y 30% relieve ondulado erosión sufrida moderada suelos poco profundos texturas en el suelo moderadamente gruesas o finas y en el subsuelo de muy finas a gruesas fuertemente pedregosas muy baja fertilidad toxicidad fuerte salinidad moderada drenaje muy lento o excesivo riesgo de inundación severo zonas de vida seca y muy húmedas excepto bosque muy húmedo tropical con periodo seco fuerte o ausente condicion de neblina y viento fuerte

Clase VI

Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal así como cultivos permanentes tales como frutales y café aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas Sin embargo algunas especies forestales como la Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*) en plantaciones puras no son adecuadas para las pendientes de esta clase debido a que aceleran los procesos de erosión de suelos por lo que se recomienda este tipo de uso solo en relieves moderadamente ondulados a ondulados

Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas son relieve fuertemente ondulado erosión sufrida severa suelos moderadamente profundos texturas en el suelo de muy finas a gruesas en el subsuelo de muy finas a moderadamente gruesas fuertemente pedregosas muy baja fertilidad toxicidad fuerte salinidad moderada drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento riesgo de inundación moderado zonas de vida seca y pluviales excepto paramo periodo seco fuerte o ausente condicion de neblina y viento moderada

Clase VII

Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual solo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración forestal por medio de la regeneración natural

Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas son relieve escarpado erosión sufrida severa suelos poco profundos texturas en el suelo y subsuelo de muy finas a gruesas fuertemente pedregosas muy baja fertilidad toxicidad y salinidad fuertes drenaje excesivo o nulo riesgo de inundación muy severo zonas de vida seca y pluviales excepto paramo periodo seco fuerte o ausente condicion de neblina y viento fuerte

Clase VIII

Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Para esta clase se incluye cualquier categoría de parámetros limitantes.

3 4 DESCRIPCIÓN DE LAS SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO

En este sistema se reconocen como factores para definir subclases limitaciones debidas a erosión, suelo, drenaje y clima.

Para determinar las subclases se deben comparar las condiciones del terreno con respecto a las permitidas en la clase I.

Erosión (e)

Es la pérdida actual o potencial de suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por malas prácticas de manejo de la tierra y potencial según el grado de inclinación de la pendiente.

Suelo (s)

Se refiere a las limitaciones que se presentan provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.

Drenaje (d)

Agrupar las limitaciones causadas por exceso o deficiencia de humedad en el suelo o por riesgo de inundación.

Clima (c)

Son limitaciones debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. Para caracterizar las limitaciones por clima, el sistema emplea las zonas de vida (Holdridge 1982), el periodo seco, el viento y la neblina.

3 5 UNIDADES DE MANEJO

Las unidades de manejo constituyen una subdivisión de las subclases de capacidad de uso que indican el o los factores específicos que limitan su utilización en actividades agropecuarias y forestales. Estas tierras son lo suficientemente homogéneas como para requerir sistemas de manejo y conservación similares que permitan obtener respuestas parecidas de los cultivos desarrollados en estas áreas.

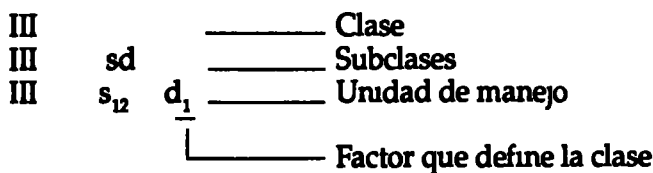
La unidad de manejo es un nivel de clasificación muy específico el cual debe estar correlacionado con el grado de generalización cartográfica del estudio.

Simbólicamente las unidades de manejo se representan por un número romano que indica la clase de capacidad una o más letras minúsculas que indican las subclases de capacidad y uno o más números arábigos como subíndices a las subclases que corresponden a la unidad de manejo. Los parámetros que definen la unidad de manejo y que en total son 14 se describen en el punto 3.6

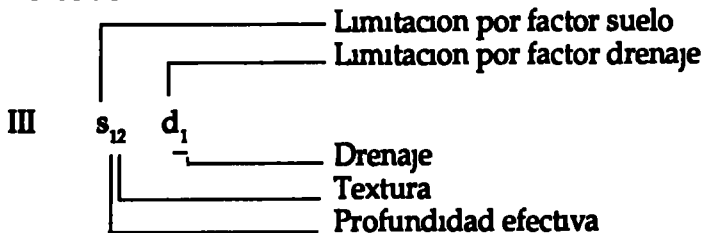
Para definir los factores limitantes específicos se deben comparar con las condiciones establecidas para la clase I para destacar el o los factores de mayor limitación responsables de definir las unidades de manejo el subíndice respectivo se indicará subrayado En cualquiera de los casos las diferentes limitantes llevarán la siguiente secuencia e s d c

Para las clases III a VII el factor de mayor limitacion que diferencia a una clase con la clase anterior se debe indicar con subindice subrayado. Esto ayuda a definir cual es el factor restrictivo para el uso de la tierra

Ejemplo



Así se tiene



3 6 PARAMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO

3 6 1 De erosion (e)

a Pendiente (e_1)

La pendiente de un terreno se expresa como el grado de de clive o sea una relacion entre las distancias vertical y horizontal de dos puntos en terminos porcentuales

Para estudios a nivel de detalle o superiores la pendiente debe tener una mayor consideracion en el microrelieve por lo que la frecuencia de su medicion debe ser mayor pues afecta labores de labranza y movimiento del agua sobre el suelo

Categorías de pendiente en función del relieve

1	Plano o casi plano	0	a	3	%
2	Ligeramente ondulado	3	a	8	%
3	Moderadamente ondulado	8	a	15	%
4	Ondulado	5	a	30	%
5	Fuertemente ondulado	30	a	60	%
6	Escarpado	60	a	75	%
7	Fuertemente escarpado	mas de		75	%

b Erosión sufrida (e_s)

Se refiere al daño visible causado a los suelos por la erosión acelerada. Para medir el grado de erosión se recurre a la observación en el campo de pedestales, raíces desnudas, la existencia de canaliculos, terracetas, surcos, cárcavas, deslizamientos, remoción de masas y la acumulación de sedimentos en el pie de pendientes y vías de desagüe.

Categorías de erosión

1 Nula

Sin síntomas de erosión

2 Ligera o leve (Erosión laminar y/o en surcos ligeros)

Los suelos presentan pocos canaliculos de escasos centímetros de profundidad después de las lluvias. La presencia de pedestales de poca altura (menores a 3 cm) puede ser un índice de erosión leve. Lo mismo que marcas livianas de pisoteo de pastos. Se considera que se ha perdido menos del 25% del horizonte A original.

3 Moderada (Erosión laminar y/o en surcos moderada)

Se observan síntomas de erosión a través de la presencia generalizada de canaliculos y surcos pocos profundos en campos de cultivos en maduración y de trillos poco profundos entre las macollas de gramíneas en pastos o pedestales altos (3 a 5 cm). Se considera que se ha perdido hasta un 50% del horizonte A original.

4 Severa (Erosión laminar y/o en surcos fuertes o cárcavas incipientes)

Se observa la presencia de abundantes surcos aun después del arado, de canaliculos y surcos profundos en campos con cultivos en maduración y la presencia de trillos profundos sin vegetación y pequeños deslizamientos en laderas con macollas sobre pedestales (5 a 10 cm) de tierras en pastos. El suelo ha sido erosionado hasta en un 100% del horizonte A original.

5 Muy severa (Cárcavas profundas y/o densas)

Los suelos están prácticamente destruidos o son fuertemente truncados con exposición del horizonte B. En algunos suelos se produce un microrelieve con cárcavas profundas en patrones dendríticos y en otros hay truncación extrema de los horizontes superficiales con o sin la presencia de cárcavas.

En esta categoría se incluyen los deslizamientos y/o deposiciones masivos de suelos que se han desplazado desde su lugar de origen.

3 6 2 De suelo

a Profundidad efectiva (s_1)

Se define como la profundidad efectiva al grosor de las capas del suelo y subsuelo en las cuales las raíces pueden penetrar sin dificultad en busca de agua nutrimentos y sosten

Su limite inferior esta definido por capas u horizontes compactos que impiden el desarrollo de las raíces como arcillas muy densas y compactas horizontes cementados compactos (panes endurecidos) estratos rocosos o pedregosos continuos nivel freatico asociado con gleizacion horizontes con concentraciones toxicas de algun elemento (Cu Mn Na)

Categorías de profundidad efectiva

1	Muy profundo	Mas de 1	20	cm	
2	Profundo	90	a	120	cm
3	Moderadamente profundo	60	a	90	cm
4	Poco Profundo	30	a	60	cm
5	Superficial	Menos de	30	cm	

b Textura del suelo (s_2)

Las texturas consideradas seran aquellas dominantes en el suelo y subsuelo donde la clase textual sera definida por la limitante mas fuerte del suelo l subsuelo

La textura se refiere a la proporcion relativa de los tamanos de las particulas de la fraccion fina del suelo a saber arcilla limo y arena La textura se determina segun el triangulo textural del USDA

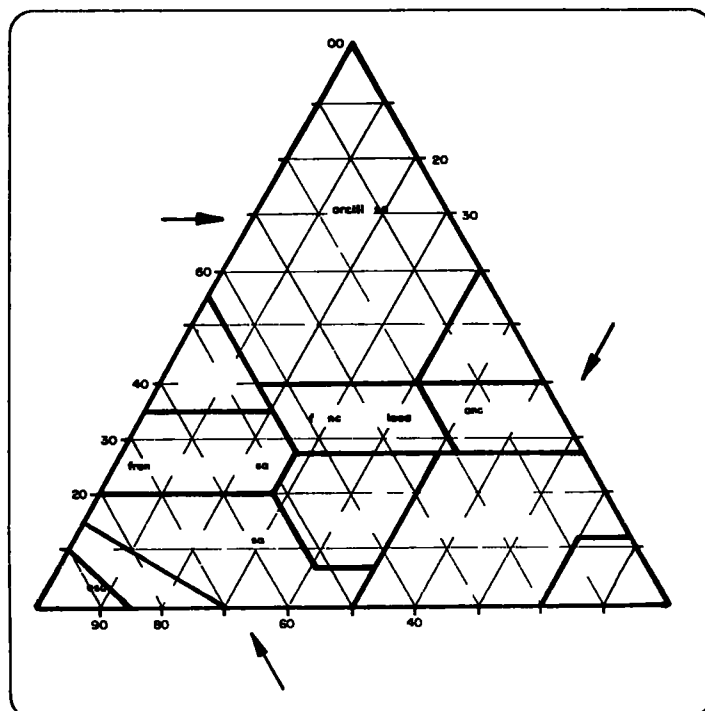


Figura 3 1 Triangulo textural

Categorías de textura

- 1 Gruesas arenosa arenosa franco gruesas y media
- 2 Moderadamente gruesas arenosa franco fina franco arenosa media y gruesa
- 3 Medianas franco arenosa fina franco franco limosa limosa
- 4 Moderadamente finas franco arcillosa franco arcillo limosa franco arcillo arenosa
- 5 Finas arcillosa (menos de 60% de arcilla) arcillo arenosa y arcillo limosa
- 6 Muy finas arcillosa (mas de 60% de arcilla)

c Pedregosidad y/o rocosidad (s₃)

Es el contenido de piedras y rocas que interfieren en las labores de labranza crecimiento de raíces y el movimiento de agua

Para propósitos de este manual la pedregosidad se define como el contenido de grava cuyo tamaño varía de 0.2 a 20 mm las piedras tienen más de 2 cm de diámetro rocosidad es la proporción relativa de exposición de la roca fija ya sea por afloramiento en suelos muy delgados o por conglomerados

Categorías de pedregosidad o rocosidad

1 Sin pedregosidad

No hay piedras o rocas o son tan pocas que no interfieren en la preparación del suelo Las piedras y/o rocas cubren menos de 1 m²/Ha o sea inferior de 0.01% del área En esta categoría se acepta hasta 5% del volumen del suelo con grava

2 Ligeramente pedregoso

El contenido de piedras y/o rocas interfiere con la preparación de terrenos pero sin impedir esta labor

El área cubierta por las piedras y/o rocas varía entre 1 y 10 m²/Ha o sea 0.01-0.1% del área Se acepta de 5 a 10% del volumen del suelo con grava

3 Moderadamente pedregoso

El contenido de piedras y/o rocas es suficiente para dificultar la preparación del terreno por lo que esta labor debe desarrollarse cuidadosamente El área ocupada por las piedras y/o rocas varía de 10 a 300 m²/Ha o sea 0.1-3% del área Se acepta de 10 a 15% del volumen del suelo con grava

4 Pedregoso

El contenido de piedras y/o rocas solo permite la utilización de maquinaria liviana o herramientas de mano para preparar el terreno El área ocupada por las piedras y/o rocas varía de 300 a 800 m²/Ha o sea 3-8% del área Se acepta de 10 a 15% del volumen del suelo con grava

5 Muy pedregoso

El contenido de piedras y/o rocas es suficiente para impedir cualquier uso de maquinaria agrícola en la preparación de terrenos por lo que solo se pueden usar implementos manuales

El área ocupada por las piedras y/o rocas varía de 800 a 2000 m²/Ha o sea de 8 a 20% Se acepta de 25 a 50% del volumen del suelo con grava

6 Fuertemente pedregoso

La superficie se encuentra cubierta de piedras y/o rocas las cuales ocupan entre 20 y 50% de la superficie Sólo se podrán usar implementos manuales ocasionalmente Se acepta de 50 a 75% del volumen del suelo con grava

7 Extremadamente pedregoso

La superficie se encuentra practicamente cubierta de piedras y/o rocas con mas de 50% de la misma cubierta por estas Se acepta más de 75% del volumen del suelo con grava

ch Fertilidad (s4)

Para efectos de la clasificación el criterio de fertilidad se deberá utilizar en aquellos terrenos con pendientes menores del 30%

En levantamiento nivel de reconocimiento a menores se puede utilizar informacion disponible de estudios realizados con anterioridad

Para evaluar la fertilidad del suelo se debera utilizar la determinacion de

Suma de bases extraibles

Porcentaje de saturacion de acidez la cual se determinara por medio de la siguiente formula

$$\frac{\text{acidez}}{\text{suma de bases} + \text{acidez}} \times 100 \quad \text{donde la acidez se extrae con KC1 1N}$$

Categorías de fertilidad

Alta Suma de bases mayor que 10 meq/100 ml y saturacion de acidez menor de 10%

Media Suma de bases mayor de 5 meq/100 ml y saturacion de acidez menor que 50%

Baja Suma de bases menor a 5 meq/100 ml y saturacion de acidez menor a 50%

Muy baja Suma de bases menor a 5 meq/100 ml y saturacion de acidez mayor a 50%

d Toxicidad de cobre (s5)

Es la concentración de cobre en el suelo a nivel toxico

Debido a que la información sobre la concentracion del cobre y sus efectos es escasa la escala que se propone a continuacion es preliminar

Categorías de toxicidad de cobre

Leve	0 25	ppm
Moderada	25 75	ppm
Fuerte	75 150	ppm
Muy fuerte	mas de 150	ppm

e Salinidad (s_6)

Es la concentracion total de sales solubles en el suelo la cual se determina por medio de la conductividad electrica del estrato de saturacion del suelo (Richards 1970)

Categorías de salinidad

Leve	0 4 Mmhos/cm
Moderada	4 16 Mmhos/cm
Fuerte	más de 16 Mmhos/cm

3 6 3 De drenaje (d)

a Drenaje (d_1)

Es la rapidez conque el agua se desplaza ya sea por escurrimiento superficial o por su movimiento a traves del perfil hacia espacios subterrneos

Categorías de drenaje

1 Excesivo

El agua se elimina del suelo rapidamente ya sea porque posee texturas muy livianas o bien pendientes escarpadas y expuestas (sin apreciable cobertura vegetal)

2 Moderadamente excesivo

El agua se elimina del suelo en forma moderadamente rápida Muchos de estos suelos son de textura moderadamente livianas y/o de relieve ondulado

3 Bueno

El agua se elimina del suelo con facilidad pero no con rapidez Los suelos bien drenados tienen comunmente texturas medias sin embargo suelos arcillosos con buena estructura pueden incluirse dentro de esta clase

El nivel freatico se encuentra a profundidades mayores de 120 cm y si aparecen moteos estos están a mas de 90 cm

4 Moderadamente lento

En esta clase el agua se elimina del suelo con cierta lentitud de modo que el perfil permanece saturado (humedad excesiva) durante períodos cortos pero apreciables

Los suelos de drenaje moderadamente lento por lo general tiene una capa de permeabilidad lenta en el perfil o un nivel freatico relativamente alto (60-90 cm de profundidad) y con moteos despues de 30 cm pueden aparecer ocasionalmente horizontes gleizados en el subsuelo

5 Lento

El agua se elimina del suelo con lentitud suficiente para mantenerlo saturado durante periodos muy apreciables de tiempo (3 a 6 meses al año)

Los suelos de drenaje lento tienen usualmente un nivel freático alto entre 30 y 60 cm de profundidad y con moteos a menos de 30 cm y es normal que se presenten capas gleizadas en el subsuelo

6 Muy lento

El agua se elimina tan lento que el suelo permanece saturado por largos periodos de tiempo (6 a 9 meses al año) El nivel freático está por lo general cerca de la superficie del suelo (menos de 30 cm) durante una parte considerable del año y siempre con moteos usualmente desde la superficie

7 Nulo

El agua se elimina del suelo tan lentamente que la capa freática permanece en la superficie o sobre esta la mayor parte del tiempo (mas de 9 meses al año) Estos suelos tienen alto hidromorfismo o gleización a través de todo el perfil

b Riesgo de anegamiento o inundación (d₂)

Se refiere a probabilidad y frecuencia de ocurrencia de un desborde de una corriente de agua fuera de su cauce normal poniendo en peligro la áreas aledanas

El anegamiento puede ser causado por el estancamiento de aguas en depresiones y llanuras en especial sobre suelos con problemas de drenaje

Categorías de anegamiento o inundación

1 Nulo

Los suelos no presentan ningun riesgo de sufrir inundaciones

2 Leve

Se presentan en forma ocasional y por lo general en años excepcionalmente lluviosos sin embargo su permanencia no es mayor de una semana

3 Moderado

Las inundaciones por lo general ocurren todos los años pero su permanencia es inferior a dos semanas

4 Severo

Las inundaciones ocurren varias veces al año y permanecen por periodos cortos (menos de dos semanas)

5 Muy severo

Las inundaciones ocurren varias veces al año y por periodos mayores a dos semanas

3 6 4 De clima (c)

a Zonas de vida (c₁)

La zona de vida es un conjunto de ambitos especificos de los factores climaticos principales constituido por la biotemperatura precipitacion y la humedad los cuales caracterizan una condición ambiental particular para una área geografica determinada (Holgridge 1967)

De acuerdo con el mapa ecologico de Costa Rica (Tosi 1969) el pais cuenta con doce zonas de vida diferentes En la figura 1 aparecen las zonas de vida con los parámetros y su relación

Clases de zonas de vida

Nombre	Sigla
Bosque Seco Tropical	bs T
Bosque Humedo Tropical	bh T
Bosque Muy Humedo Tropical	bmh T
Bosque Humedo Premontano	bh P
Bosque Muy Humedo Premontano	bmh P
Bosque Pluvial Premontano	bp P
Bosque Humedo Montano Bajo	bh MB
Bosque Muy Humedo Montano Bajo	bmh MB
Bosque Pluvial Montano Bajo	bp MB
Bosque muy Humedo Montano	bmh M
Bosque Pluvial Montano	Bp M
Páramo Pluvial Subalpino	pp-SA

b Período seco (c₂)

Se entiende por periodo seco el numero de meses secos consecutivos Se consideran meses secos aquellos donde la precipitacion es inferior a la mitad de la evaporacion potencial

La evaporación potencial se puede determinar multiplicando la biotemperatura media mensual por una constante mensual así

Mes de 28 dias	=	4 52
Mes de 30 dias	=	4 84
Mes de 31 dias	=	5 00

Categorías de período seco

1	Ausente	<	1	Mes
2	Moderado	1	3	Meses
3	Fuerte	>	3	Meses

c Neblina (c₃)

La presencia de neblina deja en las areas de influencia específicamente sobre la vegetacion arborea características facilmente interpretables a su frecuencia y densidad

Categorías de neblina

1 Ausente

Aquí se incluyen los sitios en que la neblina no representan ningún obstáculo para el desarrollo normal de las actividades agrícolas

La categoría comprende las áreas que no tienen influencia de neblina así como aquellas en las cuales existe neblina con poca frecuencia y por periodos de corta duración ya que ocurre sobre todo en algunos días en el invierno y normalmente durante la noche o primeras horas del día. Dos lugares representativos de esta última condición son las ciudades de Cartago y Zarcero

Se reconoce en el campo por la ausencia o poca frecuencia del musgo sobre los árboles el cual puede aparecer inclusive cubriendo parcialmente algunas ramas de la mayoría de los árboles del lugar

2 Moderada

Esta categoría corresponde a lugares afectados por neblina casi a diario durante el invierno y en forma más aislada durante el verano. Generalmente se encuentran tales sitios en sectores de pasos de nubes por lo que muchas de las neblinas son densas causadas por el contacto directo de las nubes con la tierra. Estos fenómenos pueden ocurrir a cualquier hora del día pero son más comunes durante las horas de la tarde y noche

En el campo se determinan tales condiciones por la abundancia de musgo el cual cubre gran parte de las ramas y de los troncos de casi todos los árboles. Este puede ser colgante (5 a 15 cm de longitud) o en forma más corta pero formando capas

Cuando se trata de árboles jóvenes (5 a 10 años) el efecto de neblina es menos notorio en estos casos dependiendo de su edad tendrán por lo general una menor cantidad de musgo

Pueden verse ejemplos de neblina 2 sobre la carretera entre los Cartagos y Vara Blanca al Norte de Heredia o en algunos sectores entre el Empalme y el Cerro de la Muerte

3 Fuerte (Bosque Nuboso)

Corresponde a áreas en las que la neblina es tan frecuente que ocurre casi todos los días y es producida por el casi contacto diario entre las nubes y el terreno. Su comportamiento es muy variado en cuanto a la frecuencia y duración de las masas de nubes pero puede ocurrir durante varias horas en forma continua o en periodos intermitentes

Son sitios fácilmente reconocibles por la abundancia del musgo el que cubre todo o casi todo el árbol formando en la mayoría de los casos una verdadera alfombra sobre las ramas o tronco de los árboles maduros o viejos

Es muy común ver musgos sobre las hojas de los árboles y los árboles aislados casi siempre mueren o son pequeños o deformes ya que es normal que la neblina 3 este asociada con vientos que soplan en forma constante

Por lo anterior es corriente observar que los árboles protegidos del viento (sotavento) tengan los efectos de la neblina 2 mientras que a pocas decenas de metros sobre las lomas los árboles estén cargados de musgo (neblina 3)

Resulta comun observar bajo tales condiciones que los postes de las cercas y aun los cortes de camiones se encuentran cubiertos de musgos aun los bosques naturales de tales sectores son de baja altura y de poca importancia económica y en muchos casos no resulta rentable su manejo Algunos sitios representativos de tales condiciones son el Paso de la Palma la Región al Norte de Balsa de San Ramon y al Suroeste de Monteverde

ch Viento (c4)

El viento ejerce un efecto mecánico directo sobre las plantas desecamiento del ambiente y provoca erosión

Categorías de viento

1 Ausente

Corresponde a la categoria de viento 1 el que no provoca problemas en las actividades agricolas pecuarias o forestales Incluye los vientos constantes o frecuentes con velocidades promedio inferiores a 15 km/hora

En condiciones de viento 1 los árboles crecen verticalmente y expanden sus ramas en todas direcciones

2 Moderado

Comprende el viento constante o muy frecuente con velocidades entre los 15 y 30 km/hora el que causa problemas moderados a la agricultura los que pueden solventarse con la instalación de rompervientos como medidas de proteccion Tambien abarca los de velocidades mayores pero con menor constancia

3 Fuerte

Corresponde a la categoria de viento 3 al que alcanza velocidades superiores a los 30 km/hora y que tiene una frecuencia mayor al 50% del tiempo Este tiene efectos muy perjudiciales para actividades del uso de la tierra llegando a limitar la capacidad de uso de la misma a pastoreo o producción forestal de bajo rendimiento

Se reconoce en el campo porque los árboles carecen de ramas del lado donde sopla el viento y por lo general tienen su tronco inclinado debido a la fuerza del viento y al peso de su copa

3 7 USO DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la clasificación de una unidad de tierra es necesario primero contar con los datos de campo los cuales deben tomarse despues de haber realizado una adecuada premapificación o separación de unidades fisiográficas preferiblemente mediante fotointerpretacion

Parametros específicos para la evaluacion de la capacidad de uso de la tierra como son la toxicidad de cobre y la salinidad deberán evaluarse unicamente en aquellas zonas donde son reconocidos como limitantes a nivel local tal el caso del Pacifico Sur y los litorales respectivamente

Despues de completar la totalidad de los datos referentes a los parametros del sistema se procede a determinar la clase o subclase o unidad de manejo segun corresponda

Para lo anterior se comienza a comparar el respectivo dato del parametro de cada unidad de tierra con los valores permitidos en la clave (*Cuadro 3 1*) Se empieza de arriba hacia abajo es decir de la clase I hacia la VIII la clase resultante sera en la cual coincidan todos los valores de campo con los indicados en dicha clave

En el momento que un valor de un factor a ser clasificado no corresponda con lo exigido por la clave se deberá pasar hacia la siguiente linea de valores a fin de hacerlos coincidir

EJEMPLO PRACTICO DEL USO DEL SISTEMA

De la evaluación agrologica de una parcela en Santa Rosa de Pocosal (San Carlos) el extensionista obtuvo los siguientes datos

Pendiente dominante 14%
 Erosión sufrida ligera o leve
 Profundidad efectiva superior a 120 cm
 Textura en el suelo franco arcillosa
 Textura en el subsuelo arcillosa (menos de 60% de arcilla)
 Sin pedregosidad
 Fertilidad media
 Sin problemas de toxicidad y salinidad
 Drenaje moderadamente lento
 Riego de inundación nulo
 Zona de vida Bosque Humedo Tropical
 Periodo seco moderado
 Sin problemas por neblina o viento

Para determinar la clase de capacidad de uso se procede a comparar los datos con los del cuadro 3 1 de esta metodologia para lo cual se utiliza la siguiente tabla de campo

PARAMETRO	CATEGORIA	CLASE
<i>Erosión</i>		
Pendiente (e_1)	< 15	III
Erosión sufrida (e_2)	Leve	II
<i>Suelos</i>		
Profundidad efectiva (s_1)	> 120	I
Textura (s_2)		
Suelo	Mod fina	II
Subsuelo	Fina	II
Pedregosidad (s_3)	Sin Piedra	I
Fertilidad (s_4)	Media	II
Toxicidad (s_5)	—	
Salinidad (s_6)	—	
<i>Drenaje</i>		
Drenaje (d_1)	Mod lento	II
Riesgo de inundacion (d_2)	Nulo	I
<i>Clima</i>		
Zonas de vida (c_1)	bh T	I
Periodo seco (c_2)	Moderado	I
Neblina (c_3)	—	
Viento (c_4)	—	

De esta comparacion se obtiene que las tierras de esta parcela son de clase III que la subclase es III esd y que la unidad de manejo es III e12 s24 d1

CUADRO 3 1 Parámetros para la Evaluación de la Capacidad de Uso de las Tierras

CLASE	EROSION		SUELOS						DRENAJE		CLIMA			
	PENDIENTE (%)	EROSION SUFRIDA	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURA s2		PEDREGOSIDAD	FERTILIDAD	TOXICIDAD s5 SALINIDAD s6	DRENAJE	RIESGO DE INUNDACION	ZONA DE VIDA	PERIODO SECO	NEBLINA	VIENTO
				SUELO 0.30cm	SUBSUELO <30cm									
	1	e2	1			s3	s4		d1	d2	1	c2	c3	4
I	<3	Nul	120	Medi	Mod. gruesas Mod. finas	Sin piedr	Alta	T x d lev Salin lev	B en	Nul	bh P bh T bh MB	Moderad	Ausente	Ausente
II	8	Nula Lev	90	Mod. Finas Mod. gruesa	Finas Mod. gruesas	Sin piedra ligeramente pedregoso	Medi alta	T x d lev Salin lev	Mod. ces. Mod. lent	Nul leve	Toda cepto pl viales y bnh	Cualquiera	Ausente Moderada	Ausente Moder d
III	<3	Nula Lev	<90	Finas m y finas	Finas m y finas	Sin piedra ligeramente Pedregosos	Alta	T x d lev Salin. lev	Mod. lent lent	Nul Moderad	bs-T bh T bh T	F ert	Ausente	Ausente Moderad
	15	Nula Moderada	60	Finas Mod. gruesas	Finas Mod. gruesa	Sin piedra Mod Pedreg	Medi Alta	T x d Mod Salin lev	Mod. exces. Mod. lent	Nul Moderad	Todas cept pl viales	Cualquiera	Ausente Moderada	Ausente Moderad
IV	<30	Nula Moderada	60	M y finas Mod. gruesas	M y finas Mod. gruesas	Sin piedr pedregoso	Medi alta	T x d Mod. Salin lev	Mod lent Mod. exces.	Nul Moderad	Toda cept Páram bnh-M y bp-M	Cualquiera	Ausente Moderada	Ausente Moderad
V**	15	Nula Moderada	<30	Cualquiera	Cualquiera	Sin piedra fuert pedreg	Cualquiera	T x d. fuert Salin Mod	M y lento excesivo	Nulo severo	Todas excepto Páramo	Cualquiera	Ausente F ert	Ausente F ert
	<30	Nula Moderada	<30	Mod. gruesas finas	Cualquiera	Sin piedra fuert. pedreg.	Cualquiera	T x d. fuerte Salin. Mod	M y lento excesi	Nulo severo	Todas excepto pluviales y bnh-T	Cualquiera	Ausente Fuerte	Ausente Fuert
VI	50	Nula Severa	60	Cualquiera	Cualquier except gruesas	Sin piedra fuert pedreg	Cualquiera	T x d. fuert Salin Mod.	Mod. exces. Mod. lento	Nulo Moderado	Todas excepto Páramo	Cualquiera	Ausente Moderada	Ausente Moderad
VII	75	Nula Severa	<30	Cualquiera	Cualquiera	Sin piedra fuert pedreg.	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Todas excepto Páramo	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
VIII	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Climas pluviales no permiten cultivos nuales en esta cl se

** Esta lase cepta cultivo permanentes sol cua d la profund d d efectiva sea m yor d 60cm y se presenten probl mas de viento y neblina fuertes

*** T xtura aren sa través d tod l perfil (ejempl Psamm ts) se cla ficará com clase VIII

3 8 PARAMETROS MODIFICABLES DE LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

Cuando en una tierra con determinadas limitaciones se desarrollan practicas especificas de manejo y/o de conservación de suelos las cuales corrigen dichas limitaciones la tierra deberá ser reclasificada segun las limitaciones que permanezcan en dicha tierra

Así por ejemplo la pendiente erosión sufrida pedregosidad y fertilidad pueden corregirse parcial o totalmente con prácticas específicas de manejo y conservación de suelos el efecto del viento puede corregirse con la implementación de sistemas de riego y el drenaje puede tambien ser modificado con obras de avenamiento siempre y cuando la textura y la permeabilidad del suelo lo permitan

3 9 PLANIFICACION CONSERVACIONISTA DE FINCAS

El objetivo principal de la planificacion conservacionista de fincas es mostrar al agricultor en forma clara y objetiva las limitaciones las necesidades tecnicas y las potencialidades productivas de cada unidad de tierra de la finca y de toda la finca en su conjunto

Implementando el plan de conservacion el agricultor lograra un aumento de la productividad de los suelos de su finca que se reflejara en un mejoramiento general de sus condiciones de vida

Para el exito de la planificación es determinante que el agricultor sea involucrado en todo el proceso desde la recolección de los datos hasta la formulacion de las opciones de manejo propuestas El tecnico explicara claramente cada paso el plan de conservacion debe ser hecho con el agricultor y no solamente para el de su grado de entendimiento dependera el buen exito de la construccion y mantenimiento de obras fisicas y de la implementacion de toda práctica de manejo recomendada

Una vez que el Servicio de Conservacion ha recibido la solicitud oficial del agricultor (*ver formulario en anexo 2*) a traves de la Agencia respectiva de Extension del MAG el proceso de planificacion se desarrolla a traves de tres fases o pasos principales que en seguida se describen

3 9 1 Primer paso Diagnostico Tecnico-Economico

Entrevistando al agricultor el tecnico recolecta datos e informaciones sobre los costos de produccion sobre las producciones conseguidas y los rendimientos El formulario en Anexo 3 (Análisis Costo Beneficio) puede ser usado en esta fase esto permitira definir la factibilidad economica de las alternativas tecnicas propuestas y evaluar la eficacia de las alternativas realizadas

El tecnico ademas anotara problemas casos e informaciones específicas mencionadas por el agricultor (Ej prácticas de manejo que se mostraron valiosas inefectivas daninas cultivos que posean buena potencialidad de produccion y mercado derecho de paso o de uso de agua para riego otros)

Toda la informacion recolectada en esta fase sera muy valiosa al momento de formular alternativas factibles de manejo

3 9 2 Segundo paso Mapa de situacion actual de la finca

El primer instrumento tecnico necesario para proceder en este paso es el **mapa base** de la finca o área que será objeto de planificacion Para tal fin puede ser usada copia de un mapa catastral puede elaborarse un mapa con base en ampliaciones de fotos aereas puede ser levantado en el campo un mapa planimetrico o topográfico¹ o en fin en ausencia de otros medios puede dibujarse en el campo un croquis aproximado de los terrenos de la finca

La escala adecuada del mapa base para fincas de hasta 20 hectáreas es de 1 1000 o 1 2000 dependiendo del grado de detalle requerido En fincas mayores se requieren escalas de 1 5000 o similares

Recorriendo junto con el agricultor los terrenos de la finca el tecnico conservacionista transfiere en el mapa base toda la informacion relacionada con los recursos fisicos existentes usando la simbologia de mapeo estándar (*Ver Anexo 4*) De esta manera se realiza el Mapa de situacion actual La finalidad del mapa de situacion actual es visualizar el estado actual de la finca En su elaboración el mapa debe contener en forma clara y comprensible toda la información sobre

Recursos de agua cursos de agua permanente y temporáneos salidas naturales de drenaje lagunas areas de mal drenaje manantiales y otros

Recursos de tierra topografia (cotas de referencia depresiones cumbres lineas divisorias de agua) afloramientos de rocas sintomas de erosion pendiente predominante simbolo de unidad de mapeo de suelo y las unidades de capacidad de uso (*ver parrafo 3 1*) En caso de no existir mapa de suelos se procederá de acuerdo con los procedimientos del anexo 5

Recursos de biomasa uso actual de la tierra zonas de proteccion

Infraestructura fisica existente y prevista carreteras y caminos construcciones puentes cercas y linderos, alcantarillas y canales tuberias expuestas y subterráneas lineas de transmision de energia y otros

Una vez que el tecnico determino las unidades de capacidad de uso el subdivide el area de la finca en sectores correspondientes a cada unidad de capacidad y asigna a cada sector un simbolo alfabetico (Ej Sector A Sector B)

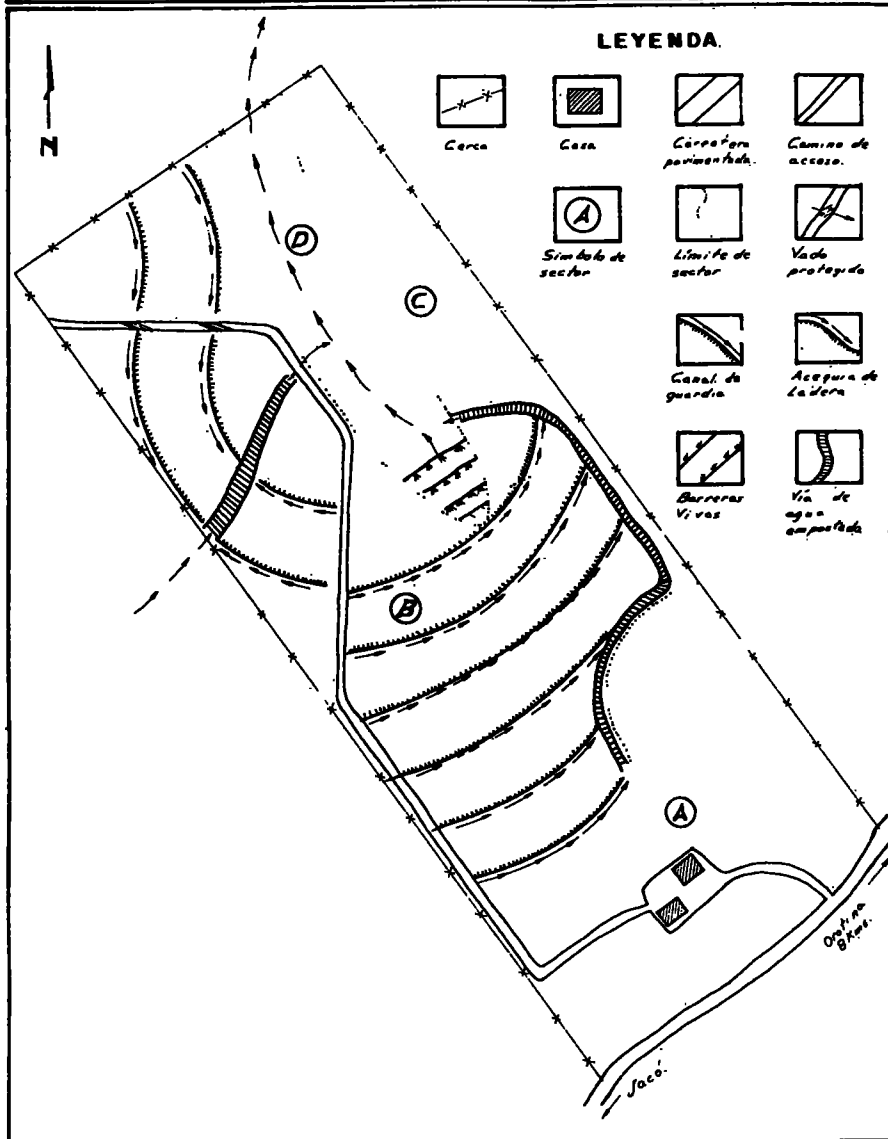
Con base en esta subdivision en sectores el tecnico completa la 'Hoja inventario de recursos fisicos que acompaña el mapa de situacion actual (*Ver pagina a continuacion*) En esta misma hoja bajo la columna Observaciones el tecnico describe en forma concisa las limitaciones de cada sector de la finca

Segun la necesidad el tecnico realizara un muestreo de fertilidad en los distintos sectores para identificar problemas especificos de manejo y evaluar el estado nutricional del suelo

¹ El levantamiento de mapas topográficos es esencial para tipos específicos de planificación (drenaje sistemas de riego represas para conservación de aguas)

MAPA DEL PLAN DE CONSERVACION DE LA FINCA

(ESCALA GRAFICA 1 2 000)



HOJA RESUMEN DEL PLAN DE CONSERVACION

HOJA No. 2

PROPIETARIO DE LA FINCA J. Herrera

SUPERFICIE TOTAL 6.9 Has

PROVINCIA Alejuela

CANTON Orotina

DISTRITO Coyula

CODIGO FINCA 020904003

DIRECCION REGIONAL MAG Esperza

AGENCIA DE EXTENSION AGRICOLA Orotina

TECNICO DE SENACSA XY

FECHA 3 - 2 - 88

SECTOR	SUPERFICIE (Has)	USO PREFERIBLE DE LA TIERRA	PRACTICAS DE MANEJO CONSERVACIONISTA
A	1.8	Cultivos permanentes. (maíz, arroz, mango, papaya)	Terrazas individuales (0307), camino de acceso (0207) Cobertura muerta (0414), Cultivos de cubierta (0415) Compostaje (0419) Fertilización y enmiendas minerales (0421)
B	3.6	Cultivos anuales continuos (maíz, arroz de secano, maíz y frijol)	Canal de guardia (0201) Acequias de ladera (0202) Vía de agua empedrada (0206) Camino de acceso con lados protegidos (0207) o alcantarillas Rotación profunda (0404) Labranza en contorno (0406) Siembra en contorno (0407) Barreras vivas (0408) Abonos verdes (0420) Fertilizantes y enmiendas minerales (0421)
C	0.8	Cultivos permanentes. (maíz, arroz, mango, papaya)	Terrazas individuales (0307) Cobertura muerta (0414) Cultivos de cubierta (0415) Compostaje (0419) Fertilización y enmiendas minerales (0421)
D	0.7	Area de protección	Control de cárcavas (0501)

3 9 3 Tercer paso Mapa del Plan de Manejo conservacionista de finca

En esta fase el tecnico conservacionista analiza las informaciones recolectadas y formula sus recomendaciones. Entre las opciones propuestas selecciona junto con el agricultor el conjunto de soluciones tecnicas que constituyen el plan de la finca

a *Uso preferible de la tierra*

El uso actual de cada lote de la finca debe ser comparado con su uso preferible que es el uso mas apropiado de acuerdo con sus características y limitaciones segun la clase de capacidad

CLASE	USO PREFERIBLE	REQUERIMIENTO EN MEDIDAS DE CONSERVACION DE SUELOS
I	Cultivos anuales continuos	No muy intensivas
II	Cultivos anuales continuos	No muy intensivas
III	Cultivos anuales continuos	Intensivas
IV	Cultivos anuales ocasionales	Muy intensivas
V	Pastoreo	No muy intensivas
VI	Cultivos permanentes	Intensivas
VII	Manejo de bosque natural	
	primario y secundario	No muy intensivas
VIII	Proteccion	Ninguna

De la comparacion puede resultar que el uso actual de la tierra sea

ADECUADO (Ej tierras de clase II bajo cultivo de maiz y maní tierras de clase VI en cafetal o frutales)

INADECUADO *por sobre uso* (Ej tierras clase VI bajo cultivo de maiz)
por sub uso (Ej tierras de clase II bajo praderas extensivas)

En los casos de uso inadecuado el tecnico anotara para cada lote en la hoja resumen que acompaña el mapa del plan de manejo el uso preferible de la tierra

b *Selección de medidas y prácticas de manejo*

Analizando las limitaciones de cada sub-clase de tierra de la finca el tecnico define las medidas y practicas de manejo que deben ser aplicadas para superar el obstaculo representado por las limitaciones y crear entonces condiciones favorables para un uso rentable de cada clase de tierra

Del estudio de fertilidad se desprenderan los requerimientos especificos de manejo de suelos. El sistema FCC (Fertility Capability Clasification Buol y Sanchez 1975) es tambien recomendado para definir lineamientos gruesos de manejo de suelos (*ver anexo No 7*)

La recomendacion final de manejo podra ser un conjunto de distintas practicas. La intensidad de aplicacion de las practicas dependendera de la intensidad de las limitantes de las clases de capacidad de uso de las tierras como se desprende del cuadro N° 3 2

CUADRO 3 2

Prácticas de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas según la Clase de Capacidad de Uso

CODIGO	DESCRIPCION DE LAS PRACTICAS	UNIDAD	CLASES						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
0101	Levantamiento topográfico	Has	X	X	X	X	X	X	X
0102	Estudio de suelos	Has	X	X	X	X	X	X	X
0103	Planificación agroconservacionista de fincas	Has	X	X	X	X	X	X	X
0201	Canal de guardia	Mts lineales		X	X	X	X	X	
0202	Acequias de ladera	Mts lineales			X	X		X	
0203	Terrazas de huerto	Mts lineales			X	X		X	
0204	Terrazas de desviación	Mts lineales		X	X	X			
0205	Muros de piedra	Mts lineales		X	X	X		X	
0206	Vía de agua empastada	Mts lineales		X	X	X		X	
0207	Camino de acceso y drenaje	Mts lineales	X	X	X	X	X	X	
0208	Cortinas rompevientos	Mts lineales		X	X	X	X	X	
0209	Surcos en contorno en pastizales	Mts lineales					X		
0210	Establecimiento de cercas	Mts lineales	X	X	X	X	X	X	X
0301	Canal de desviación	Mts lineales			X	X		X	
0302	Estanque de agua	Mts cubicos		X	X	X	X	X	X
0303	Represa de agua	Mts cubicos		X	X	X	X	X	X
0304	diques en contorno (melgas)	Mts lineales	X	X	X				
0305	Canal de infiltración	Mts lineales		X	X	X	X	X	
0306	Terraza de banco	Mts			X	X		X	
0307	Terraza individual	Unidad			X	X		X	
0401	No labranza	Has	X	X	X	X	X	X	
0402	Labranza mínima	Has	X	X	X	X	X	X	
0403	Labranza profunda	Has		X	X	X			
0404	Roturación profunda	Has		X	X	X			
0405	Labranza superficial	Has	X	X	X	X			
0406	Labranza en contorno	Has		X	X	X			
0407	Siembra en contorno	Has		X	X	X			

CODIGO	DESCRIPCION DE LAS PRACTICAS	UNIDAD	CLASES						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
0408	Barreras vivas	Mts lineales		X	X	X		X	
0409	Barreras muertas	Mts lineales		X	X	X		X	
0410	Rotación de cultivos	Has	X	X	X	X			
0411	Cultivos intercalados	Has	X	X	X	X		X	
0412	Cultivos en fajas	Has	X	X	X	X		X	
0413	Apartos para pastoreo en rotacion	Has					X		
0414	Cobertura muerta (mulching)	Mts lineales		X	X	X		X	
0415	Cultivo de cobertura	Has		X	X	X		X	
0416	Barbecho mejorado	Has		X	X	X			
0417	Sistemas agroforestales	Has		X	X	X		X	
0418	Enmiendas orgánicas animales	Has	X	X	X	X	X	X	
0419	Compost	Mts ³	X	X	X	X		X	
0420	Abono verde	Has	X	X	X	X	X	X	
0421	Fertilización y enmiendas minerales	Kg / Ha	X	X	X	X	X	X	
0501	Control de cárcavas	Has					X	X	X
0502	Control de deslizamientos	Has					X	X	X
0503	Control de inundaciones	Has			X	X	X	X	
0603	Desaguadero lateral	Mts lineales		X	X	X	X	X	X
0605	Aprovechamiento de manantial	Mts ³	X	X	X	X	X	X	X
0606	Sistema de riego	Mts lineales		X	X	X	X	X	
0607	Ubicación de bebederos	Unidad					X		

c Elaboración del mapa Plan de conservación de la finca ²

Los elementos básicos para la elaboración de este plan son

- el mapa de situación actual (párrafo 3.2.2)
- el uso preferible de la tierra (sub-párrafo 3.2.3.a)

² En este acápite se describe la planificación de sistemas de control de erosión. Otras prácticas (Ej drenaje, sistema de riego, represas para almacenamiento de agua y otros) necesitan tipos más específicos de planificación.

las prácticas de manejo seleccionadas (*sub parrafo 3 2 3 b*)
la simbología de mapeo (*Anexo 2*)

Con base en el mapa de situación actual el técnico conservacionista conoce las obras de mejoramiento existentes y previstas (casas establos cercas caminos tubería dentro y fuera de tierra etc) conoce la ubicación de los drenajes naturales y de las salidas de drenaje conoce donde hay tierras degradadas (carcavas deslizamientos) y donde hay rocas no removibles en superficie conoce además las características hidrológicas superficiales de la finca o sea las áreas de vertiente internas y externas

Además en el análisis de las subclases y unidades de manejo el técnico conoce cuáles prácticas aplicar y en cuáles sectores de la finca

Con base en el análisis de fertilidad el técnico sabe cuáles prácticas de manejo requieren los distintos sectores de la finca

El mapa del "Plan de conservación" debe ser trazado en el campo para tomar en cuenta al máximo la situación real a fin de

integrar el plan con las obras de mejoramiento existentes o previstas cuando sean correctas desde un punto de vista conservacionista o proponer modificaciones en el caso contrario
integrar el plan con las condiciones naturales las obras planificadas en contra de la naturaleza siempre son más costosas y con menos garantías de funcionamiento

El técnico conservacionista seguirá los siguientes pasos en la elaboración del mapa "Plan de conservación"

- i) Aislar hidrológicamente la finca o sea interceptar y desviar hacia salidas seguras las aguas de escorrentía que entran en forma descontrolada desde tierras altas. Dibujar en el mapa el trazado propuesto de las obras necesarias. Verificar que las tierras aguas abajo de las salidas de drenaje no sufran efectos negativos
- ii) Seleccionar dentro de la finca los sectores que deben recibir tratamientos específicos de manejo conservacionista se excluyan por lo tanto los sectores de clase I y VIII
- iii) Seleccionar en los sectores a tratar los desagües naturales que se presten como colectores principales de escorrentía (vías de agua) dibujando en el mapa su trazado. En el caso de que no existan desagües naturales se ubicará un desagüe artificial y se dibujará su trazado en el mapa ubicando las prácticas de control de agua necesarias
- iv) Dibujar en el mapa el trazado aproximado de las prácticas biológicas o de las obras mecánicas de conservación seleccionadas para cada unidad de manejo según el espaciamiento adecuado a las condiciones físicas y a las especificaciones de diseño de cada obra
- v) Dibujar en el mapa el trazado de las cercas o de los límites de parcela estos deben seguir cuanto más posible las divisorias de agua y las vías de agua o correr a lo largo del borde superior de las obras de conservación de otra forma deben ser trazadas en contorno o directamente según la pendiente. No deben trazarse cercas o límites de parcelas en sentido diagonal a la pendiente del terreno
- vi) Dibujar en el mapa el trazado del sistema de acceso según los siguientes principios

ubicar los caminos principales en las divisorias de agua
 ubicar los caminos secundarios en contorno y luego abajo de obras de control de escorrentia
 Algunas de estas obras pueden ser tambien usadas directamente como vias de acceso (Ej acequias de ladera terrazas de desviacion terrazas de huerta) a condicion que sean mantenidas cuidadosamente bajo cobertura vegetal permanente y densa

En el caso que los caminos secundarios tengan que ser trazados con pendiente deberan ser protegidos y provistos de drenajes transversales y paralelos

En su conjunto el sistema de caminos internos de la finca debe proveer con la menor longitud total posible un adecuado acceso a todos los sectores de la finca

- vii) En los sectores de la finca aptos para el pastoreo deben ubicarse los bebederos dibujando el trazado de las tuberias y el trazado de los apartos para la practica de pastoreo en rotacion
- viii) Ubicar practicas especificas (Ej Represa en tierra Control de inundacion Sistema de riego) que necesitan una planificacion mas especifica
- ix) Ubicar otras obras complementarias necesarias (Ej portones de cercas alcantarillas vados en los caminos y otros)
- x) Seleccionar para cada sector de la finca las practicas agroconservacionistas y de manejo de suelo necesarias segun las limitaciones y adecuadas segun el uso preferible de la tierra (Ej Roturacion profunda compostaje abonos verdes labranza en contorno)

El mapa del Plan de Conservacion de la finca esta acompanado por una 'Hoja Resumen del plan de conservacion' donde el tecnico anota para cada sector de la finca el area en hectareas el uso preferible las medidas y las practicas de manejo identificadas tambien por codigo (*ver siguiente pagina*)

3 10 USO DEL "PLAN DE CONSERVACION DE LA FINCA"

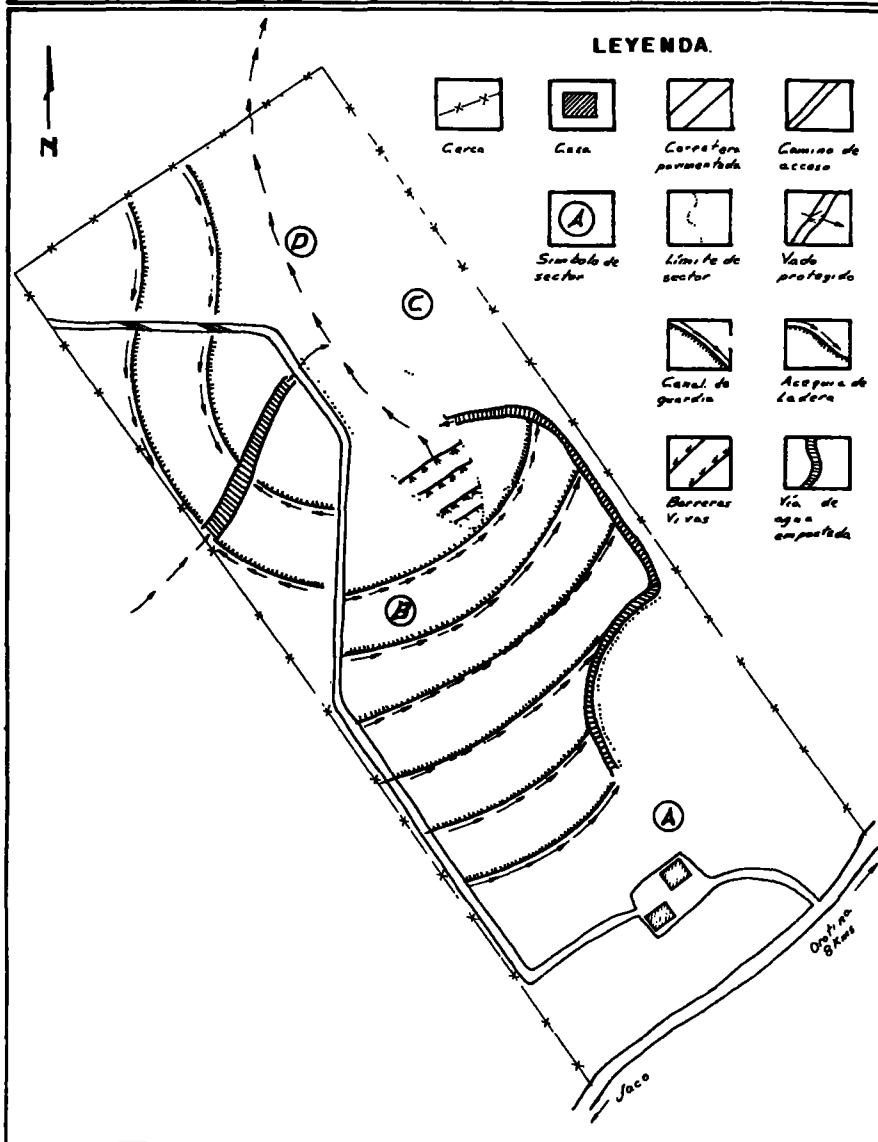
El 'Plan de conservacion de la finca' constituye la referencia tecnica para la firma de la carta de entendimiento (*ver anexo No 6*) entre el agricultor y el Servicio Nacional de Conservacion de Suelo y Agua para la implementacion de las obras y practicas planificadas

Al momento de entrar en fase de implementacion el tecnico conservacionista usa el plan como base tecnica para

- i) Calcular los caudales de escorrentia superficial que deben ser controlados
- ii) Diseñar las obras mecanicas planificadas o seleccionar entre los patrones disponibles el o los disenos adecuados a las condiciones dadas
- iii) Seleccionar la modalidad de ejecucion de las obras mecanicas (manual por traccion animal por maquinaria) y los implementos a usarse
- iv) Estimar el movimiento de tierra y los materiales necesarios para la construccion de obras mecanicas

MAPA DEL PLAN DE CONSERVACION DE LA FINCA

(ESCALA GRAFICA 1:2000)



HOJA RESUMEN DEL PLAN DE CONSERVACION

HOJA No 2

PROPIETARIO DE LA FINCA J. Herrera SUPERFICIE TOTAL 6.9 Has
 PROVINCIA Ajaque CANTON Orotina DISTRITO Cayalar
 CODIGO FINCA 020904003
 DIRECCION REGIONAL MAG Esperza AGENCIA DE EXTENSION: AGRICOLA: Orotina
 TECNICO DE SENACSA XY FECHA 3-2-88

SECTOR	SUPERFICIE (Has)	USO PREFERIBLE DE LA TIERRA	PRACTICAS DE MANEJO CONSERVACIONISTA
A	1.8	Cultivos permanentes. (maíz, mango, papaya)	Terrazas individuales (0307), camino de acceso (0207) Cobertura muerta (0414), Cultivos de cubierta (0415) Compostaje (0419) Fertilización y enmiendas minerales (0421)
B	3.6	Cultivos anuales continuos (maíz, arroz de secado, maíz y frijol)	Canal de guardia (0201) Acequias de lodera (0202) Vía de agua empastada (0206) Camino de acceso con lechos protegidos (0207) o alcantarillas Rotación profunda (0404) Labranza en contorno (0406) Siembra en contorno (0407) Barreras vivas (0408) Abonos verdes (0420) Fertilizantes y enmiendas minerales (0421)
C	0.8	Cultivos permanentes. (maíz, mango, papaya)	Terrazas individuales (0307) Cobertura muerta (0414) Cultivos de cubierta (0415) Compostaje (0419) Fertilización y enmiendas minerales (0421)
D	0.7	Area de protección	Control de córcavas (0501)

- v) Estimar los recursos necesarios para la ejecución de prácticas de agroconservación y manejo de suelo (Ej plantas para el establecimiento de vivero de barreras vivas desechos orgánicos para compostaje o cobertura muerta implementos y fuerza motriz para prácticas de labranza fertilizantes y enmiendas minerales etc)
- vi) Estimar el costo de implementación de cada obra y práctica agronómica y del plan en su conjunto La relación entre el costo total de las obras y prácticas de control de erosión y el valor anual de la pérdida de suelo constituye el tiempo de amortización en años del costo de implementación del sistema de control de erosión
- vii) Programar con base en el calendario climático y de los cultivos y en la disponibilidad económica y de mano de obra del agricultor la ejecución del plan
- viii) Programar la ejecución de estudios más especializados (Ej ubicación de represas en tierra para almacenamiento de agua sistemas de riego drenaje aprovechamiento de manantiales estudios especiales de suelos y otros)
- ix) Programar la ejecución de prácticas específicas de agroconservación y de manejo de suelos (Ej Rotación de cultivos cortinas rompevientos y otras prácticas)
- x) Guiar el trazado de campo de las obras y prácticas planificadas

3 11 ESTRATEGIAS PARA IMPLEMENTAR EL PLAN CONSERVACIONISTA

Intensificación parcial

Después de aplicar la clasificación de capacidad de uso un pequeño productor puede conocer que solo una parte de su finca es cultivable Esta parte de su finca cultivable puede ser mejorada para producir más y compensar con el resto de la finca que no debe ser cultivado intensificándola con un buen sistema de prácticas de manejo y conservación de suelos

Tratamiento progresivo

Los agricultores no deben ser presionados para ejecutar todo el plan conservacionista al mismo tiempo sino que se les debe ayudar a aplicar medidas que controlen la erosión en forma gradual de acuerdo con la disponibilidad de mano de obra y con su entendimiento del beneficio de las obras de conservación ejecutadas con su propia mano de obra y recursos

Flexibilidad

Los agricultores a menudo cambian de aviso en respuesta a una serie de factores que influyen sobre sus decisiones y eso después de haber convenido junto con el extensionista del plan de conservación y de haber firmado la carta de entendimiento El extensionista debe estar preparado y poder adaptarse a la situación proponiendo tratamientos alternativos ya seleccionados a la hora de la planificación Se deben buscar varias soluciones a un problema y no una sola solución rígida tal vez técnicamente ideal pero difícilmente realizable por el agricultor

3 12 PARTICIPACIÓN Y EDUCACION DEL AGRICULTOR

La participación del agricultor es clave para el éxito de cualquier programa de conservación. Un plan de conservación a pesar de ser excelente sin la participación de los agricultores solo se podrá ejecutar con mucha dificultad.

En general hay dos formas de inducir a los agricultores a que participen: una es a través de un programa educativo a largo plazo, un proceso básico y continuo que incluye demostraciones, entrenamiento, reuniones, entrevistas y otras técnicas de extensión; la otra es dándole incentivos financieros o técnicos para promover su participación.

Técnicas de extensión

Un programa de conservación de suelos casi siempre se encara a un reto, pues requiere concientizar que la erosión del suelo es el mayor problema al que se enfrenta el agricultor. Por lo general los agricultores no se percatan que la degradación ambiental es la causa de sus pobres producciones. Por lo tanto, una de las principales metas del extensionista será provocar el cambio de algunas actitudes de los agricultores.

Varios métodos están disponibles para los extensionistas para este trabajo, tales como discusiones informales, reuniones, charlas, uso de filmas, demostraciones de campo, giras de observación y cursos de conservación de suelos.

Las discusiones informales con el agricultor pueden ser una de las técnicas de extensión más efectiva, especialmente en zonas aisladas y donde la gente no está acostumbrada a recibir cursos, asistir a reuniones o recibir visitas de extensionistas.

Presentaciones más formales, tales como charlas, empleo de películas, filmas y demostraciones en clase con grupos de personas, permiten la presentación de más información a más gente y el uso de ayudas audiovisuales hacen las presentaciones más claras. Los cursos permitirán al extensionista enseñar una variedad de técnicas a los agricultores, aunque se debe hacer énfasis en aprender haciendo.

Las demostraciones o días de campo, donde se presenten algunas o todas las técnicas que se quieren promover en el área, son muy interesantes. "Ver para creer" es la principal ventaja de esta técnica, pues al agricultor se le dan ejemplos concretos. Además, estas demostraciones proveen una prueba local para evaluar lo apropiado de las técnicas bajo condiciones locales.

Giras de observación al campo, donde diferentes técnicas de conservación de suelos están establecidas por agricultores, darán la oportunidad al agricultor visitante de evaluar lo que se está haciendo en otras áreas y considerar lo conveniente para su finca. Esto será más valioso si se permite la discusión de los trabajos y el intercambio de experiencias entre agricultores. Incluso los extensionistas podrían convenir con los agricultores que están aplicando las técnicas conservacionistas que enseñen, por lo menos, a dos agricultores más y así se incrementarán los agricultores usuarios (promoción de las técnicas de conservación).

Incentivos

Existen muchas maneras de incentivar a los agricultores para la conservación de sus suelos entre ellas están los alimentos por trabajo créditos semillas y fertilizantes Por lo general estos incentivos están disponibles para grupos de agricultores lo cual facilita atraerlos e involucrarlos en un proceso educativo

Aunque los créditos para cultivos no contemplen todavía rubros específicos para la conservación de los suelos ya se han dado algunos ejemplos en el país de crédito dirigido para los cuales la implementación de prácticas de conservación de suelos es un requisito para el otorgamiento de la segunda parte del crédito (tabaco en Puriscal y cacao en San Carlos)

BIBLIOGRAFÍA

- ARENS,P Breve guia para la seleccion y aplicacion de prácticas de conservacion de suelos y aguas en fincas
Doc Proyecto FAO PAR/83/006 Roma Italia 36p
- CUBERO FERNANDEZ DIOGENES et al 1991 Metodologia para la Determinación de la Capacidad de Uso
de las Tierras de Costa Rica San Jose SEPSA 50 p
- FAO (Italia) 1985 Directivas Evaluacion de tierras para la agricultura en secano Boletin de Suelos.(Italia)
No.52
- HOLDRIDGE L. 1947 Determination of world plant formations from simple climatic data Science 105(2727)
367 368
- KLINGEBIEL,A MONTGOMERY P 1961 Land Capability Classification Agri Hand (USA) 210 Soil
Conservation Service
- LEWIS,S MARTIN G DURBAN C HOLTSCLAW 1988 Conservation Planning Journal al Soil and Water
Conservation USDA 43(1) 40-48
- TOSI J 1969 Mapa Ecológico de Costa Rica San Jose Costa Rica Centro Cientifico Tropical 1 750000 color
- USDA Soil Conservation Service (USA) 1985 Planning, design and installation procedures for conservation
practices Technical Release NY 1 Engineering 42p
- VASQUEZ,A. 1980 Manual de Evaluacion de la Capacidad de Uso de la Tierra San Jose Costa Rica MAG
Dirección de Investigaciones Agrícolas 15p

TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN AGRONÓMICA 4

4.1 PRÁCTICAS AGROCONSERVACIONISTAS

Las medidas agroconservacionistas son prácticas culturales y agronómicas que implican generalmente la utilización de material biológico vivo o muerto para control de erosión.

Estos son de bajo costo de establecimiento y aceptables fácilmente por los agricultores. Muchas de estas prácticas están estrechamente relacionadas con las prácticas culturales. Sin embargo, antes de usar estas técnicas se debe estudiar su compatibilidad con el sistema de cultivo existente y asegurarse de su efectividad para controlar la erosión.

En áreas con pendientes pronunciadas, las prácticas agroconservacionistas deben usarse en conjunto con las estructuras físicas de conservación para obtener los mejores resultados. En cultivo de manzana en ladera por ejemplo, estructuras físicas como terrazas individuales serán combinadas con prácticas agroconservacionistas para mejorar la cubierta vegetal y frenar la velocidad del agua de escorrentía. La eficiencia de las prácticas agroconservacionistas para controlar la erosión es alta en pendiente hasta 15%. En pendientes superiores no son totalmente efectivas y por esto se combinan con obras físicas. La foto No 4.1 muestra un sistema integrado de conservación con acequias de ladera, desagüe protegido, barreras vivas, coberturas y sistema agroforestal (café, maderables).



FOTO No 4.1: Sistema integrado de conservación en cafetal.

4.1.1 Prácticas en contorno

Estas prácticas son básicas dentro de los sistemas de conservación y tienen aplicación en todo el país.

La manera tradicional de labrar la tierra, de sembrar los cultivos y de realizar las operaciones culturales en Costa Rica, es de arriba hacia abajo, en el sentido de la pendiente. Este sistema estimula el escurrimiento del agua y la pérdida de suelos: de tal manera que la erosión laminar y en surcos se manifiestan rápidamente. Además gran parte del agua de lluvia escurre fuera del terreno y causa también daños en otros lugares. El agua infiltrada y almacenada en el terreno es poca. (Fig.No.4.1).

a. Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Las prácticas en contorno consisten en realizar todas las labores y operaciones culturales "en contorno", o sea a curva de nivel o perpendicular a la pendiente.(Fig 4.1)

Su función es de constituir un obstáculo que impida el paso del agua de escorrentía, para disminuir así su velocidad y su capacidad de arrastrar el suelo.

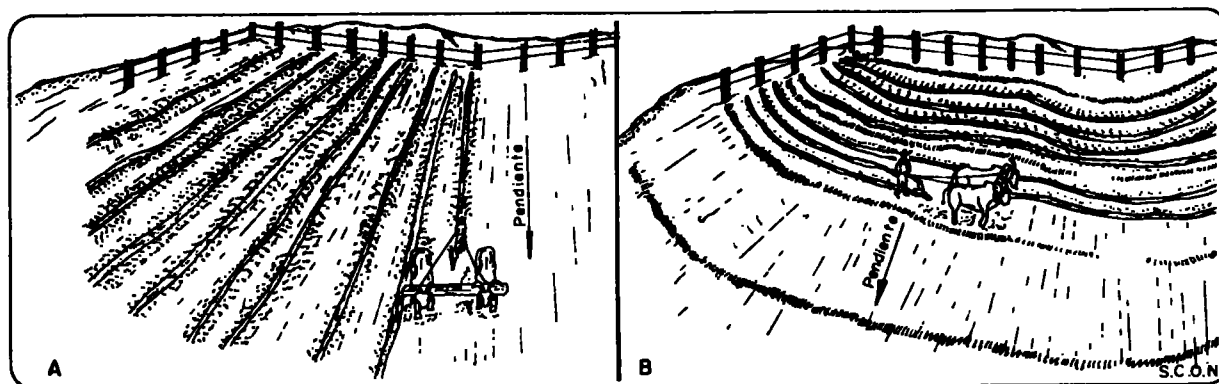


Figura No.4.1

- A) Método tradicional de preparar el terreno a favor de la pendiente.
- B) Preparación del suelo en contorno, con barreras vivas como líneas-guías.

b. Especificaciones

Las prácticas en contorno, como única medida de conservación son efectivas solamente hasta 7% de pendiente, con lluvias livianas a moderadas y suelos permeables. Esto implica que en la práctica siempre se combinarán en Costa Rica con otras prácticas de conservación.

Para la labranza en pendientes superiores a 20%, se recomienda trabajar con la yunta de bueyes o con sistemas manuales, ya que el tractor difícilmente podrá trabajar en contorno.

En cuanto al sistema de siembra, las camas en contorno son difíciles de construir y mantener particularmente en terrenos irregulares y disectados, donde siempre van a existir puntos bajos de concentración de agua y rebalse consecuente, con erosión importante. El mismo problema afecta los surcos en contorno. Por lo tanto, arriba de 7% de pendiente siempre se dará una gradiente de 0,2 a 0,6% a los surcos y las camas, y estos estarán conectados a un desagüe protegido y combinados con acequias de ladera. La foto No.4.2 muestra tal sistema.



Foto No 42 Surcos en contorno con acequias de ladera

c. Ventajas

- La infiltración del agua en el suelo aumenta y así la cantidad de agua almacenada en el perfil
- Como no encuentra caminos preferenciales a favor de la pendiente, el agua de escorrentía provoca menos daños, la erosión es menor y se reduce la degradación de la capacidad productiva del suelo.
- Son prácticas muy sencillas y de fácil adopción por los agricultores.
- Favorece el proceso de terraza progresiva

ch. Limitaciones

- No controlan la erosión en pendientes superiores a 7%, pero se deben aplicar en todos los casos

d. Establecimiento

El trazado de las líneas guías en contorno, en el terreno se hace de la siguiente manera: se procede a trazar en la parte de mayor pendiente una línea recta hacia abajo, en la cual se marca con estacas puntos más o menos distanciados según el grado y la uniformidad de la pendiente. Partiendo de estos puntos, se procede a trazar las líneas en contorno, usando uno de los aparatos disponibles (codal, nivel de manguera, nivel Abney o nivel de ingeniero (ver 5 6 y anexo No 11)

Se recomienda un distanciamiento entre las líneas guías de 10 a 30 m para facilitar la realización de las operaciones culturales en forma paralela a estas líneas

Para las operaciones de labranza, se procede a trabajar paralelamente en las curvas de nivel trazadas o en las obras de conservación establecidas. En el caso de labranza mecanizada en bandas en pendientes suaves, se buscará vertir la tierra hacia abajo para formar progresivamente terrazas siempre y cuando el suelo sea profundo. La figura 4 2 ilustra el procedimiento de labranza con un arado reversible. La primera pasada empieza en la parte más baja (1) del terreno, continuándose el trabajo hacia arriba. En pendientes de 10 a 15 % el resultado después de 4 años de cultivo es un terracedo casi a nivel

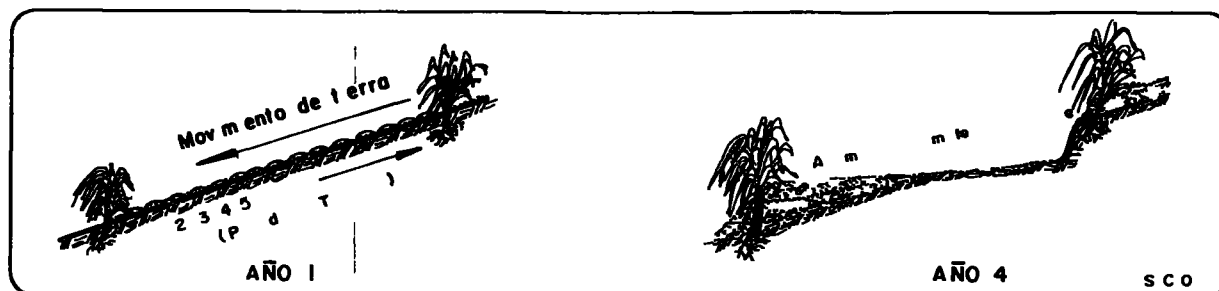


Figura No 4 2 Labranza en contorno en bandas de terreno

Si se usa como guia una acequia de ladera para trazar los surcos se empieza arriba de la primera acequia hacia el lindero de la parte alta del campo trazando los surcos paralelos a la acequia (1) Luego (2) se procede a trazar los surcos de arriba hacia abajo partiendo de la misma acequia pero del lado inferior de tal manera que los surcos esten completos y que las eventuales hijuelas desemboquen en la acequia de ladera inferior y no en otros surcos (ver figura 4 3) Todos los surcos son conectados a un desague protegido

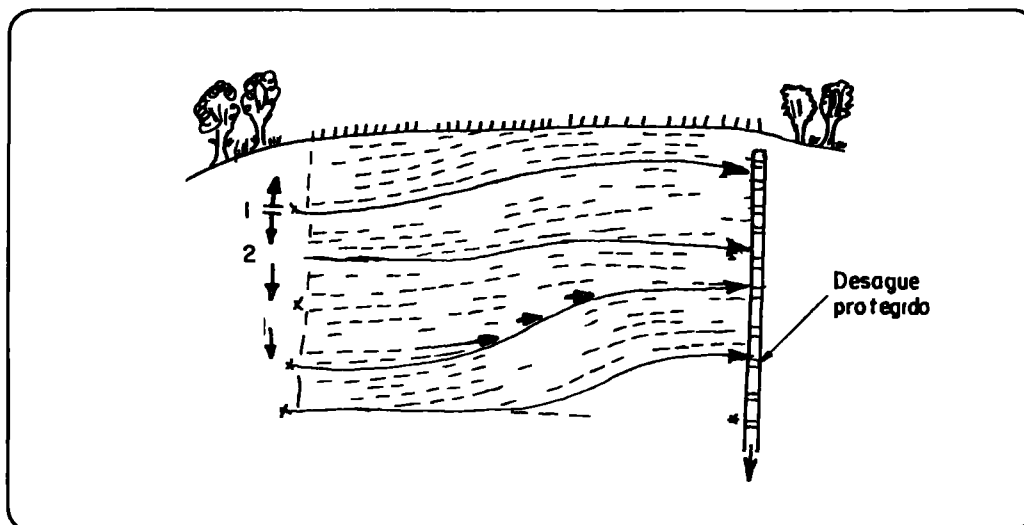


Figura No 4 3 Surcos en contorno entre lineas guias formadas por acequias de ladera

e Mantenimiento

La labranza en contorno ano tras ano forma terrazas en condiciones de pendientes suaves y con suelo profundo Una vez los bancos establecidos las labranzas hacia arriba y hacia abajo se alternaran para mantener el suelo donde esta

En el sistema de surcos y camas en contorno es imperativo mantener los drenajes libres de sedimentos y chequear con frecuencia que no existan puntos bajos de concentracion de agua en estos De observar acumulacion de agua en alguna parte de los surcos se debera rectificar de inmediato el trazado del surco o profundizarlo si fuera factible dependiendo del tipo de suelo y cultivo por sembrar Cuando el cultivo se aporca la profundidad puede alcanzar hasta 30cm

f Costo

Se puede decir que las practicas en contorno llevan un costo parecido a las labores normales de labranza o de siembra salvo en los casos donde la parcela tiene su longitud maxima a favor de la pendiente en este caso las practicas en contorno llevan un costo adicional (caso tipico de las largas y estrechas parcelas orientadas de arriba hacia abajo en las faldas del Volcan Irazu)

4 1 2 Alta densidad de siembra

Esta practica favorece la optima proteccion del suelo a traves del establecimiento rapido de la cobertura vegetal con el follaje

Si el suelo es fertil el aumento de la densidad de un cultivo puede para muchos cultivos llevar a una mejor produccion Esta intensificacion en el espacio puede lograrse con el mismo cultivo o asociando otros cultivos al principal

Esta practica debe estar combinada siempre con otras practicas agroconservacionistas / de manejo de suelo Es muy importante que la siembra en contorno se realice con alta densidad para lograr el efecto de obstaculo permeable

En suelos con 45% de pendiente Mohammed y Gumbs realizaron en 1982 un experimento en Trinidad Con la densidad de 41 500 plantas de maiz por hectarea (a 0 76 x 0 30 m) obtuvieron una perdida de suelo de 32 toneladas por ano y una produccion de 4 18 ton/ha Usando una densidad alta de 62 500 plantas por hectarea (a 0 76 x 0 20 m) la perdida de suelo fue de 20,5 ton/ano y la produccion subio a 4 11 ton/ha Solo con esta medida entonces se logro disminuir la perdida de suelo de 36% y se mejoro el rendimiento en 22% (citado por Geilfus 1985)

4 1 3 Cultivos Multiples (cultivos asociados o intercalados)

a Descripcion, funciones y condiciones de aplicacion

Se refiere aqui a varios cultivos que crecen simultaneamente en la misma parcela La disposicion espacial de los cultivos puede ser en surcos o en fajas En el tiempo los cultivos pueden ser con temporaneos o alternos

Su funcion principal es la de aumentar la cobertura vegetal en el tiempo y en el espacio al formar estratos diferentes arriba del suelo este queda muy bien protegido del impacto de las gotas de lluvia ³

Los cultivos multiples se practican a menudo en la agricultura tradicional en zonas planas o de ladera pero son tambien aplicables en sistemas intensivos de uso de la tierra Se usan en cultivos anuales y permanentes o en la combinacion de ambos

³ Al formar cubiertas permiten formar la localidad del agua de escurrir y disminuir los desperdicios

b Especificaciones

Los cultivos intercalados alternos implican la siembra de un cultivo en otro que alcanza su etapa de reproducción pero que no está listo para la cosecha todavía. Existe un periodo de tiempo de traslape de los dos ciclos productivos.

Los cultivos intercalados en fajas son cultivos limpios y densos sembrados en franjas en contorno que se alternan sistemáticamente en la parcela. Esta práctica es efectiva para controlar la erosión en áreas con lluvias moderadas y pendientes suaves (hasta 12%). En pendientes mayores las fajas deben ser acompañadas de obras físicas de conservación de suelo. El ancho de la faja cultivada varía entre 10 y 30 metros de acuerdo con la pendiente y el tipo de suelo. El ancho de las fajas con vegetación no debe pasar de 5 metros.

c Especies usadas

Para los cultivos intercalados en surcos sean contemporáneos o alternos las especies deben ser compatibles en cuanto a exigencias de crecimiento para lograr una buena producción de ambos cultivos. Los sistemas usados en Costa Rica asocian generalmente a un cultivo anual o perenne con una leguminosa como lo muestran los ejemplos en el cuadro No 4.1.

CUADRO NO 4.1
Algunos ejemplos de cultivos asociados

ASOCIACION	ZONA ()	OBSERVACIONES
Maíz - frijol de guía	baja	Comun. El frijol se siembra a la tapizca del maíz.
Maíz - rabiza	baja	Poco usado.
Maíz - frijol cuba chiverre	alta	Cartago - Cerro de la Muerte.
Papa - arveja	alta	Poco usado.
Plátano - yuca	baja	comun.
Café con frijol	baja	Fase inicial del cafetal.
Café con gandul	baja	Sombra temporal del café.
Cacao con gandul	baja	Sombra temporal de cacao.
Macadamia con café	baja	Fase inicial de la macadamia.
Mango con maíz - frijoles	Baja	Fase inicial del mango.
Tiquisque - yuca	Baja	Poco usado.

() Baja: menor o igual a 1500 m s n m
Alta: mayor a 1500 m s n m

Para los cultivos intercalados en fajas las especies son cultivadas en distintas partes de la parcela y lo importante es buscar la especie adecuada para proveer la cobertura densa. Las gramíneas se usan mucho para este propósito (especies naturales, cereales o especies mejoradas para pastoreo o pasto de corte).

ch Ventajas

Los cultivos asociados permiten a los agricultores varios productos agrícolas sobre la misma parcela con una producción generalmente mayor y escalonada.

A menudo la incidencia de las plagas es menor

La asociacion de un cultivo de porte alto con un cultivo de porte bajo en intercalado alterno puede traer las siguientes ventajas para el segundo

- proteccion contra el viento

- mantencion de un microclima mas humedo lo cual es una gran ventaja al inicio de la estacion seca

- el primer cultivo sirve de soporte fisico para el desarrollo del segundo

Las fajas permiten realizar rotaciones en la parcela alternando las zonas de cultivo

Las fajas densas permiten atrapar los sedimentos transportados con el agua de escorrentia y pueden generar terrazas progresivamente Pueden rendir beneficios adicionales tales como forraje semilla o alimentos

d Limitaciones

Los cultivos multiples implican mano de obra e insumos suplementarios por unidad de área para manejar los cultivos adicionales principalmente porque dificultan la mecanizacion sobre todo en epocas de cosecha

En caso de usar especies perennes para las fajas densas se debera ejercer un control estricto para que estas no invadan los cultivos

En caso de presion muy fuerte sobre la tierra (ejemplo de los pequenos agricultores de la zona Norte de Cartago) la practica de cultivo en fajas no se puede implementar porque el agricultor practica una agricultura comercial con una sola especulacion y el no acepta distraer ni un metro cuadrado de su objetivo

e Establecimiento

El procedimiento para delimitar las fajas en la parcela implica el trazo de las lineas en contorno ya descrito en el parrafo 4 1 1 Una vez ubicadas las fajas se procede a la labranza y a las siembras respectivas

El espaciamento entre surcos del cultivo principal sera ampliado a la hora de la siembra segun el tipo de cultivo asociado

f Mantenimiento

Se debera cuidar que las fajas densas no invadan las fajas con los cultivos limpios

g Costo

Es más caro cultivar una parcela con varios cultivos que cultivar la misma con un solo cultivo pero es mas economico que la suma de los costos para dos cultivos seguidos En efecto la preparacion del suelo beneficia a los dos cultivos asi como varias otras operaciones culturales

El establecimiento de las fajas no trae costo adicional en la medida que el agricultor aprovecha las distintas producciones de las fajas

4 1 4 Cobertura muerta del suelo

a Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Esta práctica consiste en utilizar materiales vegetales muertos para cubrir el suelo esparciendolos sobre la superficie de este

Sus funciones son las de proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia reducir la velocidad del agua de escorrentia y aportar materia organica fresca al suelo

Esta valiosa práctica es deseable en todos los cultivos y durante los tiempos muertos cuando no hay cultivo en la parcela Es de particular importancia en la parte del país con estación seca marcada

Cualquier sistema de cultivo que permita producir material para cobertura en el campo mismo debe ser promovido especialmente en zona de ladera

b Especificaciones

Se usan cantidades del orden de 2 a 5 toneladas por hectarea de material seco y mas del doble si el material es muy fresco El material debe ser picado en trocitos para que no se vuelva hospedero de insectos y hongos

Esta práctica demuestra ser muy eficiente para reducir las pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica hasta pendientes del orden de 20% En pendientes mayores debe ser combinada con obras físicas de conservación de suelo

c Especies usadas

Cualquier material vegetal residual de cultivos en la parcela o de agroindustrias se puede usar como cobertura rastrojos de cultivos anuales paja cañas hojas de banano broza de café cascara de macadamia cachaza bagazo de caña y otros

Un ejemplo de uso tradicional del mulch es la remanga que se realiza después de la zafra de la caña de azúcar consiste en acordonar en contorno cada tres o cuatro surcos los residuos de la cosecha

ch Ventajas

La cobertura cuando se incorpora al suelo permite una mayor infiltración del agua y aumenta la capacidad de almacenamiento de su humedad Esto asegura condiciones óptimas para la emergencia de los cultivos anuales También reduce la evaporación del agua del suelo actuando como un colchón que conserva la humedad Esto es importante para los cultivos en la zona subhúmeda del país

Permite una regulación de la temperatura a nivel del suelo las temperaturas excesivas del día no llegan a maltratar el sistema radicular superficial de los cultivos

La aplicación de la cobertura muerta puede permitir el control natural de la maleza

La cobertura favorece grandemente la actividad biológica del suelo y contribuye a mejorar sus propiedades químicas y físicas

Todo esto resulta por lo general en una mayor producción del cultivo

La siembra de un cultivo directamente en el rastrojo que dejó el cultivo anterior **siembra directa** es una aplicación práctica y conveniente del uso de la cobertura muerta (ver 4.1.5). Las siembras de yuca por estacas y de maíz se adaptan bien a este sistema

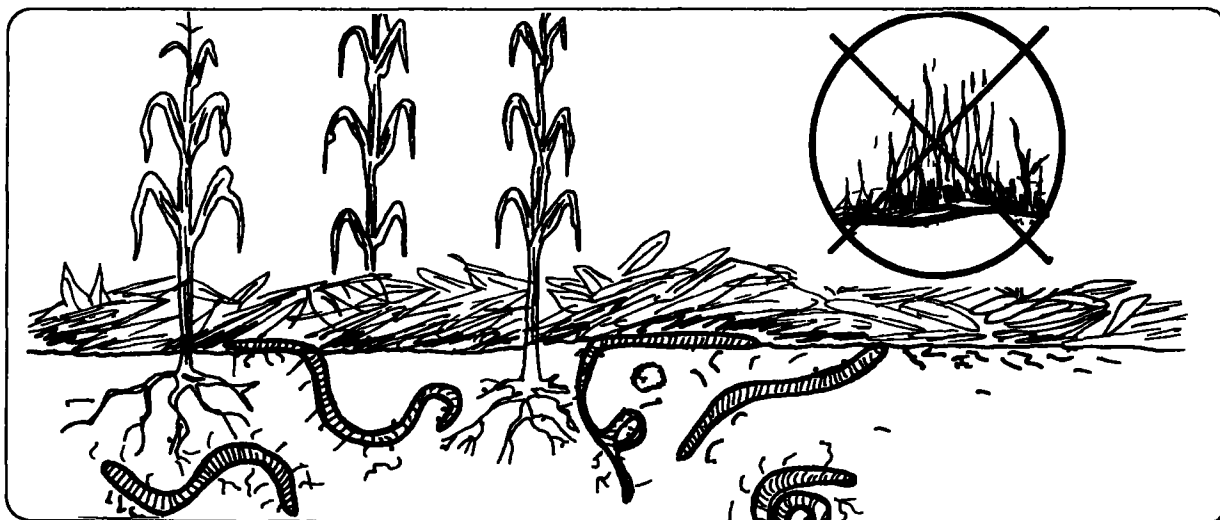


Figura No 4.4 El uso de la cobertura muerta contribuye a mejorar la estructura del suelo por medio de su acción sobre la actividad biológica de las lombrices (tomado del Manual Técnico de Conservación de Suelos de Perú Ministerio de Agricultura 1985)

d Limitaciones

La disponibilidad en materiales vegetales en la finca limita su uso. El mulch puede ser de residuos de la parcela misma o de otra. Puede provenir de un cultivo llevado a cabo para tal propósito y en este caso puede haber una competencia con otros cultivos por el uso del suelo.

En algunos casos los residuos del cultivo no pueden usarse por motivos sanitarios y deben ser evacuados y quemados (papa, tomate y otros).

Se requiere mucha mano de obra para trasladar y esparcir los materiales en el campo.

La quema tradicional en muchos cultivos combustiona el material disponible.

e Establecimiento

En la práctica se recomienda usar en la parcela misma toda la biomasa producida bajo la forma de rastrojos, residuos de poda y de chapia, para que así forme una capa de hojarasca.

Para materiales gruesos como hojas de banano es indispensable realizar una picada en trozos pequeños con el fin de que el mulch forme una capa permeable y fácil de descomponer.

La aplicación de la cobertura muerta se realiza de diferentes maneras según el tipo de cultivo. Para cultivos anuales y perennes en surcos se le aplica en las calles, en bandas. En las plantaciones perennes se puede aplicar la cobertura muerta en una rueda alrededor del árbol y sin que el mismo tenga contacto con el tronco con un espesor de 10 a 20 centímetros. En parcela en descanso la aplicación será uniforme sobre toda la superficie.

Se modulará la cantidad de cobertura a usar en función del tipo de aplicación con base en la norma de 2 a 5 Ton/ha para la aplicación uniforme

f Mantenimiento

Se requieren aplicaciones periódicas (por lo menos una vez al año) para mantener una cantidad suficiente de residuos ya que estos van a ir descomponiéndose. Para algunos casos será necesario controlar la presencia de ciertos insectos y hongos dañinos

g Costo

El costo es variable y depende de la cantidad por aplicar en cada hectárea del tipo de residuos vegetales disponibles y de su cercanía al lugar de aplicación (*ver cuadro No 4 2*)

La forma económica de lograr cierta cobertura muerta es aprovechar los residuos de las prácticas culturales corrientes como las podas y los desyerbos

Suponiendo que un material no muy grueso está disponible se deben considerar las siguientes fases: acarrearlo, picarlo si es necesario y esparcirlo en el terreno

CUADRO NO 4 2

Rango de variación del requerimiento en mano de obra para una aplicación de cobertura muerta

Operaciones	Volumenes (m ³ /ha)	Días hombre (por ha año)	Observaciones
Acarreo()	20 40	1 6 3 3	Se supone que el material está disponible. La picada es muy variable según el material
Picada()	20 40	0 2 5	
aplicación	20 40	0 8 1 6	
TOTAL	20 40	2 4 7 4	

- () Un hombre puede juntar y cargar 12m³ de residuos por jornada de 8 horas (esto es un poco compactado)
 () Un agricultor puede picar o machucar 2m³ de paja o K ng G f o en una hora

4 1 5 Cultivos de Cobertura

Los cultivos de cobertura se usan relativamente poco en Costa Rica a nivel comercial aunque esta práctica es altamente recomendable para controlar la erosión en la fase de establecimiento de plantaciones perennes

a Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Los cultivos de cobertura son plantas anuales o perennes de sistemas radiculares y foliares densos que se intercalan con el cultivo principal para lograr la completa cobertura del suelo e impedir el desarrollo de las malezas

Sirven para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y mejoran las condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo principal aumentando el contenido de materia orgánica del suelo

Los cultivos de cobertura se deben de aplicar en cualquier sistema de cultivo perenne pero también se aplican en cultivos anuales. Son de particular importancia en zonas de ladera

b Especificaciones

Para seleccionar una especie para cobertura se debe verificar que presente ciertas cualidades como

Gran poder de propagación e invasión o sea un crecimiento rápido que permita cubrir rápidamente el suelo

Alta competencia con las malezas indeseables (gramíneas)

Baja competencia en cuanto a luz, agua y nutrientes con el cultivo principal

Perennes rastreras resistentes al pisoteo y a la sombra

Dada la deficiencia generalizada en nitrógeno en los suelos se dará la prioridad a la utilización de especies leguminosas. En este caso, estas deberán mostrar una nodulación efectiva

Preferiblemente que sean especies nativas de Costa Rica lo cual facilita la obtención de la semilla

Algunas especies trepadoras son recomendables para plantaciones de porte alto como papaya, palma africana, frutales, macadamia y otros. Las especies rastreras pueden utilizarse preferiblemente en cultivos anuales y semipermanentes como maíz, yuca, papa, pimienta y otros.

En pendientes superiores a 15% se requieren estructuras de conservación como terrazas individuales, terrazas de huerta o acequias de ladera, las cuales en combinación con el cultivo de cobertura densa permitirán el control de la erosión y el manejo adecuado del cultivo principal.

c Especies usadas y sus características

A continuación se presentan algunos ejemplos de coberturas con cultivos perennes

CUADRO 4.3
Plantas de coberturas usadas en algunos cultivos perennes

CULTIVO PRINCIPAL	PLANTA DE COBERTURA	LUGAR
Palma africana	Kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	Parrita (C R)
Cacao	Oreja de ratón (<i>Geophila repens</i>)	Golfito (C R)
Café frutales	Canutillo (<i>Commelina diffusa</i>)	Ensayo (C R) Colombia
Café frutales	Arachis (<i>Arachis pintoi</i>)	Ensayo (C R)
Café frutales	Cansagente (<i>Oplismenus burmanni</i>)	Ensayo (C R)
Café frutales	Anil rastrero (<i>Indigofera spicata</i>)	Colombia
Papaya Macadamia	Tropiclalo (<i>Paspalum hieronymi</i>)	Hawái

El cuadro No. 4.4 presenta algunas leguminosas que tienen vocación como cultivo de cobertura en Costa Rica. Dentro de estas leguminosas se encuentran 5 especies nativas y varias están bien adaptadas.

Aunque las recomendaciones para cultivos de cobertura van dirigidos hacia el uso de las leguminosas, se han usado desde mucho tiempo gramíneas principalmente en plantaciones perennes.

CUADRO 4.4:
Especies Leguminosas para cultivos y sus características

ESPECIES	NOMBRE COMUN	TIPO DE CULTIVO	HABITO DE CRECIMIENTO	CRECIMIENTO	TIPO DE SUELOS	CLIMA	ORIGEN
1 ZONA TROPICAL BAJA (< 0 = 1500 metros)							
<i>Arachis prostrata</i>	Arachis	Perenne	Rastrero	Mod. lento	Se adapta a suelos ácidos	No resiste la sequía	América del Sur
<i>Calopogonium mucunoides*</i>	Calopo, pica pica	Perenne	Rastrero trepadora No le gusta la sombra	Rápido	Muy variados	Clima subhúmedo Resiste sequía	América Tropical
<i>Centrosema pubescens*</i>	Centrosema	Perenne	Rastrera trepadora	Mod. lento	Suelos arenosos Tolera suelos ácidos. Susceptible a mal drenaje	Resiste sequías Clima húmedo	América Tropical
<i>Desmodium* triflorum</i>	Pega pega	Perenne	Rastrera trepadora	Mod. lento	Suelos bien drenados	Resiste sequía Secos y húmedos	América Tropical
<i>Dolichos lab lab</i>	Dolichos	Semiperenne	Trepadora	Rápido	Suelos bien drenados	No tolera sequías	Australia
<i>Indigofera spicata*</i>	Anil rastrero	Perenne	Rastrero	Rápido	Suelos bien drenados. Tolera suelos ácidos	Tolera sequía por 1250-2500 mm	América Tropical
<i>Macroptilium atropurpurea*</i>	Sirat	Perenne	Rastrera o trepadora	Rápido	Variados	Tolera sequía	América Tropical
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Kudzu tropical	Perenne	Trepadora vigorosa	Lento al inicio	Tolera suelos ácidos. Se adapta a muchos suelos. Suelos bien drenados.	No tolera sequía p: > 1500 mm	India
<i>Stilozobium deeringianum</i>	Frijol terciopelo, mucuna	Anual a semiperenne	Enredadera larga, trepadora	Rápido	Se adapta a muchos suelos.	Tolera sequía	India
<i>Stylosanthes gracilis*</i>	Stylo, alfalfa del Brasil	Anual a semiperenne	Arbustivo	Lento al inicio	Tolera suelos ácidos. Suelos bien drenados	Tolera sequía p: 900-2500 mm	América Tropical
<i>Vigna sinensis</i>	Caupi, rabiza, frijol de vaca	Anual	Rastrera o arbustiva	Mod. lento	Tolera suelos pobres y ácidos	Tolera exceso de humedad y sequía	África

(*) Especies nativas, recolectadas en los diferentes ecosistemas del país, por A. Kretchmer Jr y M. Lobo Di Palma (1986).

CUADRO 4.4:
Especies Leguminosas para cultivos y sus características

ESPECIES	NOMBRE COMÚN	TIPO DE CULTIVO	HABITO DE CRECIMIENTO	CRECIMIENTO	TIPO DE SUELOS	CLIMA	ORIGEN
2 ZONA ALTA (> 1500 metros)							
Lotus corniculatus	Trebol pata de pájaro	Perenne	Rastrera	Mod. lento	Muy variado. Tolerante a suelos alcalinos.	Clima fresco. Tolera la sequía	Asia
Medicago sativa	Alfalfa	Perenne	Tallos erect.	Mod. lento	Muy variado. Tolerante a suelos alcalinos.	Clima fresco. Tolera la sequía	Asia
Trifolium pratense	Trebol rojo	Perenne	Erecta	Mod. lento	Prefiere suelos ricos en materia orgánica.	Clima fresco. Resiste las heladas	Asia
Trifolium repens	Trebol blanco	Perenne	Rastrera	Mod. lento	Muy variados	Tolera exceso de humedad	Asia
Vicia sativa	Veza común	Anual	Trepadora	Mod. lento	Variados	Clima fresco	Asia

El Cuadro No 4 5 presenta algunas especies principalmente gramíneas interesantes o usadas como plantas de cobertura la mayoría de las cuales son malezas nativas

CUADRO NO 4 5

Especies comunes para cobertura

ESPECIE	NOMBRE COMUN
Axonopus compressus	Yerba alfombra
Brachiaria ruziziensis	Congo pasto Ruzi
Commelina diffusa	Canutillo
Galinsoga sp	Mielcilla
Geofila repens	Oreja de raton
Oplismenus burmanni	Cansagente
Paspalum hieronymi	Tropic Lalo paspalum
Paspalum notatum	Jenjibrillo
Pseudochimoleuca polystachya	Coneja golondrina

ch Ventajas

Reducen el escurrimiento de las aguas de lluvia y permiten conservar mayor humedad en el suelo
 Reducen considerablemente las pérdidas de suelo al mantener una cobertura constante
 Mejoran las condiciones físicas del suelo por medio de su sistema radicular superficial
 Protegen el suelo de los cambios bruscos de temperatura
 En el caso de gramíneas presentan una alta agresividad para controlar las malezas son de rápido establecimiento y prosperan relativamente bien a la sombra
 Las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico del suelo

d Desventajas

Los cultivos de cobertura compiten con el cultivo por humedad luz y nutrientes y en algunos casos reducen los rendimientos del cultivo principal
 Las gramíneas demoran en lograr la cobertura completa pero son difíciles de erradicar y compiten fuertemente con el cultivo especialmente por el nitrógeno y el fósforo
 Pueden ser hospederos de plagas y enfermedades Algunas leguminosas pueden ser hospederos de nematodos que afecten el cultivo principal
 Representan un gasto adicional en la economía de la finca además de la relativa dificultad en la operación y consecución del material de siembra
 En pendientes superiores a 15% deben combinarse con otras obras de conservación de suelos

e Establecimiento

Existen 3 sistemas de manejo de las coberturas

Siembra Consiste en sembrar el cultivo de cobertura con semilla sexual o vegetativa antes o después de el establecimiento del cultivo principal (ver foto 4 3)



Foto No 43 Establecimiento de *Arachis pintoi* como cobertura en cafetal establecido.

- *Enmalezado selectivo* Consiste en aprovechar las especies de malezas, son interesantes como cobertura
- *Cubierta Natural*. Consiste en manejar la cubierta natural en donde van a predominar las gramíneas y en chapearla con frecuencia para mantenerla a un nivel bajo. Es relativamente económico (ahorro de mano de obra), pero puede haber problemas serios de competencia por los nutrientes con el cultivo principal

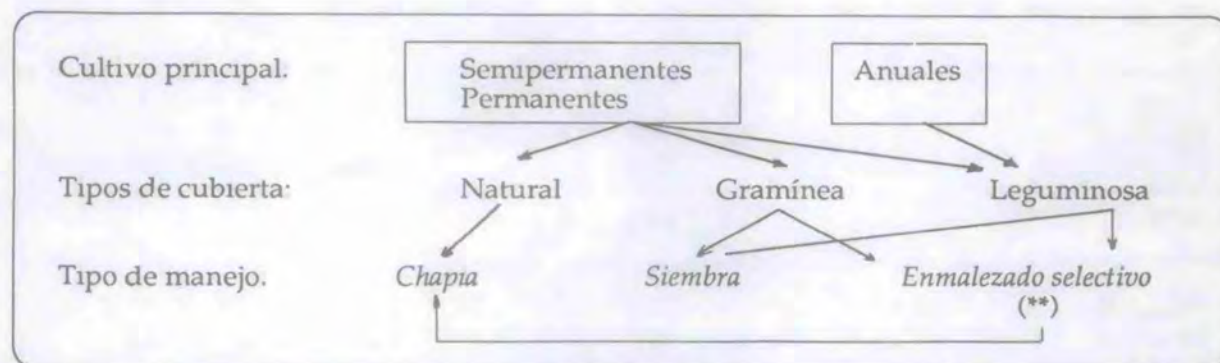


Figura No 45 Sistemas de manejo según la cobertura deseada

(**) Existe un cuarto tipo de manejo que consiste en limpiar completamente el suelo de su vegetación y cubrirlo directamente con una capa de residuos vegetales (ver parte 4.1.3)

f Mantenimiento

Un caso particular es la siembra del cultivo anual en hileras dentro de una cobertura viva de leguminosa para poder hacer la siembra, el agricultor limpiará y removerá las leguminosas solo sobre las hileras, de tal manera que las interlíneas queden cubiertas con la leguminosa. Deben ser regularmente cortadas o chapeadas, para que no afecten el crecimiento del cultivo principal, y los residuos dejados como cobertura. Es conveniente realizar esta operación al inicio de la estación lluviosa, para disminuir la competencia hídrica y aprovechar los beneficios de la cobertura.

En el sistema de siembra y dependiendo de la especie escogida habra necesidad o no de hacer chapias selectivas para ayudar al establecimiento de la cubierta En cultivos anuales se puede requerir una chapia o una pasada de herbicida para mantener la cubierta entre calles

En el enmalezado selectivo el manejo puede ser manual (arranque chapia) manual + quimico y quimico Siempre se deben mantener las rodajas limpias alrededor de los arboles o mantener la cubierta entre las calles del cultivo

En el sistema de cubierta natural los desyerbos se limitan a la rueda de los arboles o se pueden practicar en franjas por ejemplo en cafe (desyerba parcial)

g Costos

Hay que considerar los varios tipos de cobertura sembrada enmalezado selectivo y natural Cada uno implica un manejo distinto y costos diferentes

Se va considerar un ejemplo con un cultivo principal perenne el cafe

Se presenta a continuacion el cuadro 4 6 con los requerimientos de mano de obra sin tomar en cuenta otros costos

CUADRO 4 6

Requerimiento en mano de obra para establecer y mantener anualmente una cobertura en plantacion perenne

Operaciones	Dias hombre por ha y por ano		Observaciones
Chapia 1	5 0		Manejo de cobertura natural
Chapia 2	5 0		
TOTAL	10 0		
Desyerbos selectivos (4 veces)	4x4 0 = 16 0		Enmalezado selectivo
Chapia	5 0		
TOTAL	21 0		
Desyerbo con herbicida	7 0		Siembra de una cobertura
Siembra de estolones/semilla	15 0	8 0	
Desyerbo selectivo	4 0		
Chapia	5 0		
TOTAL	31 0	24 0	

4 1 6 La labranza mínima

a Descripción funciones y condiciones de aplicación

La labranza mínima es la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta

Esta forma de labranza reduce muchísimo la labor de remoción del suelo en efecto solo se prepara el suelo en las fajas constituidas por los surcos donde se va a sembrar (**Labranza mínima continua**) o en los huecos de siembra (**labranza mínima individual**)

La labranza mínima en su forma extrema es la **cero labranza** así llamada porque la siembra se realiza directamente en el suelo sin labranza previa También se llama siembra directa

La función principal de la labranza mínima es la de disminuir la susceptibilidad del suelo a la erosión en comparación con la labranza tradicional que abarca la totalidad de la superficie de la parcela En efecto como ya se explicó en el capítulo 2 cualquier remoción del suelo aumenta el riesgo de erosión Con la labranza mínima una parte más o menos importante de la parcela se queda bajo cobertura vegetal inicial sea esta viva o muerta

El concepto de labranza mínima se aplica a una amplia gama de suelos cultivos y condiciones topográficas Esta muy bien adaptado a tierras de ladera con pendientes hasta 50% y a los cultivos extensivos como los granos básicos La cero labranza no solo se utiliza con sistemas extensivos de uso de la tierra en condiciones casi marginales para la agricultura (como el frijol tapado) si no que se practica también en terrenos planos con maquinaria especial y sistemas intensivos de uso de la tierra Aunque dichas máquinas no existen todavía en el país su potencial futuro es enorme (31% de la superficie del país tiene relieve plano o suavemente ondulado)

b Especificaciones

Esta práctica viene combinada con el manejo de la cobertura vegetal (residuos de cultivos y control de maleza) a distintos niveles dependiendo de las condiciones de aplicación de la práctica Existen 3 modalidades de aplicación que se detallan a continuación

En la labranza mínima continua (en surcos) solo se remueve una faja estrecha (70 30 cm de ancho) que será ocupada por el cultivo (ver fig 4 6) Se realiza en contorno La distancia entre las fajas depende del tipo de cultivo y de la densidad de siembra deseada El trabajo se realiza en general con arado de bueyes o manualmente con pico o azadón Este tipo de labranza se realiza también con maquinaria se puede usar el arado de cincel y la surcadora correctamente calibrados para este propósito El motocultor se presta muy bien para este tipo de trabajo

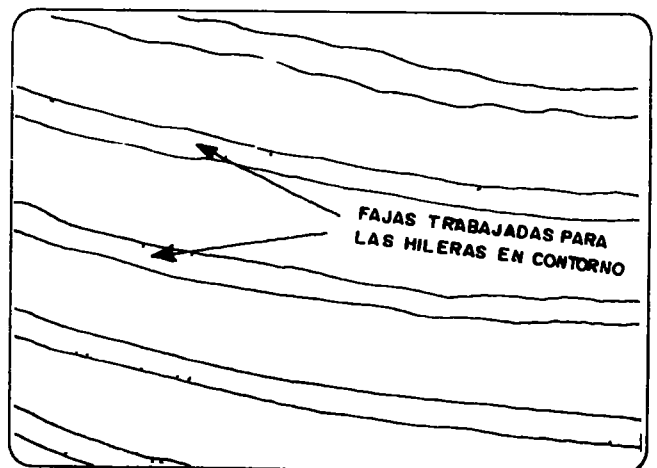


Figura No 4 6 La labranza mínima en surcos

En la labranza mínima individual solo se prepara la tierra alrededor del sitio donde se va a sembrar. El suelo es removido en forma circular sobre 20-30 cm (rueda) y más según el cultivo (Fig 4 7). Se deja sin tocar entre los surcos y entre las ruedas. El trabajo se realiza manualmente.

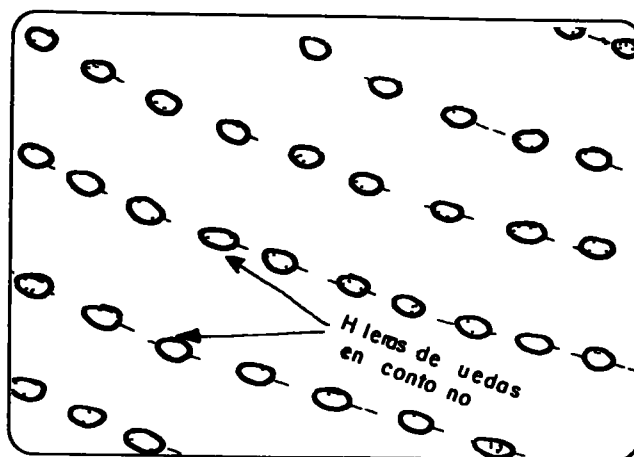


Figura No 4 7 La labranza mínima individual

La cero labranza es una forma tradicional de sembrar granos básicos en laderas. Se conoce también como siembra con espeque. Consiste en abrir un pequeño hueco en el suelo con el espeque solamente suficiente para enterrar la semilla (Fig 4 8).

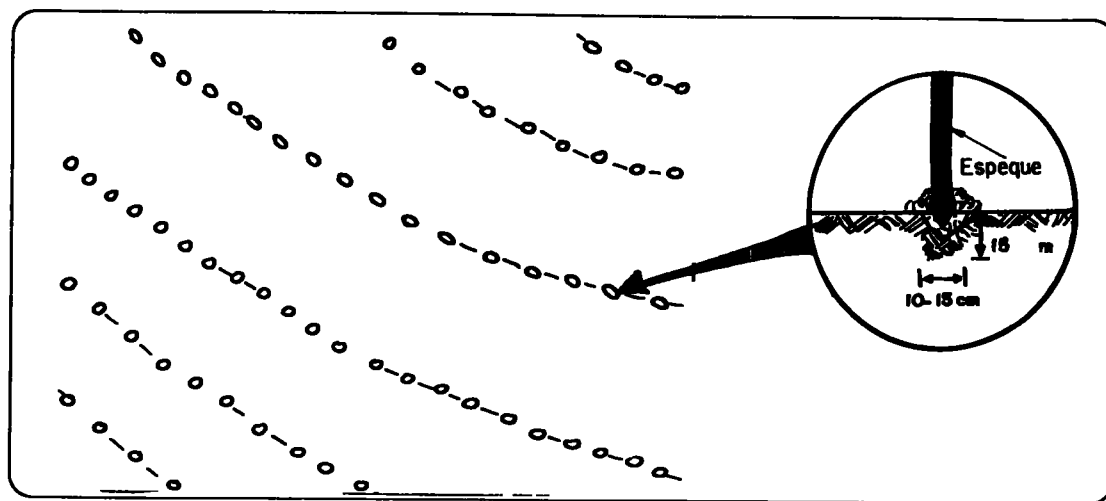


Figura No 4 8 La cero labranza con espeque

El trabajo se realizó manualmente en este caso lo mismo que en el sistema tradicional de ladera conocido como frijol tapado. En este sistema se riega la semilla en el charral luego se le chapea para que forme una cubierta húmeda que va a favorecer y sostener el desarrollo del frijol.

La siembra directa con maquinaria agrícola consiste en sembrar granos en el rastrojo del cultivo anterior. Este rastrojo debe haber sido picado previamente para facilitar el trabajo de la sembradora y la emergencia de las plántulas. La maquinaria que se usa para esto es especial y solo trabaja correctamente en terrenos planos (<15%). La sembradora es más pesada que la convencional para penetrar la capa de rastrojo con facilidad. Esta constituida por un sistema de tres discos con un delantero acanelado que corta el rastrojo y hace la abertura del surco y con un sistema de dos discos donde va localizado el tubo de descarga de la semilla y del fertilizante.

c. Cultivos en los cuales se aplica

- La labranza mínima continua manual se aplica bien a parcelas grandes en ladera con cultivos extensivos en hileras (maíz, frijol, arroz)
- La labranza mínima individual se aplica bien a parcelas más pequeñas en ladera con cultivos que requieren una atención más intensiva, como yuca, cucurbitáceas, camote, tomate y chile
- La labranza cero se aplica en parcelas extensivas para los granos básicos, y en su forma mecanizada, se aplica para cultivos intensivos de maíz, frijol, sorgo, soya y arroz

ch. Ventajas

- En la labranza mínima continua o individual, se mantienen las ventajas de la labranza convencional en las áreas de siembra la capacidad de almacenamiento de humedad aumenta, se mejora el control de malezas e insectos del suelo, y se facilita la incorporación del abono orgánico y de los fertilizantes.
- La cantidad de trabajo requerido para preparar la tierra se reduce mucho
- En labranza mecanizada de siembra directa, se mejora progresivamente la estructura del suelo gracias a la descomposición e incorporación de la materia orgánica de los rastrojos. Se obtiene también una mejor retención del agua en el suelo y una protección eficiente contra el impacto de las gotas de lluvia, gracias al efecto de la cobertura (*ver 4.1.3*). Debido a la reducción del número de pases de la maquinaria y al buen manejo de la estructura, no ocurre compactación de los horizontes subsuperficiales. Finalmente, la siembra directa provee mayor flexibilidad para sembrar en el momento oportuno se puede sembrar en condiciones más húmedas o más temprano en la temporada, permitiendo en condiciones de secano mayor seguridad para las cosechas
- El sistema del frijol tapado constituye una buena alternativa para los pequeños agricultores en zonas marginales de producción, y reduce la erosión al mínimo (*ver foto No 4 4*.)



Foto No 4 4 Sistema tradicional del frijol tapado.

d Limitaciones

La cero labranza con espeque no provee casi ninguna ventaja en cuanto a almacenamiento de humedad desarrollo de las raíces y control de malezas e insectos Tradicionalmente va asociado con la quema de los rastrojos antes de la siembra lo cual aumenta la susceptibilidad del suelo a la erosión y desperdicia mucha materia orgánica

Se debe realizar a menudo un fuerte programa de control de malezas

Los rastrojos deben ser picados para reducir el peligro de hospedero para insectos (costo)

La siembra directa mecanizada presenta problemas severos de control de malezas los primeros años de usar el sistema en la parcela los cuales van desapareciendo después Los rendimientos iniciales son un poco deprimidos también antes de alcanzar los rendimientos de la labranza tradicional y a menudo de sobrepasar estos

e Establecimiento

Todos los sistemas arriba descritos se realizan en contorno según el procedimiento explicado en el párrafo 4.1.1

El espaciamiento entre surcos ruedas o golpes de espeque dependerá de la densidad adoptada para cada cultivo

f Mantenimiento

En caso de labranza mínima se deberá mantener las condiciones óptimas para el crecimiento de los cultivos mediante las prácticas culturales usuales (desyerbas parciales y aporques)

En el caso de la cero labranza la utilización de los residuos picados de la vegetación natural chapeada como cobertura es indispensable para el éxito de la siembra

g Costos

Los sistemas de labranza mínima son más económicos que la labranza tradicional a pesar de que se deba tomar en cuenta el costo del control suplementario de malezas y del manejo de los residuos de cosecha

A mediano plazo como se dijo antes los sistemas de siembra directa mecanizada son realmente más económicos y procuran el adecuado manejo y conservación del suelo

4.1.7 Las barreras vivas

La utilización de barreras vivas para el control de la erosión se conoce en Costa Rica desde hace muchos años y fue promovida en el tiempo de STICA en los años 50 por medio de las agencias agrícolas especialmente para ser utilizada en cafetales

Se han venido usando distintos materiales como el ñabo (Yuca elefantes) la sansiviera (*Sansevieria trifasciata*) el zacate violeta (*Vetiveria zizanioides*) y otros pero entre estos el zacate limón (*Andropogon citratus*) es el que ha tenido mayor aceptación por parte de los agricultores Además de controlar la erosión el pasto limón es conocido por los agricultores también como planta repelente de insectos cortina rompeviento cortafuego y como material de estabilización de taludes de carreteras

a Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembradas perpendicularmente a la pendiente (curvas de nivel). Las plantas se siembran una cerca de la otra para formar una barrera continua.

Elas sirven para reducir la velocidad del agua de escorrentía y además actúan como filtros vivos atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre sobre el suelo (Fig 4 9 y 4 12)

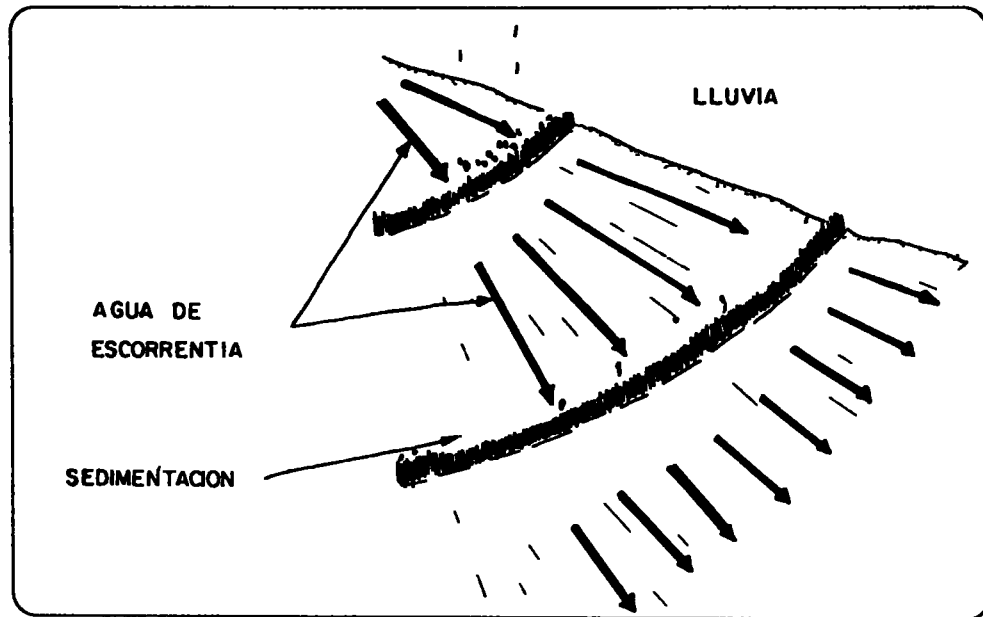


Figura No 4 9 Funciones de la barrera viva

Las barreras vivas impiden que el flujo del agua adquiera una velocidad erosiva al cortar el largo de la pendiente en pequeñas longitudes. Permiten al limo sedimentar a la vez que favorecen la infiltración de agua en la ladera. Por lo tanto alargan el tiempo de concentración y logran que el agua en exceso llegue al pie de la ladera sin haber sido concentrada en algún lugar.

Hasta 15% de pendiente y para suelos profundos las barreras vivas logran detener la degradación del suelo en niveles tolerables siempre y cuando vayan acompañadas de buenas prácticas agronómicas (cultivos en contorno, cobertura viva o muerta).

Sin embargo, en suelos con baja capacidad de infiltración de agua, las barreras vivas necesitan obras de conservación complementarias como terrazas de desviación y acequias de ladera, por ejemplo. Lo mismo en el caso de pendientes del 15 a 60%.

En pendiente superior a 60% se usarán sistemas biológicos como barreras vivas y fajas amortiguadoras asociadas con especies de árboles de raíz pivotante profunda.

La foto No 4 5 muestra un sistema integral de conservación de suelos utilizando barreras vivas.



Foto No 4 5 Sistema integral de conservación y manejo de suelos en cafetal

- Acequias de ladera combinadas con barreras vivas
- Café en contorno
- Cultivos intercalados macadamia, gandul
- Fabricación y uso de "compost"
- Planificación de camino

b. Especificaciones

- Barreras vivas solas

El cuadro No 4 7 presenta las distancias entre barreras recomendadas. Aunque la pendiente máxima recomendada es de 15%, este valor no es absoluto y puede variar en función del clima de la zona, del tipo de suelo, pendiente y del sistema de cultivo, la variación en los valores recomendados puede alcanzar hasta + 20 %, dependiendo de la apreciación del técnico en cuanto a la mayor o menor resistencia de la tierra a la degradación por erosión hídrica

Pendiente del terreno (%)	Distancia inclinada entre barreras (m)
2	30,5
4	19,0
6	5,2
8	13,3
10	12,2
2	10,2
14	9,9
15	9,7

Cuadro No.4.7 Distancias entre barreras vivas, calculadas con la fórmula de Ramser:

$$H = \text{intervalo vertical} = 0,305 \frac{(a+P)}{4}$$

en donde,

P= pendiente en %

a= coeficiente que vale 1,5 de 0 a 10%
1,0 de 11 a 15%

De esta manera conociendo el intervalo vertical y la pendiente se calcula el espaciamiento entre barreras

Para un mejor funcionamiento la barrera se puede establecer doble sembrandola al tres bolillos o pata de gallo

La distancia de siembra es de 15cm entre rizomas con 20 30 cm entre hileras sea de cepas de pasto sea de cana (Fig No 4 10) Esto permite a la barrera agarrar rapidamente el efecto de cierre continuo indispensable para su funcionamiento y ofrece mayor seguridad que en el caso de una sola hilera

En terrenos escarpados (> 60%) las barreras vivas deben ser dobles o triples con poco distanciamiento una de la otra (3 4 m) y con una cobertura vegetal permanente

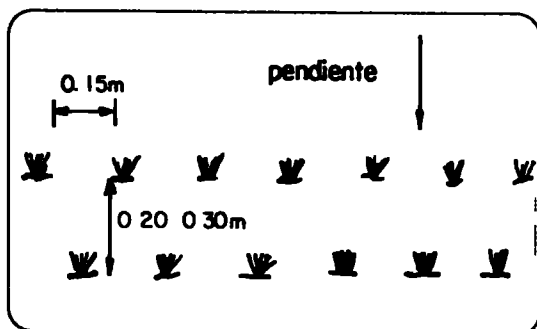


Fig No 4 10a Siembra al tres bolillo de cepas de pasto

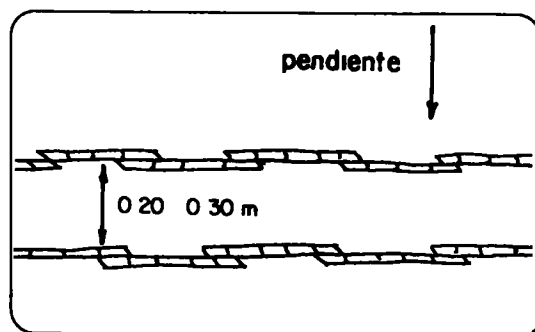


Fig No 4 10 b Siembra de canas de pasto en doble hilera

Uso combinado con practicas mecanicas

En pendientes superiores a 15% la barrera se combina con obras fisicas como acequias de ladera terrazas y barreras de piedra Se siembra a 20 30 centimetros lado arriba de la obra fisica (fig No 4 11)

Sirve para proteger el talud superior de las acequias y terrazas y para aumentar la capacidad de acumulacion de sedimentos atras de la barrera de piedra Siempre actua como filtro para detener el suelo arrastrado por el agua

En este caso una barrera sencilla de una hilera cumple bien la funcion propuesta

La barrera viva se puede sembrar antes o despues de la construccion del canal o de la terraza y tendrá la misma gradiente longitudinal que la estructura (0.2 0.8%) Se debe establecer la barrera viva lo más pronto posible

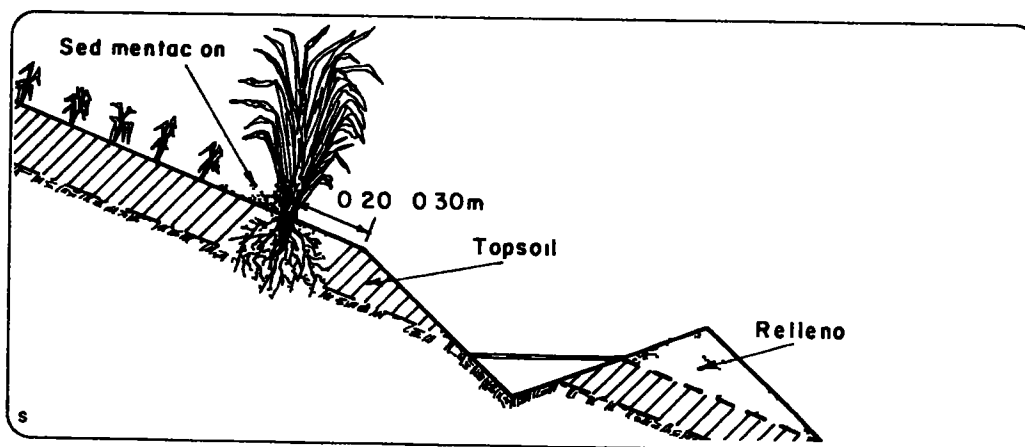


Figura No 4 11 La barrera viva como complemento de obra mecánica (acequia de ladera)

Una variante las fajas amortiguadoras o franjas vegetativas

Son fajas con cobertura vegetal permanente sea de tipo pasto natural o de vegetación arbustiva que funcionan como bandas de absorción. Alternan con fajas de cultivos. El ancho recomendable es de 2 metros. El distanciamiento de las fajas es igual a las barreras vivas. Se emplean en cultivos limpios y perennes y son muy eficientes en los terrenos de más fuerte pendiente (10-15%). Es una técnica ventajosa y económica que utiliza la vegetación natural (Fig. No 4 12). Los únicos cuidados necesarios para esta práctica son la chapa periódica de la franja (pasto para ganado o para cobertura muerta) e impedir que la vegetación invada el terreno de cultivo (herbicidas o con pala).

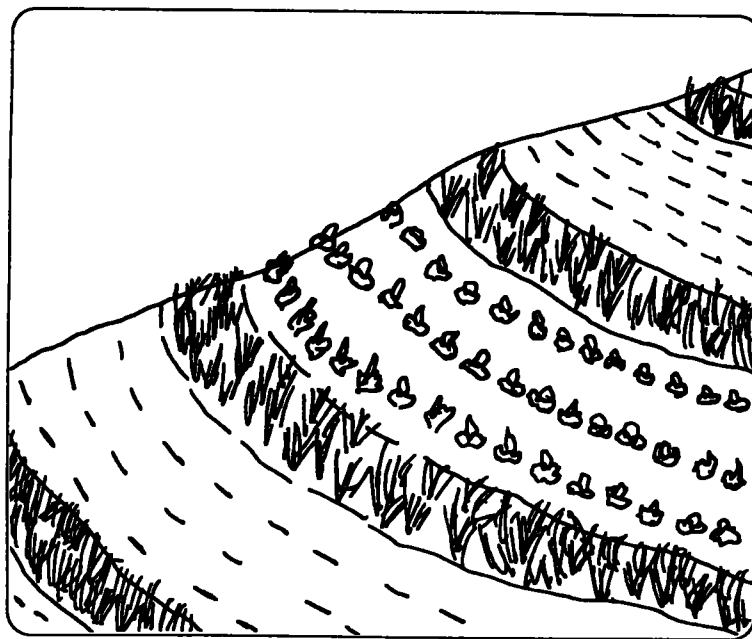


Figura No 4 12 Fajas amortiguadoras con cultivos en contorno

Las barreras de rastrojos o barreras muertas

Estas barreras son compuestas de material vegetal muerto como troncos de árboles, ramas y rastrojos de cosecha que se acordonan en contorno. Cumplen las mismas funciones que las barreras vivas. El espaciamiento entre estos cordones es igual a las barreras vivas. Esta práctica es muy eficiente para formar terrazas; este filtro muerto actuará inmediatamente y a mediano plazo. El agricultor debe ir reforzando estas barreras año tras año con nuevos aportes de residuos.

c Especies usadas y sus características

En Costa Rica se tiene buena experiencia con especies como el pasto limón y el pasto violeta (vetiver). También se usan otras especies como el itabo, el king grass y la cana de azúcar, las cuales son muy buenas para amarrar el suelo. Las últimas tres especies citadas deben ser combinadas con rastrojos amontonados en contorno para lograr el efecto de cierre de barrera viva.

Se deben seleccionar especies perennes de crecimiento denso y que no sean invasoras.

CUADRO NO 4 8
Características de las especies mas usadas

Nombre comun	Nombre científico	Características
Pasto limón	<i>Andropogon citratus</i>	Zacate perenne de estatura mediana (1 1 5m) propagado vegetativamente por cepa o macolla hierba medicinal la hoja tiene salida comercial para hacer te
Pasto violeta o vetiver	<i>Andropogon muricatus</i> o <i>Vetiveria zizanioides</i>	Zacate perenne de estatura mediana (1 5 2m) propagado vegetativamente por cepas o macolla los rizomas tienen salida comercial para extraer esencia (cosméticos)
Pasto King Grass Gigante Elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> var spp	Zacate perenne de estatura alta (mas de 2 m) propagado vegetativamente por estaca o cepa necesita cortes frecuentes para cerrar bien y no volverse muy lenoso forraje cortina rompeviento
Itabo	<i>Yuca elephantipes</i>	De crecimiento muy lento Se usa tambien como cerca viva No cierra muy bien Planta ornamental de valor comercial La flor se vende como comida tradicional
Cana de azucar	<i>Saccharum officinarum</i>	Gramínea de estatura alta propagada vegetativamente por estaca aunque no cierra muy bien se puede usar como pasto de corte o para alimentación

ch Ventajas de las barreras vivas

Utilización de material vegetativo lo cual significa producción de biomasa que según los casos el agricultor puede aprovechar para forraje materia orgánica o producto agrícola comercial (flores te escencias)

Costo de establecimiento bajo utiliza mano de obra del agricultor necesita pocas herramientas y se buscan materiales locales para la barrera

Son de fácil adopción por el agricultor (trazado sencillo y fácil establecimiento)

Proceso de terraza progresiva con el tiempo se van formando naturalmente y progresivamente terrazas la tierra arastrada por el agua de escorrentía en la faja de cultivos entre dos barreras vivas sedimenta arriba de la barrera inferior La labranza en contorno refuerza este movimiento de tierra Esta modificación gradual de la pendiente del terreno resulta ser una obra de conservación muy eficiente y muy económica ya que utiliza la naturaleza para hacer el trabajo

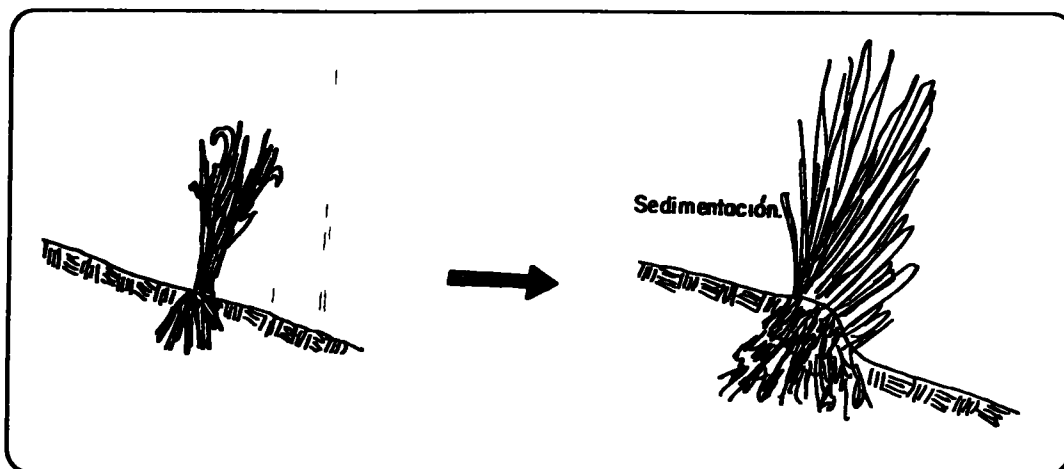


Figura No 4 13 Proceso de terraza progresiva

En el caso de una barrera viva con hilera doble de pasto sólo una franja de 0 90 metros de ancho está fuera de uso para el cultivo principal (2 0 metros para la franja vegetativa)

Sirven de líneas guías para los trabajos de labranza siembra y deshierbos a contorno

Es una práctica muy útil y sencilla para recuperación de tierras degradadas como cárcavas y terrenos incapacitados por la erosión laminar

Produce muy poca remoción del suelo

El mantenimiento es poco exigente en mano de obra

d Limitaciones

Se necesita una gran cantidad de cepas las cuales no siempre están disponibles Por ejemplo para establecer cien metros de barrera viva de pasto limón (hilera doble) se requiere 1332 matas (rizomas)

Se recomienda instalar siempre la primera hilera completa y luego establecer la segunda

En suelos con estructura pobre y donde el largo de pendiente es grande la fuerza del flujo laminar de escorrentía puede impedir el establecimiento de la barrera y en este caso se requieren obras de conservación complementarias

En topografía irregular habrá puntos de concentración de agua donde se pueden formar huecos en la barrera Por esta razón se recomienda trazar las líneas en contorno con estacas a una distancia no mayor de 5 metros así mismo un mantenimiento cuidadoso es indispensable

En pendientes mayores de 15% no puede controlar la erosión hídrica

Una vez que la barrera está sembrada no funciona todavía Hay que esperar que crezca y cierre bien para que cumpla sus funciones Este puede demorar de 4 a 8 meses según la disponibilidad de agua

e Establecimiento de las barreras vivas

La forma de propagación de la barrera varía según la especie de planta a sembrar y el tipo de material vegetativo disponible Hay 3 formas de siembra

Cana corrida
Macollas cepas
Semilla

Para el establecimiento de la barrera se deben considerar 3 pasos

selección y preparación del material
preparación de la tierra
siembra o plantación

La preparación de las canas o estacas se hace cortando los tallos con machete en forma inclinada dejando después de deshojar la cana cada estaca con 4 o 5 nudos (Fig No 4 14)

La preparación de macollas requiere la poda de las hojas y raíces y las grandes macollas se parten en muchas pequeñas (Fig No 4 14)

La preparación de la semilla se hace quitándole a estas las semillas de mala hierba y haciendo una prueba de germinación para determinar la cantidad a sembrar (Fig No 4 14)

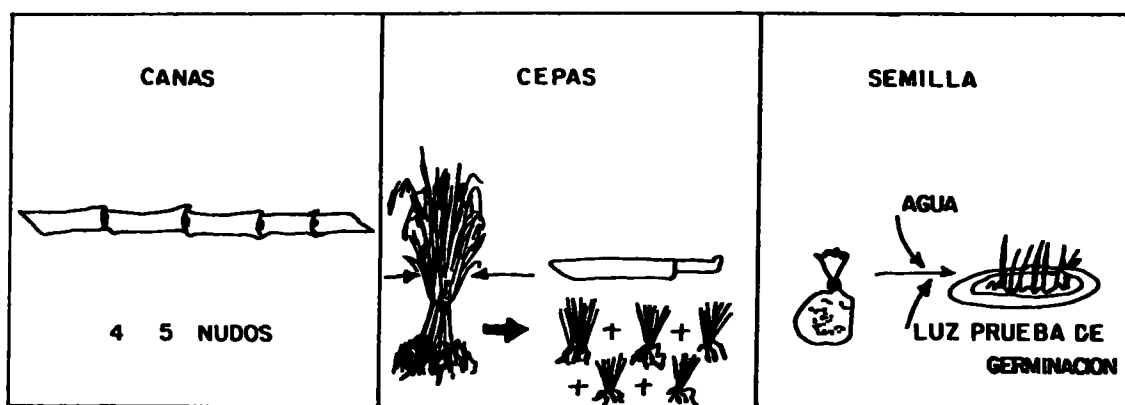


Figura No 4 14 Los diferentes materiales para barreras vivas

Luego se procede a trazar las líneas guías en contorno después de haber identificado la(s) pendiente(s) promedio de la parcela y de haber definido el espaciamiento entre las barreras (ver cuadro No 4 9)

El trazado se realiza con codal con nivel A o con nivel de manguera

Se prepara el suelo con azadón o pico sobre un ancho de 20 cm y hasta 10-15 cm de profundidad según la curva de nivel trazada. Se prepara de igual modo la segunda línea 20-30 cm arriba de la primera. Es importante deshacer bien los terrones grandes.

En el caso de una faja amortiguadora sembrada se prepara el terreno sobre un ancho de dos metros.

Si la barrera viva es sencilla y viene combinada con una obra física se debe sembrar a 20-30 cm del talud de corte superior de la obra.

Se sembrarán las barreras vivas al inicio de la época lluviosa. En la siembra por cana comida las canas deben estar traslapadas de tal manera que la distancia entre nudos sea uniforme en todo el surco (15-20 cm).

De cada nudo sale un brote. La profundidad de siembra recomendada es 5 cm para una salida rápida de las yemas.

Para cepas o macollas se recomienda una distancia de 15 cm entre matas y de 20 a 30 cm entre las dos hileras. Foto No 4 6



Foto No.4 6: Establecimiento de las matas de pasto limón, primera hilera

La superficie del terreno debe estar más afinada y nivelada para la siembra de la semilla. Se riega ésta en la banda de suelo preparada. La cantidad de semilla a usar depende de la prueba de germinación. Al final se termina la siembra con una rastreada superficial para incorporar ligeramente la semilla (Ejemplo: pasto jaragua en faja amortiguadora)

f. Mantenimiento

El mantenimiento es sencillo pero muy importante

- *Repoblación de los lugares vacíos*

Apenas están creciendo las plantas, hay que revisar las barreras y resembrar los lugares donde no pegaron. También se debe revisar periódicamente que la distancia de siembra ha sido adecuada y que el tupimiento de la barrera es correcto

- *Chapeo del zacate*

Se debe chapear la barrera a alturas variables según las especies (40 cm para el pasto limón y violeta), para evitar que las cañas se pongan muy leñosas o que las cepas tomen demasiado volumen y compiten con el cultivo principal. Sin embargo, la función principal del chapeo es provocar que la planta produzca brotes basales vigorosos y nuevos para que la cortina sea más densa y efectiva. Es importante recalcar que el efecto de "cierre" o cortina continua, es fundamental para el buen funcionamiento de la barrera

El material verde cortado se puede aprovechar como forraje para los animales, o para la venta (té de limón, esencia de violeta), o para uso casero (manteados para caballo, repelente), o como material

organico En este ultimo caso se puede reciclarlo en fabricacion de abono organico o usarlo como cobertura muerta y alinearlos al lado superior de la barrera para proteger el suelo (fig No 4 15)

Es recomendable chaparrar a fines de la estacion lluviosa para disminuir la competencia hidrica con el cultivo

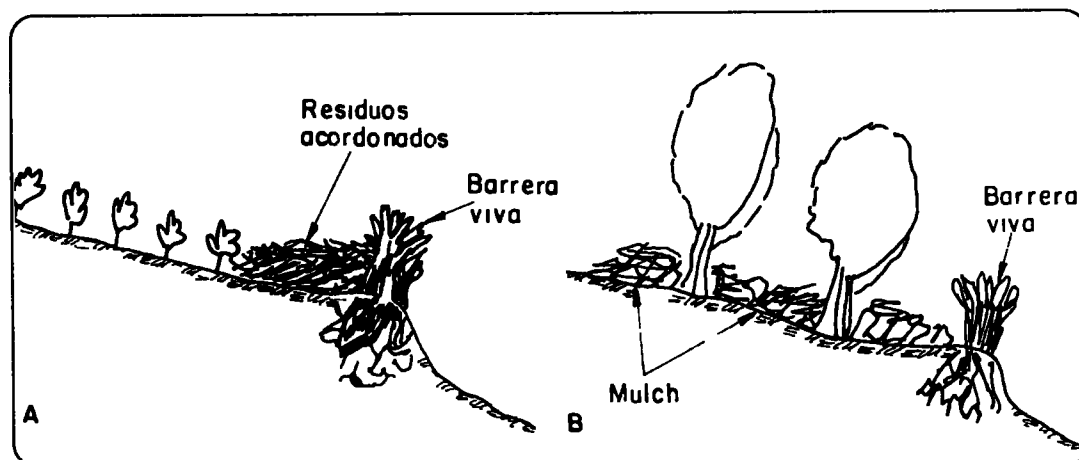


Figura No 4 15

Utilizacion de material vegetativo como cobertura

- a) limitado al lado superior de la barrera para apoyar el funcionamiento de esta
- b) usado al pie de arbolitos de cafe para mejorar las condiciones fisicas de la capa superficial del suelo

Diferir el pastoreo de los rastrojos de cultivo

El ganado que pastorea en los rastrojos del cultivo puede destrozar las barreras vivas recién sembradas y arrancarlas por pisoteo especialmente cuando sucede en la temporada seca que es lo usual. Se recomienda entonces evitar la entrada del ganado por lo menos durante el primer año de instalación de la barrera viva.

g Costos

El costo de las barreras vivas varía por supuesto según la habilidad del agricultor, el tipo de suelo, el tipo de planta y el número de hileras de la barrera viva. En promedio 2 hombres pueden establecer en una jornada de 8 horas 500 metros de barrera viva sencilla o sea un rendimiento de 250 m de B V sencilla o de 125 m de barrera viva doble por jornal. En el caso de pasto limón se está valorando 1 saco de pasto limón a 100 colones. Cada saco lleva aproximadamente 20 macollas y cada macolla 25 hujos. El precio de compra es de 0 2 colones por hujo. Como 100 metros de barrera viva doble requiere de 1 332 hujos el costo en rizomas será de 266 4 colones.

Para conocer el costo de establecimiento por hectárea se toma en cuenta la pendiente y la forma de la barrera.

CUADRO 4 9
Requerimiento en mano de obra para establecer
barreras vivas por ha

PENDIENTE (%)	ESPACIA MIENTO (m)	LONGITUD DE LA BARRERA por ha(m)	DIAS HOMBRE	OBSERVACIONES
2	30 5	300	2 4	Barrera viva doble
6	15 2	600	4 8	
10	12 2	800	6 8	
14	8 7	1100	8 8	
20	15	600	2 4	Barrera viva sencilla con acequias de ladera
30	5	600	2 4	
40	0	1000	4 0	
50	0	1000	4 0	

Para el costo de mantenimiento se considera los dos primeros años ya que son los mas importantes Este costo incluye las siguientes operaciones repoblacion de los lugares vacios (2 veces) un aporte de material muerto para reforzar la barrera donde es necesario y 2 chapias acomodando las hojas delante de las barreras vivas Se evalua a 0 2 dias hombre por 100 m de barrera viva sencilla

En los años posteriores el mantenimiento se resumira a chapias periodicas

El costo global por hectarea para los 2 primeros años se obtiene sumando los costos de mano de obra y los costos de los insumos Se aprecia en el cuadro 4 10

CUADRO NO 4 10
Costo global por hectarea de las barreras vivas
para los 2 primeros años

PENDIENTE %	LONGITUD BARRERA/Ha	COSTO RIZOMAS (¢)	COSTO (1) ESTABLE CIMIENTO ¢	COSTO MANTENI MIENTO	COSTO GLOBAL HA (¢)	POR (2)(US\$)
2	300	799 2	768	384	1951 2	24 1
6	600	1598 4	1536	768	3902 4	48 2
10	800	2131 2	2048	1024	5203 2	64 2
14	1100	2930 4	2816	1408	7154 4	88,3
20	600	799 2	768	384	1951 2	24 1
30	600	799 2	768	384	1951 2	24 1
40	1000	1332	1280	640	3252 0	40 1
50	1000	1332	1280	640	3252 0	40 1

(1) Dia hombre equivale a 300 colones

(2) 1 US\$ = 81 colones

En lo referente al costo de las barreras muertas es relativamente difícil evaluar el costo de esta práctica porque depende de la proximidad de la cantidad y del tipo de residuos vegetales disponibles. Además, su construcción es progresiva y cada año el agricultor debe ir añadiendo materiales.

Se hacen las siguientes suposiciones:

En una jornada de 8 horas una persona puede acordonar 60 metros lineales de rastrojos de cultivo y malezas con una sección de 0.2 m².

Se excluye de los residuos vegetales los troncos y las ramas de árboles que son un caso particular de las barreras muertas.

Como la materia orgánica se descompone, el agricultor deberá realizar la misma operación un año más tarde.

CUADRO 4 11
Requerimiento en mano de obra para el establecimiento de barreras muertas

PENDIENTE (%)	ESPACIAMIENTO (M)	LONGITUD DE BARRERA POR ha (m)	DIAS HOMBRE /Ha año	OBSERVACIONES
2	30.5	300	5.0	Barrera muerta como única medida de conservación
6	15.2	600	10.0	
10	2.2	800	13.3	
14	8.7	1100	18.3	
20	15	600	10.0	Barrera muerta combinada con prácticas mecánicas
30	15	600	10.0	
40	10	1000	16.6	
50	10	1000	16.6	

() Los rastrojos son disponibles no se incluye el trabajo de chapar o desyerbar

4 1 8 Las cortinas rompevientos

a Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Las cortinas rompeviento son hileras de árboles o arbustos dispuestas perpendicularmente a la dirección principal del viento.

Sirven para reducir la velocidad del viento en la zona cercana al suelo y desviar las corrientes de aire.

Esta práctica es muy valiosa donde ocurren vientos fuertes que provocan daños mecánicos a los cultivos y en las zonas con déficit hídrico marcado como en la zona de Guanacaste. Sin embargo, todas las zonas subhúmedas del país pueden necesitar el establecimiento de tapavientos dependiendo del clima local, de la exposición de los vientos, de la cobertura vegetal y de la susceptibilidad del cultivo al viento.

b Especificaciones

La efectividad de la cortina depende de su altura forma ancho y permeabilidad

Altura y distancia efectiva protegida

Se toma generalmente como criterio en el diseño de las cortinas en zona plana una reducción de 20% de la velocidad del viento con este la zona protegida se extiende sobre una distancia igual a una vez la altura de la cortina del lado al viento y a 10 a 15 veces del lado sotavento (Ver fig No 4 16)

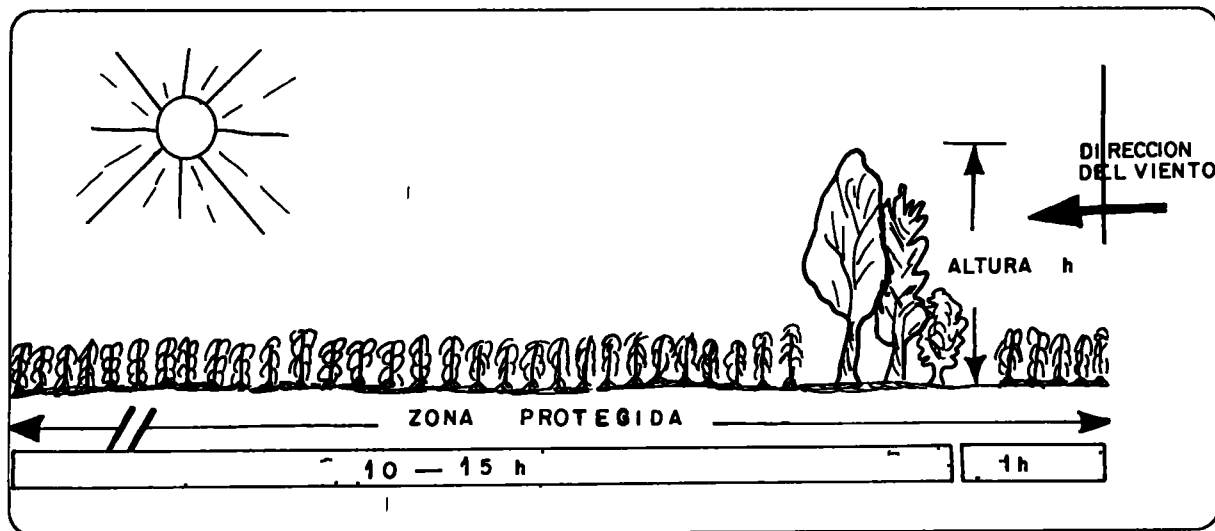


Figura No 4 16 Distancia de protección efectiva generada por una cortina rompeviento a más alta la cortina mayor la superficie protegida

La altura de la cortina esta dada por la especie seleccionada como estrato superior

En zonas de ladera se considera como norma general que el espaciamiento debe ser 7 veces la altura de la especie

Permeabilidad

Una cortina debe ser permeable o porosa es decir que debe dejar pasar cierto porcentaje del flujo de viento. De ser impermeable o compacta la cortina constituiría un obstáculo absoluto para el viento el cual produciría turbulencias fuertes después de pasar arriba de la cortina provocando daños graves (ver fig No 4 17)

Ancho

Un cortaviento debe ser continuo de no ser así el viento se metería por las fisuras alcanzando velocidades mayores que en ausencia de cortina. Si la cortina es de una sola hilera el riesgo que se formen fisuras es mayor que en una cortina compuesta de varias hileras. Por eso se recomiendan cortinas compuestas cuyo ancho varía de 4 a 15 metros.

Se debe buscar en áreas agrícolas de lograr la máxima eficiencia con el menor sacrificio de tierra agrícola.

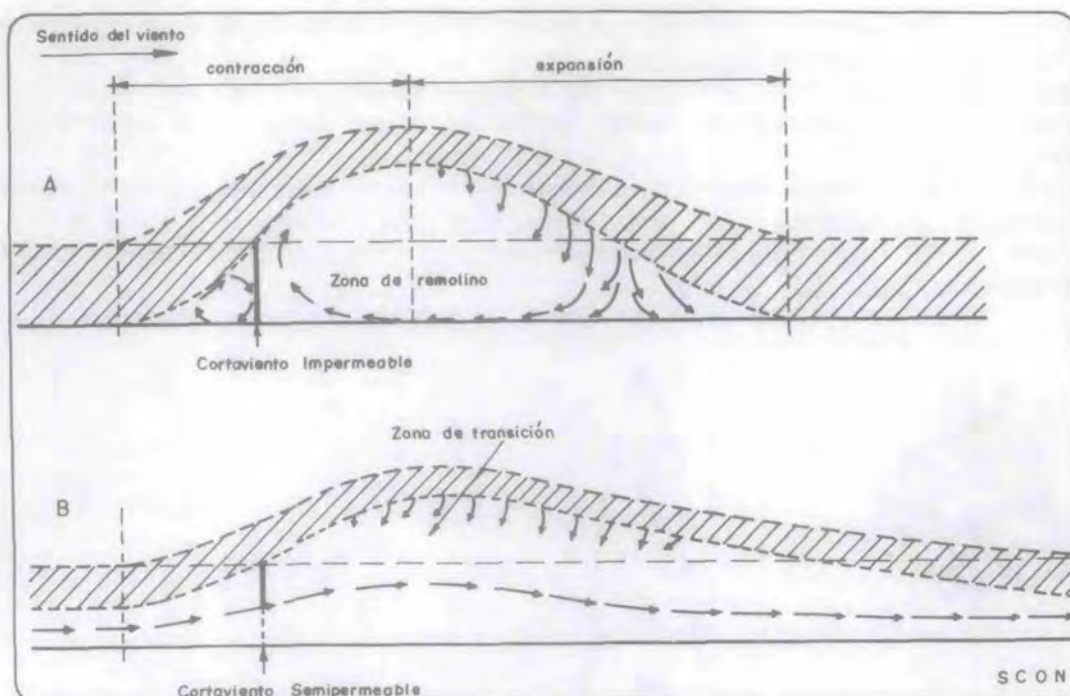


Figura No.4.17. Permeabilidad de la cortina

Con el cortaviento semipermeable

- la masa de aire desviada es menor.
- vuelve a las condiciones iniciales a mayor distancia

(tomado de Guyot y al 1970)

- *Forma de la cortina*

Existen varias formas de cortina, como se puede apreciar en la figura 4.18.

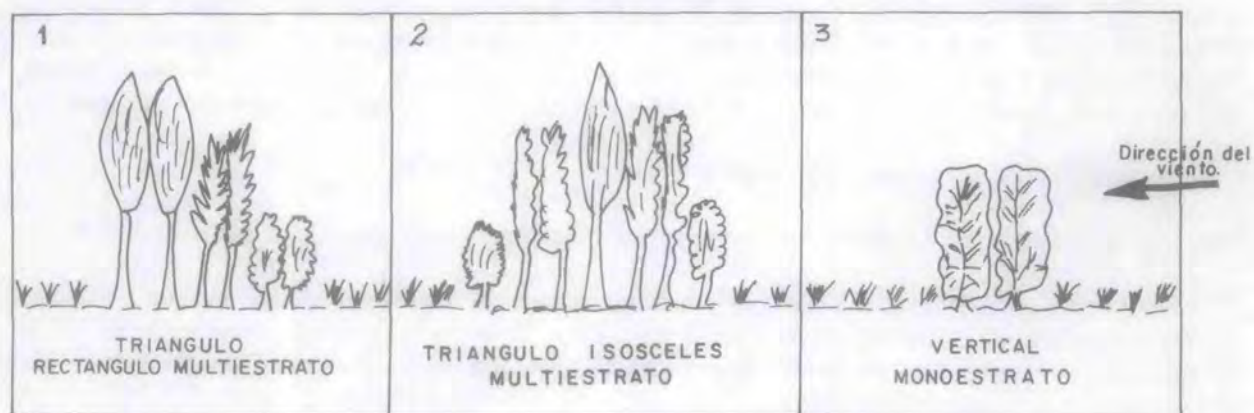


Figura No.4.18. Vista en sección transversal de algunas formas de cortina.

Cuando es económicamente posible se recomiendan los sistemas multiestratos porque procuran una mayor deflexión del viento y así una mejor protección

La cortina con 3 estratos de tipo triángulo rectángulo es la que se ha promovido en la región de Guanacaste en la zona de riego del Arenal Tempisque ubicando siempre el estrato inferior a barlovento

Cuando no es posible establecer sistemas multiestratos se buscara una especie con buen desarrollo foliar desde los primeros metros a partir del suelo y se la establecerá en varias hileras (ver fig No 4 18 3 y 4 19) Un ejemplo de este lo constituyen las cortinas de trueno en cafetales en la parte alta de la Meseta Central (ver fig 4 20)

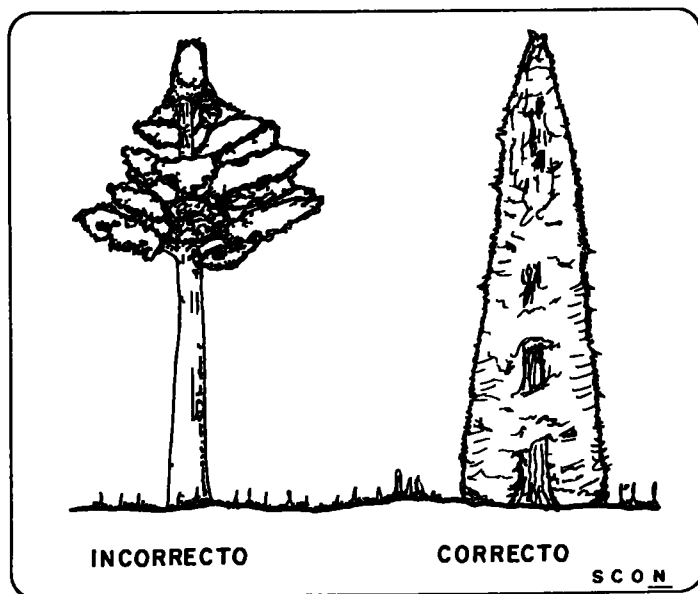


Figura No 4 19 Forma correcta de una cortina de cipreses

La práctica muy difundida de sembrar hileras sencillas de gramíneas altas como cortina es valiosa porque contribuye a proteger el cultivo siempre cuando la distancia entre cortina se calcule en función de la altura promedio de la cortina. En este caso se recomienda fuertemente cortinas de por lo menos 3 hileras de la gramínea como por ejemplo el pasto King Grass

Sin embargo debido a la conformación de la cortina no se puede esperar una eficiencia tan grande como la alcanzada con las cortinas multiestratos perennes. Debe utilizarse como cortina temporaria mientras se establece la cortina permanente. Una de las ventajas es su bajo costo de establecimiento su rápida velocidad de crecimiento y la facilidad con la cual se libera el terreno para otro uso agrícola

Orientación de las cortinas y red de cortavientos

Lo ideal es que se establezcan las cortinas perpendicularmente a la dirección principal del viento

En caso en que los vientos fuertes se presentan en una sola dirección o en direcciones opuestas las cortinas pueden ser establecidas en franjas paralelas. Pero si los vientos provienen de varias direcciones será necesario establecer una red cuadrícula con las cortinas principales en dirección perpendicular al viento de mayor intensidad y las cortinas secundarias en forma perpendicular a las cortinas principales. Las cortinas secundarias serán de menor dimensión y con un espaciamiento mayor entre ellas según las direcciones de los vientos y su fuerza relativa (Ejemplos en Fig No 4 21) Las cortinas secundarias son a menudo necesarias para impedir ciertos vientos que se encanonan entre las cortinas principales y que causan estragos en los cultivos

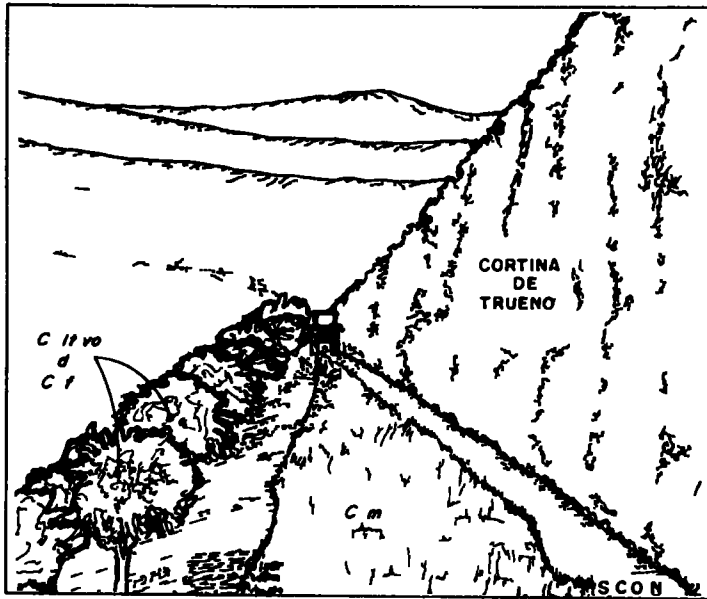


Figura No 4 20 Red de tapavientos esta blecida en cafetal con trueno (*Ligustrum lucidum*) zona alta de la Meseta Central

Los datos usados provienen de estaciones meteorologicas que tengan anemometros se necesita conocer la distribucion de los vientos y su frecuencia relativa para poder visualizar la situacion por medio de la rosa de los vientos (figura No 4 21)

En la rosa de los vientos la longitud de las barras es proporcional a la frecuencia de los vientos en cada direccion ($1\% = 2\text{mm}$) La cifra encerrada en el circulo central corresponde a la frecuencia de las calmas (velocidad del viento $< 10\text{ km/h}$) La distancia D corespone a 100 metros para cortinas que alcanzan 7 8 metros de alto y corespone a 200 metros para cortinas de 15 metros y mas

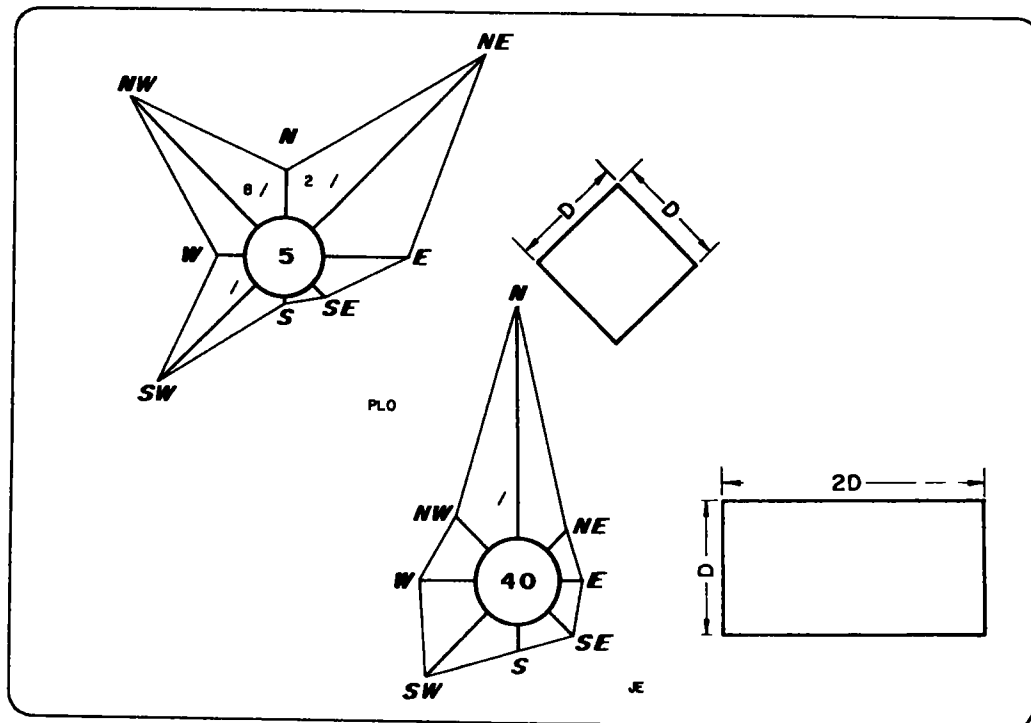


Figura No 4 21 Dos ejemplos de rosa de vientos y de red de cortavientos

c Especies usadas

Pueden utilizarse gramíneas arbustos y árboles

Para seleccionar especies interesantes se debe considerar las siguientes características

- crecimiento juvenil rápido
- desarrollo adecuado en altura
- longevidad
- copa y follaje denso
- resistencia al viento
- un sistema radicular tal que la competencia con el cultivo sea limitada
- producción de madera lena frutales postes forrajes y otros productos de valor

Es evidente también que las especies no deben ser caducifolias en verano es decir perder sus hojas. El cuadro 4 12 presenta especies de árboles arbustos y gramíneas que habían sido seleccionadas para la zona del Pacífico Seco (Neyra Roman 1987) y otras especies que se utilizan en el Valle Central.

ch Ventajas

Ejercen una importante reducción de la evaporación del agua del suelo y de la evapotranspiración de las plantas producen un aumento de materia seca debido a que los estomas quedan abiertos más tiempo en un ambiente húmedo.

Reducen los daños mecánicos a los cultivos por el impacto del viento.

Al existir riego este se aprovecha mejor.

Las cortinas también frenan las lluvias oblicuas disminuyendo el impacto de las gotas de lluvia y a su vez el volcamiento de las plantas.

Disminuyen la insolación y entonces el calentamiento del suelo y frenan el enfriamiento de noche.

Es una práctica muy importante para mantener y aumentar la productividad agrícola en las zonas subhúmedas del país. Es una especie de seguro agrícola contra la sequía.

d Limitaciones

Las cortinas perennes no funcionan inmediatamente requieren varios años para actuar.

Se reduce el terreno para el cultivo principal por el espacio que ocupan las cortinas.

Demandan un costo adicional dentro de la economía de la finca.

e Establecimiento

Es la fase más crítica de la plantación. Se requiere lograr un alto porcentaje de sobrevivencia al trasplante un crecimiento inicial rápido y un buen desarrollo de forma de la planta.

Preparación del terreno

La preparación del suelo debe completarse como para cualquier cultivo. La tierra debe ser labrada y estar limpia de malezas competitivas. Se complementará con un surcado del terreno si se necesita aplicar el riego en la época seca. Así preparado el terreno será más fácil la preparación de los hoyos.

CUADRO NO 4 12

Lista de especies para estructurar las cortinas rompevientos,
por zonas agrícolas

ZONA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ESTRATO SUPERIOR	ESTRATO MEDIO	ESTRATO INFERIOR
P A C I F I C O S E C O	<i>Cassia fistula</i>	Cana fistula		x	
	<i>Cassia siamea</i>	Caragua	x	x	
	<i>Cassia grandis</i>	Carao	x	x	
	<i>Cassia mangium</i>	Caragua	x	x	
	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarina	x	x	
	<i>Cupressus arizonica</i>	Cipres	x	x	
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	x	x	
	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	x		
	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	x		
	<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	x	x	
	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	x		
	<i>Gravillea robusta</i>	Grevilia	x	x	
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena		x	
	<i>Mangifera indica</i>	Mango	x		
	<i>Populus nigra</i>	Alamo	x	x	
	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Guayaquil	x		
	<i>Salix nigra</i>	Sauce pino	x	x	
	<i>Simarouba glauca</i>	Indio desnudo	x	x	
	<i>Syzygium jambos</i>			x	
	<i>Cajanus cajan</i>	Gandul			x
V A L L E C E N T R A L	<i>Croton killipianus</i>	Crotus			x
	<i>Dracaena fragans</i>	Cana india			x
	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno			x
	<i>Polycias guilfoylei</i>	Hombre grande			x
	<i>Pithecellobium saman</i>	Cenzaro	x		
	<i>Bambu sp</i>	Bambu		x	x
	<i>Trichilia glabra</i>	Uruca()		x	
	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cipres	x	x	
	<i>Eucalyptus sp</i>	Eucalipto	x		
	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarina	x	x	
	<i>Salix nigra</i>	Sauce	x	x	
	<i>Croton glabellus</i>	Colpachu		x	
	<i>Eugenia jambos</i>	Manzana rosa	x	x	
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	x		
	<i>Ligustrum lucidum</i>	Troeno		x	
	<i>Musa sp</i>	Platano		x	
	<i>Bambu sp</i>	Bambu			x
	<i>Cajanus cajan</i>	Gandul			x
	<i>Pennisetum purpureum</i>	King grass			x
	<i>Saccharum officinale</i>	Cana azucar			x
	<i>Dracaena fragans</i>	Cana india			x
	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo			x
	<i>Anoropogon citratus</i>	Pasto limon			x
	<i>Andropogon muricatus</i>	Pasto vetiver			x
	<i>Crotalaria sp</i>	Crotalaria			x

() Se utiliza en la parte alta de Guanacaste (Tilaran)

Plantacion

En terminos generales el espaciamento dependera de los habitos de crecimiento de las especies utilizadas del tipo de mantenimiento y de los otros beneficios que se desee obtener (lena frutas madera postes) La fig No 4 22 nos da un ejemplo de la densidad de plantacion utilizada para una cortina multiestrato en la E E J N (Guanacaste)

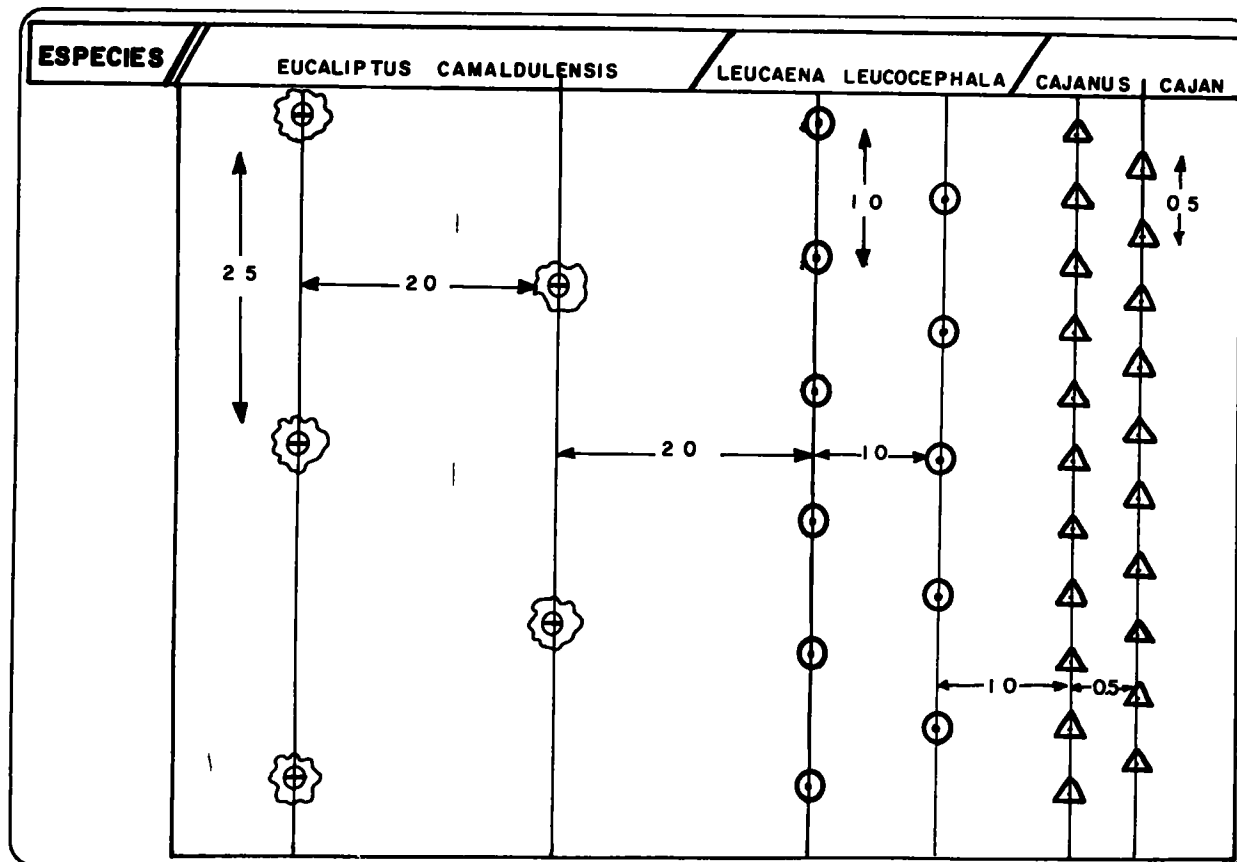


Fig No 4 22 Ejemplo de arreglo de campo de una cortina multiestrato con 2 hileras de cada especie (Fuente Neyra Roman 1987)

Para las gramíneas puede referirse utilmente al capítulo sobre barreras vivas (Vea 4 1 6)

La siembra se debe efectuar al tres bolillo como se puede apreciar en la figura 4 22 en procura de lograr lo mas rapidamente un efecto de cortina continua

Siembra de la cortina temporaria de proteccion

Hasta que se desarrolle correctamente la cortina con arboles se deben establecer cortinas temporarias de gramíneas o arbustos leguminosos que van a funcionar rapidamente como cortina y permitir el desarrollo de los arbolitos sembrados como cortina permanente Una vez establecida la cortina definitiva se quitan las cortinas temporarias

f Mantenimiento

Limpiezas periodicas son indispensables para eliminar las malezas y lograr un desarrollo inicial uniforme de los arbolitos durante los primeros anos

En caso de establecer las cortinas en una zona con estacion seca marcada podran existir algunos riegos iniciales

Apenas establecida la plantacion es necesario reponer las plantulas muertas o sea repoblar los lugares vacios para evitar que se formen claros en la cortina que permitan pasos al aire

Podas

Es recomendable podar temprano para estimular el crecimiento de la cortina o darle la conformacion deseada

Otro tipo de poda necesario que debe realizarse es la poda vertical de las raices laterales superficiales de las especies de la cortina para impedir que vayan a competir con el cultivo Se puede realizar con subsolador a 2 3m de cada lado de la cortina

Una vez que la cortina este bien establecida se pueden aplicar podas por ejemplo para controlar la altura y el ancho de la cortina o bien raleos restringidos para aprovechar lena postes madera forrajes y de esta manera estar renovando las cortinas y asegurar un efectivo funcionamiento de estas

g Costos

La cantidad de trabajo requerido para establecer cortinas rompeviento en un terreno depende de si hay vientos fuertes que soplan en distintas direcciones en el ano de la forma de la cortina y del ancho de esta

Vamos a considerar el caso mas sencillo es decir un solo viento predominante y una cortina monoestrato de 2 hileras de arbustos Los arbustos (trueno por ejemplo) van a ser manejados a 7 metros de altura De ahí podemos calcular que necesitamos un espaciamiento entre cortinas de 70 metros y un total de 200 metros de cortina por hectarea

CUADRO NO 4 13
Requerimiento en mano de obra para establecer
una cortina rompeviento (año 1)

OPERACIONES	DIAS HOMBRE POR HA (ANO 1)	OBSERVACIONES
Limpieza de las calles (400m2)()	1 1	No se toman en cuenta el eventual almacigal el costo de los varios insumos ni los trabajos necesarios en los anos posteriores
Hoyada ()	1 9	
Siembra de los arbolitos (400)	1 2	
Aplicacion herbicida	0 3	
Aplicacion fertilizante	0 3	
Limpia manual (Chapia)	0 2	
TOTAL	5 0	

() Los arbolitos se siembran a 1 x 1 metro

() Un agricultor prepara cerca de 210 hoyos de aproximadamente 0 20 x 0 20 x 0 20 metros en una jornada de 8 horas

4 2 MEDIDAS DE MANEJO DE SUELO

En fincas en donde los suelos han sido degradados despues de muchos anos de uso inapropiado un buen programa de manejo de suelos es indispensable En otros casos al aplicar medidas fisicas de conservacion el subsuelo puede quedar expuesto y si no se aplican practicas de mejoramiento de suelos la productividad de la tierra tratada puede bajar Por lo tanto las practicas de manejo de suelos son necesarias para mantener y mejorar las propiedades fisicas quimicas y biologicas del suelo y asi aumentar su capacidad productiva Ademas muchas practicas de manejo de suelos contribuyen de manera muy significativa al control de la erosion mejorando entre otras cosas la estabilidad de los agregados y la capacidad de infiltracion

4 2 1 La labranza profunda

a Descripcion, funciones y condiciones de aplicacion

La labranza profunda consiste en trabajar el suelo a profundidades mayores que la labranza tradicional y se realiza con arado de disco o con arado de vertedera Es un tipo de labranza primaria

Su función principal es la de preparar adecuadamente el suelo para los cultivos muy exigentes en cuanto a desarrollo radicular

Es muy bien adaptada para cultivos intensivos que requieren un buen control de malezas y un suelo con una preparacion profunda como las hortalizas Ademas este tipo de labranza es necesaria en conjunto con adiccion de materia organica en las areas de terrazas de banco recién construidas en efecto la parte de corte es dura y no esta todavia preparada para recibir cultivos De la misma manera en áreas que se convierten de pastizal a cultivos la labranza profunda es la mas adaptada siempre y cuando la capa compactada no sea a gran profundidad y que el tipo de suelo y la topografia lo permitan (ver 4 2 2)

b Especificaciones

Esta labranza llega hasta 20-30 cm de profundidad y siempre se realizara en contorno Por eso y por los grandes movimientos de suelo que ocasiona su uso se limitara a terrenos de plano a moderadamente ondulados (<15%)

Es muy importante tomar en cuenta la humedad del suelo para realizar la labranza por lo general debe ser efectuada en seco (verano) Pero si el suelo esta muy seco se producira un desgaste acelerado del arado y el resultado de la operacion seran terrones grandes difíciles de romper en una posterior afinada Ademas el tractor gastara mucha energia En cambio si el terreno esta muy humedo ocurre rapidamente compactacion de los horizontes subsuperficiales y patinamiento del tractor se forman terrones grandes y compactos una vez que se secan

El mejor momento para trabajar el terreno es cuando el estado fisico de humedad del suelo es friable o sea que los terrones se rompen facilmente al ser golpeados Un metodo practico de determinacion de tal punto consiste en tomar un poco de suelo en las manos conformar un terron y lanzarlo en el aire hacia arriba si el terron se rompe la condicion de humedad del suelo es adecuada para realizar las labores de labranza (ver figura No 4 23) Si no se rompe el suelo es demasiado humedo y vale la pena esperar que se seque

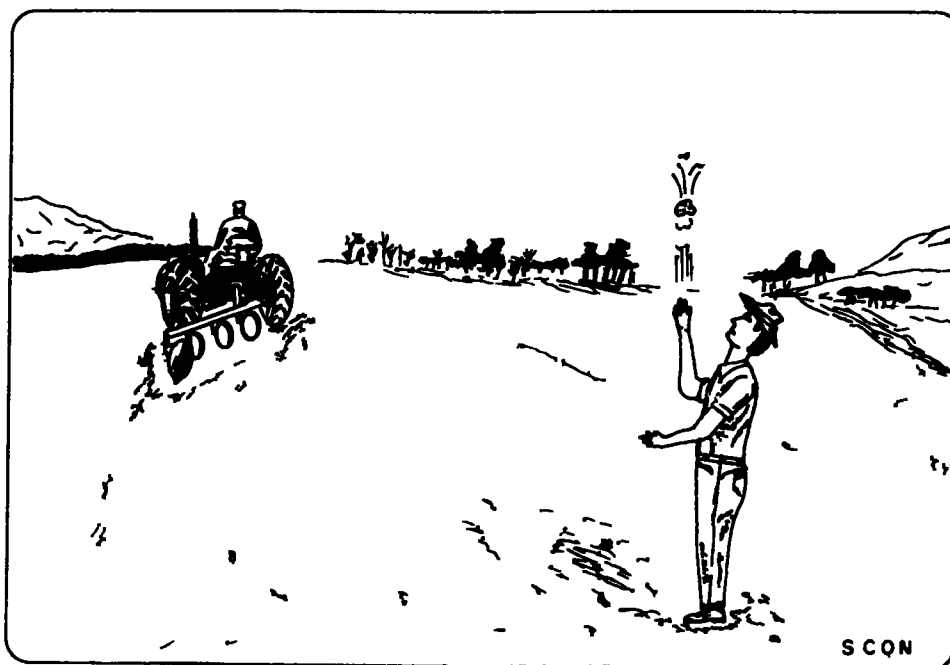


Figura No 4 23 Determinacion del punto adecuado de humedad para la labranza

c Implementos usados

El arado de disco presenta mucha versatilidad (por ejemplo en terreno con piedras) y es el que mas se usa en el pais. Voltea la tierra de lado rompiendo el pan de tierra y exponiendolo a la accion desecante del sol. El arado de vertedera es poco usado en el pais. Da mejor la vuelta del pan de tierra pero no lo rompe tanto.

Se comprobo en la region Pacifico Seco que el arado de disco es mas efectivo para el control de malezas como el coyolillo (*Cyperus rotundus*) que el arado de vertedera.

ch Ventajas

Mejora la capacidad de infiltracion, la capacidad de almacenamiento de humedad y la aereacion del suelo.

Facilita la incorporacion de los residuos de cultivo y del abono organico.

Permite la facil formacion de camas o eras para hortalizas.

Permite el mejoramiento progresivo de horizontes poco fertiles si esta combinado con aplicaciones de materia organica.

El arado de disco rompe mejor la tierra de tal manera que las raices y tuberculos de las malezas salen a la superficie donde se secan y mueren.

d Limitaciones

No es posible realizar una buena labranza cuando el suelo esta muy humedo.

La labranza en verano puede causar mucha degradacion del suelo si existen serios problemas de viento en la zona. El uso de rastros como cobertura y de cortinas rompeviento permite resolver este problema.

No es aplicable en suelos delgados estos suelos deben ser mantenidos con cobertura vegetal permanente o pueden ser aprovechados segun los casos con un sistema de labranza minima (ver 4 1 5)

En pendientes superiores a 15% el tractor no puede trabajar en contorno y por lo tanto este tipo de labranza no se usa Se realizara en este caso una labranza menos profunda con la yunta de bueyes Ejerce una accion destructiva sobre la estructura natural de los suelos

e Establecimiento

Se trabaja en contorno con base en las lineas guias cuyo trazo sigue el procedimiento descrito en el parrafo 4 1 1

Antes de empezar a arar se verifica si la humedad del suelo es adecuada (ver figura No 4 23) Si el terreno amerita dos pasadas cruzadas seguidas del arado la ultima pasada debe ser lo mas en contorno posible

f Mantenimiento

La labranza primaria debe ser seguida por una labranza secundaria para los cultivos de granos esto permitira deshacer los terrones nivelar la superficie y formar una pelicula delgada de particulas finas como cama de siembra

g Costos

La labranza profunda representa un costo ligeramente superior a la labranza normal por el esfuerzo mayor solicitado al tractor Representa 10 a 15% de los costos de produccion en granos basicos

4 2 2 La roturacion profunda

a Descripcion funciones y condiciones de aplicacion

La roturacion profunda tambien llamada labranza vertical es un tipo de labranza que reemplaza la labranza primaria y se realiza con un implemento de dientes (cincel y subsoladora) a una profundidad mayor que las labranzas convencionales o profundas

Su funcion principal es la de suavizar profundamente el suelo sin voltearlo y asi aumentar su porosidad

Es altamente recomendada en suelos con estructura deficiente como los suelos limosos y arenosos donde junto con aplicaciones de materia organica va a permitir el mejoramiento de la estructura Asimismo la labranza vertical es la mas recomendable en los suelos profundos y bien estructurados de origen volcanico pero muy susceptibles a la erosion hidrica y eolica

En suelos con problemas de compactacion la subsoladora permitira recuperar su capacidad productiva

b Especificaciones

Esta labranza llega hasta 25 30 cm de profundidad para el arado de cincel y hasta 60 cm para la subsoladora

Se realizara siempre en contorno y su uso se limitara a terrenos planos a moderadamente ondulados (<15%)

La subsoladora y el arado de cincel deben trabajar en condiciones de suelo seco para poder romperlo Son muy interesantes para utilizar en la region subhumeda del pais La profundidad de trabajo depende del suelo del requerimiento de cultivo de la profundidad de la capa compacta y del implemento del cual se dispone

El arado de cincel siempre se combinara con la incorporacion de materia organica o el uso de rastrojos como cobertura

c Implementos usados

La subsoladora requiere tractores de gran potencia porque el esfuerzo necesario para que pueda trabajar profundamente es fuerte Uno de los modelos mas usados es la subsoladora de 3 cuerpos con 3 picos como lo muestra la figura No 4 24 Se usa para descompactar capas endurecidas a gran profundidad Para mejorar la descompactacion el pico puede ser provisto de aletas lo cual va a permitir ampliar la zona de influencia en el perfil del suelo

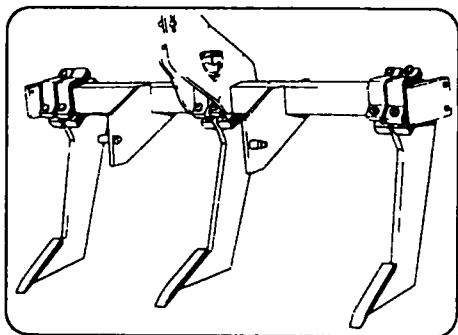


Figura No 4 24 a Subsoladora de tres cuerpos

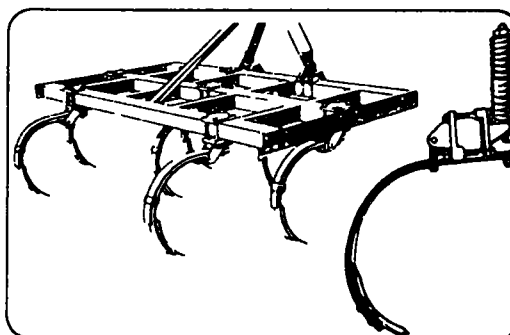


Figura No 4 24 b Cincel con dientes curvos

El arado de cincel necesita menos potencia y trabaja menos profundo sin embargo a menudo es suficiente para romper los pie de arado Es muy manejable a nivel de finca no se malogra en condiciones de topografía irregular o en suelos con algunas piedras Esta provisto de dientes curvos a menudo armados sobre un resorte que permite al diente pasar encima de un obstaculo (ver figura No 4 24)

ch Ventajas

El arado de cincel puede usarse en vez del arado tradicional con un costo reducido Gracias a la reduccion del movimiento de tierra el mejoramiento de la aereacion de la infiltracion y a la formacion de cobertura este tipo de labranza reduce mucho la erosion hidrica y eolica Contribuye sustancialmente a la conservacion de la humedad del suelo

- En condiciones de suelo compactado, permite rápidamente la recuperación de la capacidad productiva y esto se traduce directamente en aumentos de producción.
- La descompactación deja las malezas sueltas y desenterradas en la superficie donde morirán y formarán una cobertura protectora (ver 4.1.3).
- El arado de cincel permite la formación de un surcado superficial.

d. Limitaciones

- La roturación profunda no es posible en suelos húmedos
- En pendientes superiores a 15%, el tractor no puede trabajar en contorno
- En suelos muy arcillosos una labranza convencional es requerida

e. Establecimiento

- Ver 4.2.1. e.
- Se debe trabajar el terreno en seco.

f. Mantenimiento

- Ver 4.2.1 f
- Después del arado de cincel, se puede usar una rastra de disco o de púa antes de la siembra, o bien usar un cultivador en combinación con la sembradora, para terminar la preparación del suelo

g. Costo

- A menudo, el uso de la subsoladora es un gasto extra en la preparación del suelo, y se realiza cada cinco a diez años
- El uso del arado de cincel representa siempre un ahorro en la energía total de la preparación del suelo



Foto No 47- Arado de cincel usado en un suelo profundo de origen volcánico

4.2.3 Labranzas reducidas o superficiales

a. Descripción, funciones y condiciones de aplicación

Consiste en trabajar superficialmente el suelo para destruir los terrones gruesos y voltear ligeramente la tierra.

Su función principal es la de alistar el lecho de siembra. Se refiere por lo tanto a labranzas secundarias, y son parte del esquema de labranza para lograr la preparación adecuada del terreno para la siembra. (ver fig.No. 4.25)

Usadas como labranza reducida, buscan evitar los problemas de compactación y los gastos inútiles. En suelos permeables y profundos ubicados en pendientes suaves, estas labranzas serán suficiente para la adecuada preparación de suelo.

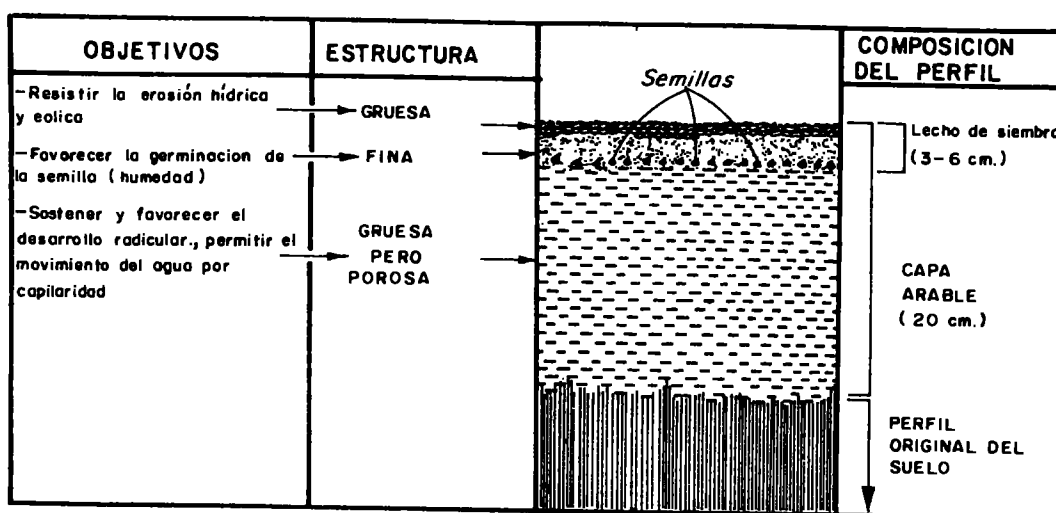


Figura No.4.25: Preparación adecuada del suelo para la siembra de granos.

b. Especificaciones

- Los implementos más usados en Costa Rica son la rastra rompedora y la rastra afinadora. Se deben usar en contorno.
- La rastra rompedora es pesada y trabaja hasta 15 cm de profundidad
- La rastra afinadora es más liviana y alista un lecho de siembra muy fino. Se debe usar cuidadosamente de manera que no vaya a pulverizar el suelo.
- Estas labranzas superficiales deben ser realizadas en seco (ver fig 4.23) Es de notar sin embargo, que el uso de la rastra afinadora no se recomienda en verano por los fuertes vientos. Se hará por lo tanto, en la estación húmeda.

c. Implementos usados

- La rastra rompedora (ver fig No 4.26) deja una estructura gruesa con muchos terrones que ofrecen una buena resistencia a la erosión. Si la siembra es manual, se puede sembrar de inmediato, y si es mecanizada, se hace necesario afinar los terrenos.
- La rastra afinadora (con discos dentados) es el complemento necesario para obtener lechos de siembra bien finos.

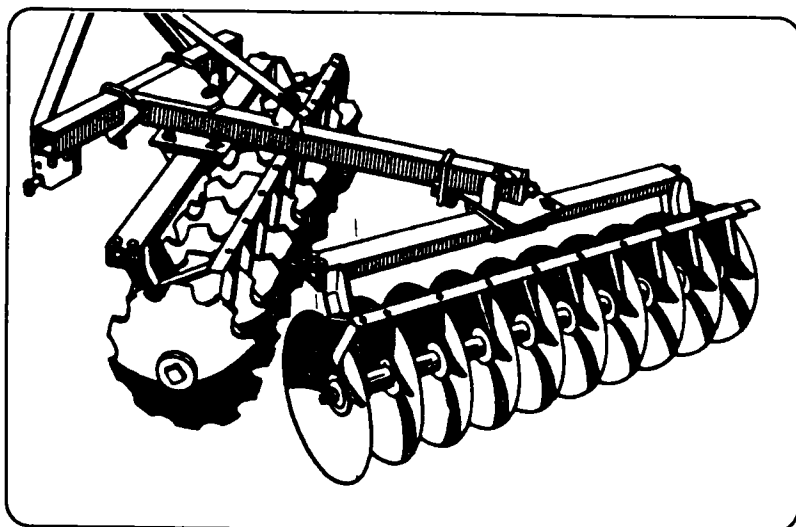


Figura No 4 26 Rastra rompedora con 20 discos

ch Ventajas

Mejorar la capacidad de infiltracion la capacidad de almacenamiento de humedad y la aereacion del suelo

Sirven tambien para incorporar superficialmente los residuos de cosecha despues de un cereal como el arroz por ejemplo

Cuando reemplazan la labranza primaria reducen mucho el tiempo de preparacion del terreno y por tanto permite realizar las operaciones en tiempo oportuno

d Limitaciones

El uso repetido de la rastra rompedora puede conllevar a la compactacion subsuperficial del suelo La rastra afinadora puede pulverizar el suelo demasiado y en este caso aumenta fuertemente la susceptibilidad del suelo a la erosion hidrica y eolica Un exceso de preparacion puede predisponer las plantitas al volcamiento por el agua de escorrentia o por el viento

e Establecimiento

ver 4 2 1 e

f Mantenimiento y seguimiento

ver 4 2 1 f

g Costo

El uso de labranza reducida representa un ahorro en la energia total de la preparacion del suelo

4 2 4 Uso de estiercoles y abonos organicos (aboneras)

En los terrenos cultivados hay perdida de gran cantidad de nutrientes lo cual puede agotar la materia organica del suelo si no se aplican restituciones Las restituciones pueden ser realizadas a traves del

manejo de los residuos de cultivo el aporte de abonos organicos (aboneras) estercoles o de otro tipo de material organico introducido en el campo Por otro lado la incorporacion de material organico es una practica de manejo fundamental en la rehabilitacion de la capacidad productiva de tierras degradadas

a Descripcion funciones y condiciones de aplicacion

Los estercoles y los abonos organicos son enmiendas organicas que se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades quimicas fisicas y con ello su fertilidad

Estercoles

Estas enmiendas son bien conocidas por los agricultores por su accion como abono para las plantas El cuadro 4 14 nos da la relacion C/N de los principales estercoles y como punto de comparacion las relaciones C/N de algunos vegetales Se puede apreciar que la relacion es baja para los estercoles o sea que hay mucho nitrogeno en relacion al carbono lo cual permite una rapida descomposicion del material

CUADRO NO 4 14

Relacion C/N de algunos materiales vegetales y animales

TIPO DE MATERIAL	RELAC C N	TIPO DE MATERIAL	RELAC C N
Aserrin	200 300	Estiercol de caballo	24
Rastrojo de maiz	50 60	Estiercol de vaca	19
Rastrojo de papa	27	Estiercol de cerdo	13
Pasto verde	20	Estiercol de gallina	12
Alfalfa verde	19	Estiercol de cabra	12
Maleza fresca	13		

Fuente Comparative analyses of organic manures Misra Hesse (RAS/75/004)

En Costa Rica se usan a menudo dos estercoles la gallinaza o estiercol de gallina y el estiercol vacuno

La composicion y el contenido en nutrientes de estos estercoles varia mucho segun la raza de los animales el tipo de manejo y el estado de descomposicion de los estercoles (*ver Cuadro 4 15*)

CUADRO NO 4 15

Composicion quimica de cuatro estercoles (% peso seco)

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE DE NUTRIENTES		
	N	P	K
Estiercol vacuno	11 30	03 10	08 20
Estiercol de aves	13 51	05 47	05 23
Estiercol de porcino	19 40	05 20	03 16
Estiercol de caballo	10 55	04 17	06 30

Fuente Comparative analysis of organic manures Misra Hesse (RAS/75/004)

La **gallinaza** es el estiércol mas rico disponible en promedio contiene el doble del valor nutritivo del estiércol vacuno

Su uso se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia organica y degradados por el efecto de la erosion pero su aplicacion puede ser para cualquier tipo de suelo y cultivo

El **estiércol vacuno** es menos rico que la gallinaza pero esta disponible en la mayoria de las explotaciones ganaderas. No se facilita su utilizacion por la dificultad de recoleccion. Con la introduccion de sistemas de manejo semiestabulados en corrales se facilita grandemente su recoleccion asi como su conservacion

Se puede aplicar en cualquier tipo de terreno y cultivo siempre y cuando sea rentable

Abonos organicos (aboneras)

La abonera es una acumulacion de materiales organicos de origen vegetal y animal arreglados en capas intercaladas con capas de suelo. Manteniendo una humedad adecuada se logra una aceleracion de la descomposicion de la materia organica

La produccion del abono organico se realiza para generar una materia organica descompuesta que va a servir como acondicionador del suelo y abono organico para los cultivos. Esto resulta en una disponibilidad mayor y a mas corto plazo de los nutrimentos para los cultivos evitando los inconvenientes de malos olores y de proliferacion de plagas que pueden ocurrir cuando se incorpora material organico al suelo. Se aplicara en areas seleccionadas como por ejemplo terrazas para la produccion de hortalizas o en areas recientemente rehabilitadas donde participara muy significativamente a la restauracion de la fertilidad de los suelos

b Especificaciones

En lo que se refiere a las aboneras basicamente se pueden construir dos tipos a nivel de finca (fig 4 27) la fosa o trinchera y la pila o monton

La primera conserva mejor la humedad ya que esta aislada de la accion del viento. Se recomienda para temporada seca. La segunda es mas adecuada para la estacion lluviosa porque evita la acumulacion del agua. Conviene protegerla de la lluvia cubriendola con un plastico o con una talanguera

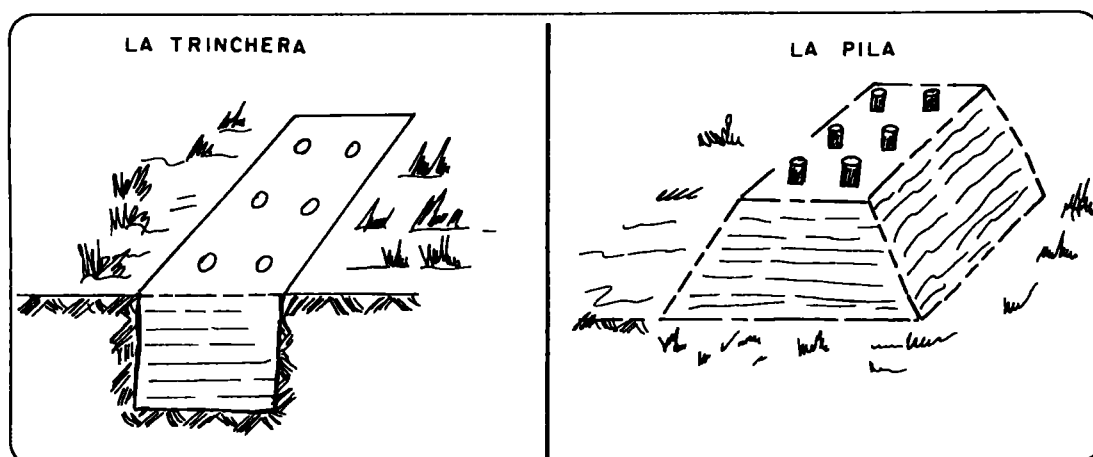


Figura No 4 27 Dos tipos de aboneras

Los dos tipos de aboneras requieren el mismo manejo para producir abono orgánico

La riqueza de un abono organico es importante para evaluar su accion fertilizante El cuadro 4 16 da el rango de variacion en la composicion quimica del abono realizado a nivel de finca

CUADRO NO 4 16
Composicion quimica del abono de finca (en % de peso seco)

Compost	Porcentaje de nutrientes		
	N(%)	P(%)	K(%)
	0 4 3 5	0 1 1 6	0 4 1 6

Como se puede apreciar los abonos organicos no son muy ricos en nutrientes y en general son especialmente bajos en fosforo Dado que el fosforo es deficitario en la mayoria de los suelos de Costa Rica se recomienda la adicion de superfosfato triple al abono sea al momento de construir la abonera (y en este caso puede acortar el tiempo de produccion del abono) o tambien a su incorporacion en el campo

c Ventajas de la incorporacion de materia organica al suelo

Constituye un almacen de nutrientes especialmente de N P S y los va liberando lentamente facilitando el aprovechamiento por las plantas

Dado que la materia organica puede retener hasta 10 veces mas nutrientes que las arcillas aumenta la capacidad de intercambio cationico (C I C) y aumenta el intercambio de nutrientes del suelo a la planta

Se forman complejos que retienen los micro y macro nutrientes evitando su perdida por lixiviacion y aumentan su disponibilidad

Proporciona energia para los microorganismos lo cual incrementa la actividad biologica en el suelo

Favorece una buena estructura del suelo al aumentar la bioestructura o estructura estable al agua y facilita la labranza

Protege la superficie del suelo y aumenta la capacidad de infiltracion del agua lo cual reduce el riesgo de erosion

Aumenta la capacidad de retencion de agua especialmente en suelos arenosos y por lo tanto ayuda a la conservacion del agua

En cuanto la gallinaza una parte del nitrógeno que tiene esta directamente disponible para las plantas bajo forma de urea mientras el resto se libera lentamente

ch Limitaciones

Los estercoles al ser expuestos al sol pierden gran parte de su nitrógeno Además de esta volatilización los lavados y disoluciones de los nutrientes por las aguas de lluvia causan la pérdida de otra gran parte de los nutrientes por lixiviación

Los estercoles pueden causar la proliferación de insectos transmisores de enfermedades y la contaminación ambiental

Los abonos organicos (aboneras) requieren considerable mano de obra y tiempo para su producción recolección y transporte debido a los grandes volúmenes que se manejan

d Elaboración de la abonera

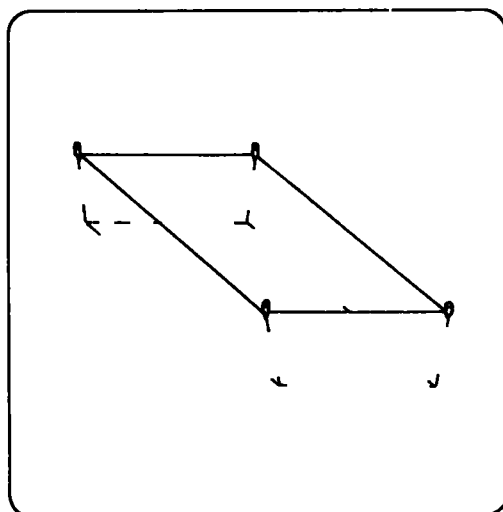


Los pasos por seguir para la construcción de la abonera son los siguientes

PASO 1

Ubicación de la abonera.

Debe estar cerca de una fuente de agua protegida de los vientos pero soleada y cerca del campo donde se va a aplicar el compost. Facilita el trabajo de acarreo de los materiales si se ubica a la par de un camino y cerca de las fuentes de materiales. Hay que cuidar que no le entre agua de escorrentía a la abonera.



PASO 2

Marcar la abonera.

Se define bien los límites de la abonera con estacas y cordel. Si es una abonera de trinchera se excava la fosa (0,75 a 1,0 m de profundidad). Las dimensiones de la abonera dependen de los materiales disponibles.

una abonera grande tendrá 6 metros de largo por 1,5 m de ancho

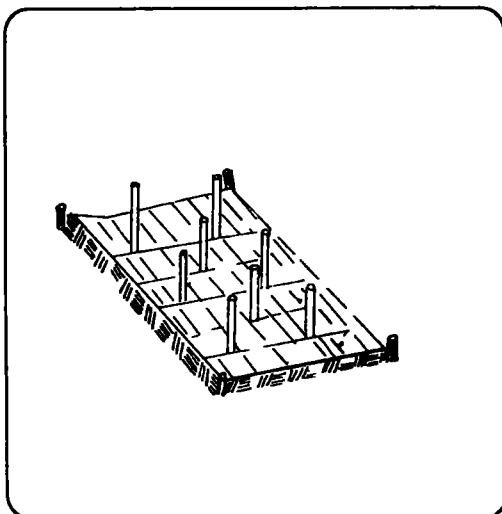
una pequeña 2 x 1,5 m



PASO 3

Alistar los materiales

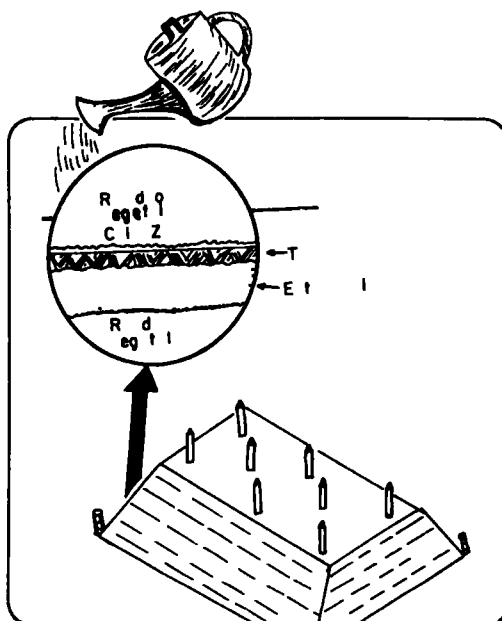
- i) Se acarrean todos los materiales necesarios al lado de la abonera: los residuos vegetales, el estiércol, la cal o la ceniza y la flor de tierra.
- ii) Se cortan en pequeños pedazos los residuos vegetales y se despedazan las pelotas de estiércol. Mientras más desmenuzados sean los materiales, más rápido se descomponen.



PASO 4

Alistar la base de la pila.

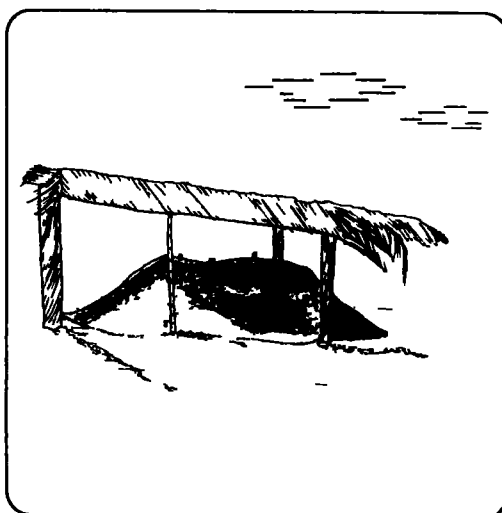
- i) Colocar una primera capa de material vegetal grueso como ramas sobre un espesor de + 15 cms para que sirva de colchon a la pila. Esto va a permitir aereacion por debajo y que el exceso de humedad de la pila pueda ser evacuado
- ii) Colocar los palos que van a servir de respiraderos. La distancia entre palos es de 0.6 m o menos y del palo al borde de la abonera 0.4 m



PASO 5

Colocación de los materiales en capas

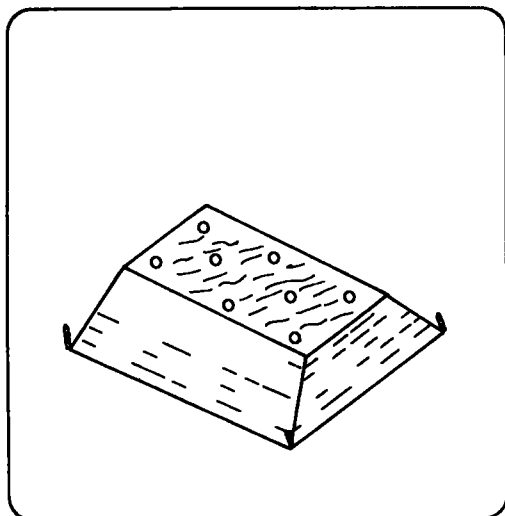
Primero se coloca una capa de 15 cms de residuos vegetales verdes y secos mezclados y luego se riega uniformemente con agua hasta que sea bien humedo. Despues se pone una capa de estercol de 5 cm, una capita de flor de tierra de 1 cm y un poco de cal o ceniza. Y se riega nuevamente para humedecer. Esto constituye la capa compuesta inicial. Se sigue con la misma sucesion y los mismos cuidados estrechando cada vez mas para hacer una piramide. Es muy importante de no aplastar el monton y de nunca pararse encima. La altura recomendada de la pila es de 1.20 m.



PASO 6

Cobertura de la abonera.

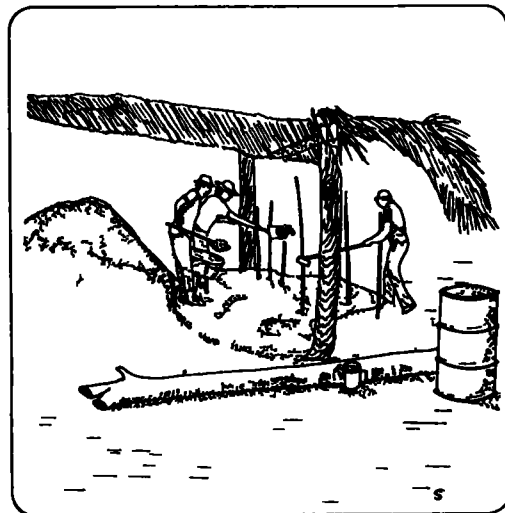
Se termina la abonera con una capa de tierra o de heno seco. En epoca lluviosa se recomienda hacer un ranchuto de paja o cubrir la abonera con un plastico para evitar el exceso de agua.



PASO 7

Cuidados

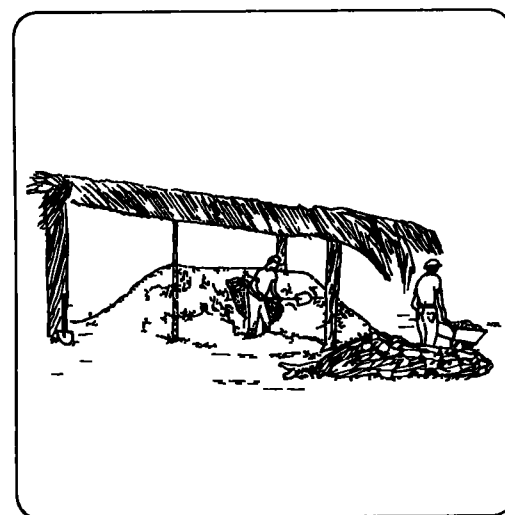
A los 3 4 días el abono calienta mucho y empieza a asentarse reduciendo de volumen. Es tiempo de quitar los respiraderos, con un movimiento circular para que dejen huecos de 10 cms de diametro. Por medio de estos huecos el agricultor puede averiguar si el interior esta caliente y humedo. Si esta seco se anadira agua regando por arriba.



PASO 8

Volteo de la abonera.

A las 3 semanas el abono esta todavia caliente y es tiempo de darle un volteo completo para proveer aire a la masa y mezclar muy bien los diferentes materiales entre si. Tambien se anade agua si es necesario. El volteo se hace en capas uniformes hasta que la abonera quede reconstruida por completo. No olvidarse de colocar los respiraderos asi como la cubierta.



PASO 9

El abono organico esta listo para ser utilizado a los 3 meses. Es un material negro esponjoso se parece a la flor de tierra (ver foto No 4 8). El agricultor lo puede usar directamente en los cultivos o guardarlo en sacos bajo techo hasta el momento de su utilizacion.



Foto No.48 El abono está listo para ser usado

e. *Aplicación de las enmiendas orgánicas*

- La gallinaza se usa especialmente en los cultivos de café y hortalizas, pero se recomienda su uso al transplante de cítricos, macadamia, manzanas y otros frutales. Para dosificar la cantidad de gallinaza, en términos generales son adecuadas aplicaciones de 86 a 114 sacos de 60 libras o 27 kilos, por hectárea, para cultivos intensivos como hortalizas. Se debe aplicar unas semanas antes de la siembra para evitar daños a la semilla por el calor de la descomposición. En las aplicaciones posteriores, la gallinaza se debe incorporar en el suelo para evitar la volatilización del nitrógeno. Se aplica directamente al cultivo, incorporándola en la tierra con la labranza o en banda.
- En lo que se refiere al estiércol vacuno se utiliza en cantidades similares al abono orgánico pero se debe tomar en cuenta su frescura. Se considera en efecto que en tan solo cuatro días de exposición al sol, el estiércol vacuno pierde hasta 50% de su nitrógeno (Donahue, 1983). El estiércol vacuno se aplica directamente a los cultivos, cuando está disponible (lechería).
- El abono orgánico puede ser incorporado durante la labranza o regado en bandas después de ésta e incorporado con azadón. En términos generales, para poder apreciar un efecto de la aplicación del abono, una dosis mínima de 7.5 toneladas por hectárea es necesaria y se recomiendan niveles de 25 a 40 toneladas por hectárea.

Para determinar más precisamente las cantidades a aplicar, el método de la dosificación puede ser empleado, para lo cual se requiere los datos de riqueza del abono orgánico.

- Dado que en Costa Rica el elemento que se encuentra con mayor frecuencia deficiente en los suelos es el nitrógeno, la dosificación tratará de proporcionar las necesidades de nitrógeno del cultivo con el abono orgánico. También se puede proporcionar parte de los requerimientos con algún fertilizante químico.
- En el ejemplo detallado a continuación vamos a suponer que las necesidades del cultivo son de 100 kilos de nitrógeno aprovechable por hectárea y que los vamos a proporcionar todos con el abono orgánico.

Considerando un contenido en nitrógeno de 1 0% es necesario agregar $100/0.01 = 10\,000$ kgs = 10 toneladas de abono orgánico seco por hectárea

Dado que el abono orgánico tiene 50% de humedad se debe realmente agregar $10\,0/(1 - 0.5) = 20$ toneladas de abono por hectárea

Debido a que durante el ciclo del cultivo el abono orgánico solo pondrá a disposición de la planta el 30% del nitrógeno presente se deberá aplicar $20/0.3 = 66.7$ ton de abono por hectárea en el caso de una aplicación uniforme

Aplicando el abono orgánico en bandas con 0.5 metros entre surcos la cantidad de abono necesaria se reduce a 33.3 toneladas por hectárea

Para la evaluación de los requerimientos en abono orgánico en los años posteriores resumiendo se puede decir que el segundo año 30% y más del nitrógeno va estar disponible y que quedará algo para el tercer año. Al cuarto año hay que reaplicar abono orgánico

Debe ser recomendado la utilización conjunta de los abonos orgánicos con los fertilizantes esto permite utilizar cantidades más razonables de enmiendas orgánicas de un lado y del otro permite el aprovechamiento más completo de los fertilizantes químicos por el sistema suelo planta. Se puede decir que la eficiencia de los fertilizantes es mejorada en presencia de abonos orgánicos

f Un ejemplo de costos del abono orgánico en finca

Esta abonera fue construida en San Isidro del General en junio de 1988 y el abono se pudo aprovechar en setiembre para siembras de café y de macadamia

El cuadro No 4 17 resume los costos de producción del abono

CUADRO NO 4 17
Costos de producción del abono orgánico

COSTOS	VALOR
Transporte materiales	¢ 1950
Mano obra (15.2 días hombre)	¢ 3044
Materiales (cal)	¢ 30
Total	¢ 5024
Gasto monetario	¢ 1230
Costo unitario por kg de abono producido	¢ 1.27
Costo por saco de abono (50kg)	¢ 63.4

Como se puede apreciar se necesitaron 15.2 días hombre para producir 3960 kgs de abono. El costo total del abono fue de ¢ 5024. Se debe tomar en cuenta que el gasto monetario realmente efectuado por el agricultor son los materiales comprados (cal) y un peon pagado durante 6 días o sea un gasto monetario de ¢ 1230

Con la cantidad de abono orgánico producido el agricultor logró abonar 3 hectáreas de macadamia () a razón de 6 kilos de abono por planta, quedó una parte que utilizó para abonar cerca de 100 plantas de café a razón de 5 kilos por planta

El agricultor poseía una yunta de bueyes propia con un precio por jornal de ¢ 1000

La mano de obra fue valorada a ¢ 200 por jornal de 6 horas

La macadamia está sembrada a 8m x 7m

La cantidad de trabajo requerido para producir abono para una hectarea de terreno depende de la calidad de los materiales que se van a usar para hacer el abonera de su disponibilidad y depende tambien del cultivo por fertilizar Una hectarea de cafe a 2 x 1m a razon de una aplicacion de 5 kilos de abono por mata necesita 25000 kilos de abono (25 ton) Una hectarea de macadamia a 8 x 7m a razon de 6 kilos por mata requiere 1071 kilos (1ton/ha) de abono organico

Por lo tanto es mejor referirse al costo por 1000Kg de abono producido el cual podemos deducir del ejemplo desarrollado arriba

Mano de obra necesaria para producir 1000 Kgs de abono a nivel de finca= 2 88 dias hombre() y 0 82 dias yunta)()

Expresando todo en dias hombre = 9 44 dias hombre()

4 2 5 Abonos verdes

a Descripcion, funciones y condiciones de aplicacion

Son plantas de rapido crecimiento que producen abundante follaje y cuyo destino es la incorporacion para mejorar el suelo Para tal proposito se usan principalmente leguminosas ya que permiten una ganancia neta en nitrogeno para el suelo De ahi el origen del termino abono verde

La aplicacion de esta practica se debe investigar para cada sitio especifico de acuerdo con las condiciones agroecologicas y socioeconomicas del agricultor buscando complementar el sistema de cultivo en vigor sin cambiarlo

Los abonos verdes son altamente recomendados en terrazas recién construidas o en áreas recién rehabilitadas en donde no existan otras fuentes de abono organico Y a los agricultores que no puedan usarlos en estas situaciones se debe recomendar de dejar al maximo follaje y residuos del cultivo anterior en el campo sin quemarlos

b Especificaciones

Generalmente los abonos verdes se incorporan a la floracion momento en el cual el cultivo tiene la mayor cantidad de materia verde Un buen abono verde debe proporcionar de 20 a 50 toneladas/ha de biomasa con un contenido en materia seca de 10 a 15 /

En Costa Rica se pueden utilizar los abonos verdes de tres maneras

En intercalado alterno (vea 4 1 2 cultivos multiples) por ejemplo sembrando un mes despues del cultivo de maiz al momento de la aporca en este caso es a la vez una cobertura viva o cultivo de cubierta (ver 4 1 4) La foto No 4 9 muestra esta medida con frijol de guia en maiz

En barbecho cuando las tierras salen del ciclo de produccion en este caso se trata tambien de un barbecho mejorado (ver 4 2 6 barbechos)

En epoca seca se siembra con las ultimas lluvias del ano despues de la cosecha es tambien un barbecho mejorado (ver 4 2 6)

-
- () No se toma en cuenta el costo de la cal
 - () Necesario para el acarreo de los materiales
 - () Estan incluidos todos los trabajos hasta tener el abono listo para su utilizacion
 - () Se usa la equivalencia siguiente 1 dia yunta vale 8 dias hombre



Foto No 4 9 Frijol de guia sembrado en maizal

c. *Especies usadas*

Al seleccionar el cultivo de abono verde por sembrar, debe asegurarse que reúna ciertas cualidades:

- bien adaptado a los suelos pobres
- fácil de sembrar, con preparación mínima del suelo
- poco susceptible a las enfermedades
- resistente a la sombra (si es para intercalado alterno)
- resistente a la sequía (si es para barbecho de secano)
- rápido desarrollo y buena cobertura del suelo
- cultivo de uso múltiple (fruta o grano comestible)

Para tal propósito se puede consultar útilmente la lista de leguminosas establecidas para los cultivos de cobertura (*cuadro 4.3, capítulo 4 1 4*) y los barbechos mejorados (*cuadro 4 19, capítulo 4.2.6*), ya que ambos pueden servir como abono verde

ch. *Ventajas*

La incorporación de leguminosas al suelo resulta en una acción fertilizante que tiene varias ventajas

- Fijación del nitrógeno atmosférico
- Reducción de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación gracias a la captación del nitrógeno durante la descomposición del material
- Restitución al suelo de fósforo y potasio que ha sido absorbido en parte en el subsuelo.

Además de las ventajas ligadas a la incorporación de materia orgánica en el suelo (*ver 4 2 4d*), hay que subrayar que la mayor cobertura del suelo provista reduce la erosión y mejora la conservación de la humedad del suelo

d Limitaciones

Las limitaciones para el uso de esta practica son de varios órdenes

Al igual que para los barbechos mejorados el agricultor no concibe sembrar sin cosechar Es muy importante que el cultivo sea de proposito multiple como por ejemplo vainica o arveja en la zona alta cosechando las vainas en verde e incorporando luego todo el material vegetativo

La mayor limitacion es el costo de incorporacion sea con maquinaria o a mano en muchos casos es prohibitivo

En terreno con pendiente superior a 15% debido a la remocion de suelo no se recomienda la incorporacion la cobertura muerta es la alternativa en este caso

Se debe pensar en la inoculacion con la cepa de *Rhizobium* adecuada cuando la leguminosa sembrada no tiene nodulacion activa Esta operacion es muy costosa y solo se justifica en areas mecanizadas

En zona subhumeda con estacion seca muy marcada el barbecho de secano puede constituir una competencia hidrica severa para el cultivo siguiente

El beneficio es a corto plazo en condiciones tropicales la materia vegetal fresca es rapidamente reciclada

e Establecimiento

Normalmente se usan los abonos verdes en los tiempos muertos dentro de la rotacion entre dos ciclos culturales y se aconseja poner el abono verde justo antes del cultivo de escarda que es el cultivo que mas desgasta el suelo en cuanto a materia organica Se sembrara el cultivo de escarda tres semanas despues de la incorporacion del abono verde de tal manera que se recuperen los niveles de nitrogeno y oxigeno en el suelo

Los sistemas de cultivos de hortalizas en Costa Rica (Cartago Zarcero) utilizan un barbecho corto natural de 2 3 meses en temporada seca La introduccion de una leguminosa durante este periodo de tiempo mejora la eficiencia del barbecho Se puede incorporar el material verde despues de la reanudacion de las lluvias Una especie que ha demostrado ser un cultivo interesante con salida comercial en empresas enlatadoras es la arveja (*Pisum sativum*)

f Mantenimiento

Si se corta e incorpora el abono verde a la floracion se dispone de la biomasa maximal para la incorporacion Si se cosechan las frutas (vainas) gran parte de los nutrientes estaran concentrados en ellos y la cantidad de nutrientes en la materia verde se reducira sustancialmente Pero aun asi el abono verde puede contribuir significativamente a aumentar la cantidad de materia organica del suelo Otra modalidad interesante es en las explotaciones ganaderas las primeras cortas del abono verde se aprovechan como forraje y luego la ultima corta es para incorporar en el suelo (ejemplo alfalfa)

En agricultura mecanizada se pasa primero la chapeadora y luego despues de algunos dias se incorpora superficialmente con una pasada de rastra de discos Y es solamente despues de la fase de fermentacion intensa en superficie que el agricultor puede pensar en una incorporacion mas profunda con la labranza de manera de mejorar la estructura del suelo y el contenido de nutrientes en todo el perfil

En agricultura manual se corta el abono verde con machete y se deja secar completamente al sol. Luego se incorpora con la labranza manual.

g Costos

A continuacion el cuadro 4 18 nos muestra los requerimientos de mano de obra para una hectarea de abono verde con sistema manual. En el ejemplo se toma el caso de una leguminosa que se siembra despues de concluir la cosecha del cultivo anterior. Por lo tanto el suelo ya esta preparado. La siembra puede ser realizada al voleo o con espeque manualmente.

CUADRO NO 4 18
Requerimiento en mano de obra para una hectarea de
abono verde en sistema manual

OPERACIONES ()	DIAS HOMBRE por ha			OBSERVACIONES
Siembra y fertilizacion Chapia	5 0	5 0	5 0	Si el terreno esta sucio se hace una chapia despues de la siembra. Una alternativa es la no incorporacion se deja como cobertura
Corta del abono verde Incorporacion del abono verde (manual)	5 0 10 0			
TOTAL	20 0	25 0	15 0	

() No se toman en cuenta los costos de los materiales (semilla fertilizante)

4 2 6 Barbechos

a *Descripcion funciones y condiciones de aplicacion*

Se contempla en general en los sistemas de cultivos un periodo de tiempo mas o menos largo de barbecho o sea de descanso de la tierra.

El objetivo principal del barbecho es el de mantener y restaurar la fertilidad de los suelos a traves de la acumulacion de la materia organica y el mejoramiento de la estructura.

En suelos degradados por la erosion (lavados fuertes) el barbecho es un metodo interesante para rehabilitarlos para uso agricola.

Los barbechos naturales y mejorados tienen amplia aplicacion en los sistemas de cultivos en la region subhumeda del pais donde en condiciones de secano el terreno queda sin cultivar durante mas de tres meses al ano.

b Especificaciones

Existen dos tipos de barbechos

los barbechos naturales que estan constituidos por el rebrote de la vegetacion natural despues de concluirse la fase de cultivo

los barbechos mejorados que estan constituidos de leguminosas sembradas y que traen todas las ventajas descritas en el capitulo sobre cultivos de cobertura

Segun sea un barbecho corto o un barbecho largo se seleccionara especies anuales o especies perennes en el caso del sistema mejorado El uso de leguminosas mejorara la eficiencia del barbecho

c Especies usadas

Para barbecho corto mejorado se puede usar las especies de la lista anotada del capitulo 4 1 4 con leguminosas rastreras anuales

Para barbecho largo y especialmente en los casos de rehabilitacion de suelos degradados se recomienda usar las especies arbustivas u arboreas descritas a continuacion en el cuadro No 4 19

CUADRO NO 4 19
Algunas especies arbustivas y arboreas utiles para
mejorar los barbechos

ESPECIE	NOMBRE COMUN	OBSERVACIONES
<i>Cajanus cajan</i>	Gandul	Arbusto mejorador del suelo Los frijoles se comen Lena
<i>Leucaena leucocophala</i>	Ipil Ipil leucaena	Mejorador del suelo Forraje Los frijoles se comen Lena
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Mejorador del suelo Forraje Planta medicinal Lena

En el capitulo 4 3 2 se describiran mas especies leguminosas utilizadas en sistemas agroforestales en Costa Rica y valiosas para barbecho mejorado

ch Ventajas

Con la introduccion de barbechos mejorados con especies de alta produccion de biomasa que se puede descomponer facilmente se logra acortar el periodo de tiempo en barbecho

El barbecho permite el control de ciertas malezas y plagas

El barbecho mejorado bien escogido puede generar otras utilidades para el agricultor como frutas lena medicina forraje y alimento Parte de la biomasa aerea puede ser usada para cobertura muerta en parcelas vecinas

Los multiples factores que conllevan a la fertilidad del suelo son mejorados estructura del suelo contenido de materia organica almacenamiento de humedad y otros

d Limitaciones

El gran obstaculo en la utilizacion de barbechos mejorados reside en el costo de la siembra el agricultor no concibe sembrar sin cosechar y por otro lado un barbecho natural no le significa costos

El barbecho natural o enmalezamiento trae consigo especies no deseables y de difcil erradicacion a la hora de usar el terreno de nuevo para cultivos

Para logra un buen barbecho se debe procurar quitar el ganado de la parcela lo que el agricultor no esta muy dispuesto a hacer

e Establecimiento

Las especies anuales o perennes rastreras se siembran segun sus propios requerimientos

Las especies arbustivas se siembran de preferencia en contorno para lograr un efecto de barrera viva

f Mantenimiento y seguimiento

Cuando la parcela ingresa otra vez en el ciclo de produccion la biomasa producida por el barbecho puede segun el caso ser cortada y dejada como cobertura muerta o bien incorporada (abono verde) o llevada a otro terreno

g Costos

Para especies rastreras el costo es similar al establecido para los abonos verdes (ver 4 2.5)

Para especies arbustivas es segun el sistema de siembra (semilla estaca)

4 2 7 Uso de fertilizantes y enmiendas minerales

a Descripcion, funciones y condiciones de aplicacion

Los fertilizantes y las enmiendas minerales son constituidos de elementos minerales concentrados que se aplican al suelo para corregir alguna deficiencia u toxicidad y asi mejorar su fertilidad

Debido a que los precios de los fertilizantes son altos su aplicacion en fincas de pequenos agricultores debe ser muy rentable Se sugiere los siguientes principios

Usar fertilizantes en terrazas o en areas planas para minimizar el riesgo que se pierdan por efecto del agua de escorrentia

Usar prioritariamente los fertilizantes para cultivos de alto valor economico en areas recien rehabilitadas o en terrenos protegidos por medidas de conservacion

Usar los fertilizantes en conjunto con abonos organicos estercoles abono verde y residuos de cultivos para obtener mejores resultados y usar cantidades menores de fertilizantes

Recomendar cal en suelos acidos que tengan problemas de toxicidad de aluminio Promover el uso de cultivos tolerantes a acidez y toxicidad de aluminio

b Especificaciones

Las dosis y tipos de fertilizantes a usar dependen de los suelos y cultivos a sembrarse. El nitrógeno es generalmente deficiente. El fósforo y potasio se requieren en todos los cultivos además de los micronutrientes. El encalado puede ser necesario en suelos ácidos de acuerdo con el grado de tolerancia a la acidez de los cultivos.

Los análisis de fertilidad de suelos serán siempre indispensable para determinar los requerimientos específicos en fertilizantes y enmiendas minerales.

Cuando no se conocen los porcentajes de CaO de las distintas enmiendas calcáreas disponibles en el país, se aplican métodos empíricos para establecer los programas de encalado. Por cada 0.3 meq/100 ml de Al que se quiere neutralizar, se aplica 1 tonelada de Carbonato de Calcio. Se debe ser cuidadoso y no sobreencalar, lo cual puede suceder en suelos con baja capacidad de intercambio catiónico efectivo.

c Tolerancia al aluminio de las diferentes especies

En términos generales se puede establecer la siguiente secuencia empezando con los cultivos tolerantes y terminando con los susceptibles (cuadro No 4.21).

CUADRO NO 4.20

Tolerancia relativa de los cultivos a la toxicidad al aluminio

Cultivos mas tolerantes		Cultivos menos tolerantes
café mango cítricos marañón piña arroz caupi gandul kudzu centrosoma calopogonium	>	plátano maíz soya
		>
		frijol alfalfa sorgo

El café es un cultivo bastante tolerante al aluminio. Es costumbre en los suelos ácidos de encalar los cafetales a razón de 1 a 2 toneladas por hectárea cada 4 años.

ch Ventajas

Son la base del incremento de la productividad agrícola.

No solo aumentan la capacidad productiva del suelo sino que promueven un rápido crecimiento de la cobertura vegetal, lo cual protege la superficie del suelo de la erosión hídrica.

Permiten restituir progresivamente la productividad agrícola en los suelos erosionados o severamente degradados o en suelos recientemente rehabilitados o en terrazas nuevas.

d Limitaciones

Alto costo de los fertilizantes.

La cal no es muy cara, pero su aplicación requiere bastante trabajo.

e Establecimiento

Se debe aplicar el fertilizante apropiadamente fraccionar las aplicaciones y cuando se puede cubrir con suelo para que no sea expuesto al aire o a la lluvia (por ejemplo aplicando en bandas y cubriendo enseguida con el aporque) Las aplicaciones al voleo no son muy recomendables El encalado puede ser superficial o profundo segun se quiera mejorar el suelo o el perfil Se recomienda aplicar la cal antes de la labranza para luego incorporarla con esta

f Mantenimiento

El seguimiento de la fertilidad actual del suelo es altamente recomendable (muestras periodicas) Aplicaciones posteriores de cal y fertilizacion de fondo deberan ser aplicadas en base a los analisis de suelo Aplicaciones especificas de fertilizantes se realizaran segun las necesidades especificas de los cultivos

g Costo

Los fertilizantes representan un alto porcentaje de los costos de produccion del cultivo Por lo tanto su uso economico es imperativo El uso inapropiado de estos incluyendo sobredosis solo conlleva a perdidas de dinero que afectaran la economia del pequeno agricultor la tierra y el ambiente

4 2 8 Rotacion de cultivos

a Descripcion, funciones y condiciones de aplicacion

La rotacion de cultivos se refiere al establecimiento de una secuencia definida de cultivos que se repite ciclo tras ciclo sobre una misma parcela Sus objetivos principales son los de explotar racionalmente el recurso suelo sin deteriorarlo asegurar una diversificacion de la produccion en la finca y mejorar la cobertura del suelo con la integracion de cultivos densos El establecimiento de una rotacion es altamente deseable en todos los sistemas de cultivos y para cualquier tipo de suelo Es una practica basica de manejo de suelo

b Especificaciones

La duracion de la rotacion es variable existen rotaciones cortas de un ano y largas de 8 10 anos El establecimiento de esta practica depende de las preferencias del agricultor de las ventajas economicas que traera y del ambiente fisico Es especifico para cada sitio pero se deben hacer recomendaciones para los sistemas de cultivos usados en el pais principalmente los sistemas con base en cultivos anuales ya que en la mayoria de estos las rotaciones no se aplican La introduccion de una leguminosa fijadora de nitrógeno atmosferico y mejoradora de la estructura del suelo gracias a su sistema radicular pivotante es un componente basico de la rotacion En otros casos la permanencia del suelo durante varios anos bajo la cobertura de una pradera temporaria asumira las mismas funciones de regenerar la fertilidad fisica quimica y biologica del suelo

c Rotaciones usadas

Se presentan a continuacion sugerencias para rotaciones en sistemas de cultivos anuales intensivos (*cuadro No 4 21*)

CUADRO NO 4 21
Algunas sugerencias para rotaciones de cultivos

ZONA ALTITUDINAL	REGIÓN CLIMÁTICA	SUGERENCIAS PARA ROTACIONES	DURACIÓN DE LA ROTACIÓN
Zona Baja (<1500m)	region humeda San Carlos	Maiz tiquisque	
		Arroz frijol	2 anos
	region subhumeda Guanacaste	Yuca con gandul	
		camote arroz frijol	2 5 anos
		Arroz Centrosoma	
		Maiz Stilojobium	2 anos
Zona alta (>1500m)	region subhumeda Zona norte de Cartago	Algodon Gandul	1 ano
		Maiz Gandul Frijol	1 5 ano
		Mani Gandul	
		Arroz Centrosoma	2 anos
		Papa Arveja Cebolla	
		Vainica/frijol	2 anos
		Papa Zanahoria	
		pasto kikuyu (4 6 anos)	6 8 anos
		Papa Cebolla	
		Alfalfa (3 anos)	5 anos

ch Ventajas

Se usan cultivos con exigencias alimentarias distintas lo cual permite el uso racional del suelo al contrario del monocultivo No provoca desbalance de nutrientes del suelo

Permite el mejoramiento de la productividad del suelo con el uso de leguminosas o de praderas temporarias

Control de plagas y enfermedades Un ejemplo lo constituye el control de nematodos en papa por ruptura del ciclo biologico

d Limitaciones

Esta practica necesita un planeamiento cuidadoso del uso de la tierra sobre periodos de tiempo que cubren mas de un ano en general lo cual es a menudo dificil para el agricultor en efecto este esta influenciado para escoger sus cultivos basicamente por los creditos disponibles y las opciones de comercializacion a corto plazo

e. Establecimiento

- Luego de haber definido la secuencia de la rotación con el extensionista, el agricultor puede empezar en una parcela con la siembra del primer cultivo de la rotación, también llamado "cabeza" de la rotación, porque, en general, es el cultivo más exigente en cuanto a la fertilidad. Progresivamente en el transcurso del tiempo puede ir incorporando otras parcelas con la misma rotación.
- Para tomar un ejemplo sencillo, se considera una rotación maíz-tiquisque-arroz-frijol para facilitar aún más, la finca está constituida de 4 parcelas (ver fig. No 4.28)

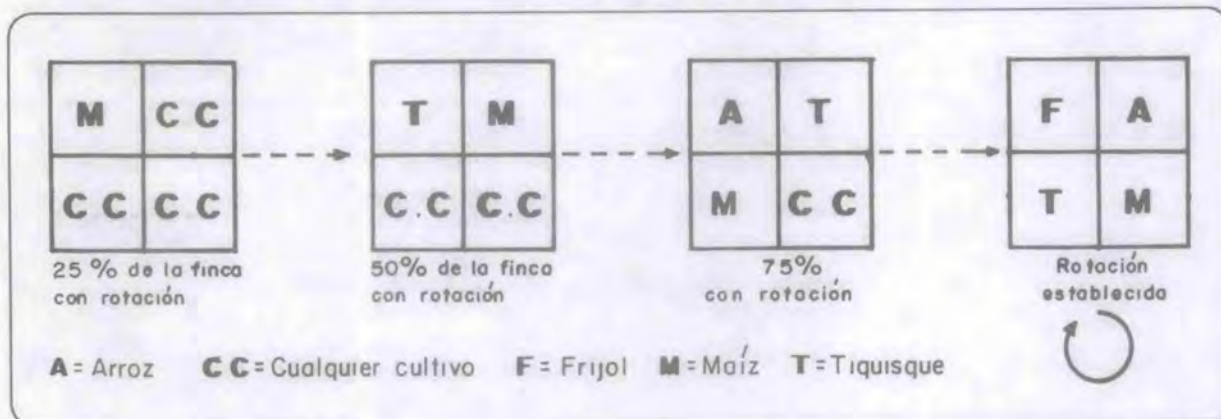


Figura No.4.28: Implementación progresiva de la rotación de cultivos escogida en la finca.

f. Mantenimiento

- Conforme se va estableciendo la rotación, se examinará las posibilidades de realizar abonos verdes en los tiempos muertos, y cuando es factible y necesario hacer aplicaciones de emmiendas orgánicas o minerales.
- Se aplicarán las prácticas culturales adecuadas para los cultivos específicos.

g. Costos

Una vez establecida, la rotación trae cierta rutina en cuanto a las operaciones culturales por efectuar y permite planificar racionalmente la compra de los insumos requeridos a corto, mediano y largo plazo. Todo esto contribuye a bajar sustancialmente los costos de producción.

4.2.9 Conservación de la humedad del suelo

a. Descripción, funciones y condiciones de aplicación

- El mejor aprovechamiento del recurso agua se logra mediante la aplicación de un conjunto de prácticas anteriormente descritas y de medidas de conservación descritas en el capítulo 5.
- Las estrategias son múltiples:
 - Mejorar la infiltración del agua de lluvia durante la estación lluviosa. Se realiza específicamente con las prácticas que actúan sobre la cobertura del suelo y el incremento de la materia orgánica; también con las medidas físicas que actúan sobre la longitud y la gradiente de la pendiente de la tierra.

Conservar y almacenar el agua de escorrentia durante la estacion humeda para utilizarla como riego suplementario en la estacion seca
 Mantener una cubierta muerta (la cobertura o residuos de cultivos) sobre el terreno durante toda la estacion seca No quemar los residuos
 No realizar labranza secundaria en temporada seca porque esta estimula la evaporacion del agua y el desecamiento del suelo ademas de aumentar la susceptibilidad a la erosion eolica
 Sembrar mas profundo en verano (caso de la papa en Cartago)
 Establecer cortinas rompeviento en zonas de fuertes vientos para disminuir la evapotranspiracion del sistema suelo planta
 Estas estrategias de manejo se aplican en Costa Rica a la zona subhumeda donde existe una estacion seca de varios meses que impide la produccion de cultivos (20% de la superficie del pais)

b Especificaciones

(refierase a cada practica en particular)

c Implementos, especies o sistemas usados

(refierase a cada practica en particular)

ch Ventajas

Gracias a la aplicacion de estas practicas se podra segun los casos cultivar con riego o sembrar con sistema de siembra directa (labranza minima) un cultivo antes de la reanudacion de las lluvias Igualmente sera posible la siembra despues de los primeros aguaceros gracias a la humedad residual del suelo Tambien se podra alargar el periodo de crecimiento del cultivo hacia los primeros meses de la estacion seca Un buen ejemplo es el sistema tradicional del frijol tapado (ver 4 1 5) donde el frijol obtiene la humedad necesaria para su desarrollo gracias a la capa de cobertura muerta del charral chapado

Es importante recalcar que los beneficios de los sistemas de conservacion y manejo de suelos o sea los aumentos de produccion agricola son atribuibles a corto plazo en la mayoria de los casos a la conservacion de la humedad del suelo

d Limitaciones

(refierase a cada practica en particular)

e Establecimiento

(refierase a cada practica en particular)

f Mantenimiento

(refierase a cada practica en particular)

g Costo

(refierase a cada practica en particular)

4 3 INTEGRACION DE MEDIDAS DE CONSERVACION CON SISTEMAS DE CULTIVO

Para que un programa de conservacion de suelos sea exitoso este debe estar integrado con los diferentes sistemas de cultivo y convertirse en una parte indispensable del paquete productivo Si el agricultor piensa que la conservacion de suelos es una tarea adicional en su finca es muy probable que el programa fracase Si por el contrario se consigue que la conservacion de suelos se arraigue permanentemente en el sistema de cultivo entonces el trabajo que debe ser efectuado se realizara con mas participacion y facilidad y la perennidad de las acciones se afianzara

4 3 1 Sistemas de cultivos anuales en ladera

Para presentar esta integracion se presenta seguidamente un ejemplo en la zona de San Rafael de Oreamuno de Cartago El sistema de cultivo consiste de granos basicos y hortalizas que se producen de fines de abril hasta diciembre (estacion seca de diciembre a abril) Lluvia alrededor de 1416 mm por ano y la finca esta ubicada a 1450 metros sobre el nivel del mar Los suelos son de textura franco arcillosa y arcillosa en el subsuelo ultisoles (Ustic haplhumult)

Utilizando la clasificacion FCC (*ver anexo No 7*) se puede realizar un diagnostico rapido de la fertilidad de la tierra Los suelos se definen como Cdhx (3 50%) Gracias a este podemos obtener las siguientes recomendaciones de manejo a nivel general

Debido a la naturaleza arcillosa del subsuelo los suelos tienen una baja capacidad de infiltracion y una buena capacidad de retencion de humedad Debe evitarse trabajar el suelo en humedo

La escasez de humedad no permite cultivar durante el verano si no hay riego

Debido al flujo de nitrogeno al inicio de las lluvias la fertilizacion nitrogenada debe ser ajustada segun la fecha de siembra

La utilizacion de cobertura muerta o mulch protege el suelo contra las altas temperaturas y mejora la germinacion que se ve frecuentemente afectada si las primeras lluvias son esporadicas El encalado es requerido para los cultivos sensibles al aluminio

Alta capacidad de fijacion de fosforo debido a la presencia de alofana y bajos indicios de mineralizacion del nitrogeno organico La pendiente del terreno varia de 3 a 50% por lo tanto alto riesgo de erosion debido a la escorrentia potencial

Sin entrar en el detalle de planificacion de la finca se va a aislar una parcela en la cual se detallaran las medidas de conservacion Los factores limitantes del suelo en este sitio seran determinados por medio de un analisis de suelo y de la aplicacion del sistema FCC para la fertilidad (*ver anexo No 7*)

Luego se investiga con el agricultor para saber como maneja la parcela cuales son los problemas y cuales son sus perspectivas y planes para lo futuro Como la parcela esta en pendientes suaves (8 10%) y los suelos son profundos se va a trabajar con tecnicas de conservacion agronomicas El cuadro No 4 22 siguiente muestra los cambios propuestos al agricultor para que adopte un manejo conservacionista de sus suelos tomando en cuenta las practicas relevantes identificadas en el proceso de planificacion

CUADRO NO 4 22

Integracion de medidas de conservacion en un sistema de cultivos anuales un ejemplo

En la columna de la izquierda se describe el manejo del agricultor (tradicional)
A la derecha el manejo conservacionista propuesto

<i>4 1 1 Siembra a contorno</i> Las labranzas mecanizadas con tractor se realizan de arriba hacia abajo Siembra en surcos con gradientes fuertes (3 4%)	Labranza en contorno en bandas que se guian con base en las barreras vivas trazadas Siembra en surcos con ligera gradiente de 0 2% (nivel de manguera)
<i>4 1 2 Densidad de siembra</i> Densidad de siembra es apropiada	Los surcos convergen a un desagüe protegido
<i>4 1 3 Cultivos multiples</i> Tradicionalmente no los utiliza	Cultivos intercalados en fajas se proponen distintos cultivos que se alternan en bandas Cultivos intercalados alternos se propone maiz con frijol de guía en relevo a fines de las lluvias También papa arveja
<i>4 1 4 Cobertura muerta</i> El lleva el frijol para aporrearlo y no devuelve los residuos al campo	Repartir los residuos en la superficie o en los surcos para mejorar el contenido de materia organica del suelo y la retencion de humedad
<i>4 1 6 Labranza minima</i> No la usa realmente	Despues de la papa la maleza crece Se chapea deja la cobertura y se hace la siembra directa con esqueje del maiz (cero labranza) En efecto el suelo esta bien estructurado y no hay necesidad de labrar la tierra para el maiz
<i>4 1 7 Barreras vivas</i> No las usa	Establecer barreras vivas dobles de pasto limon a una distancia de 15 metros (la distancia entre las barreras vivas debe ser multiplo del ancho del implemento agricola que se utilice) Se van a formar terrazas progresivas gracias a la labranza en contorno en las bandas Las barreras pueden ser reforzadas con rastros acordonados en su parte superior
<i>4 1 8 Cortinas rompeviento</i> Existen viejas cercas de cipreses que no sirven mucho Los vientos son fuertes en enero febrero y marzo	Establecer perpendicularmente al viento del este o sea con una orientacion norte sur cortinas sencillas (costo y presion sobre la tierra) de trueno o eucalipto a la distancia que conviene al agricultor o renovando poco a poco las cercas viejas

4 2 1 *Labranza profunda*

La labranza tradicional se efectua con arado de disco a 20 cm de profundidad Existe un pie de arado superficial

4 2 2 *Roturación profunda*

El agricultor no tiene el implemento ni tampoco lo tiene la cooperativa a la cual esta afiliado

4 2 3 *Labranzas superficiales reducidas*

El usa la rastra afinadora y tambien el rotavator

4 2 4 *Abono organico y estercoleras*

No tiene la costumbre de fabricar abono organico
Tiene un poco de estiercol

4 2 5 *Abonos verdes*

No existe la costumbre
Cultiva arveja para navidad cuando los precios son buenos

4 2 7 *Fertilizantes y enmiendas*

El usa cal cada 10 anos tal vez sin saber cuanto
El fertiliza fuertemente la papa y la zanahoria

Hacer una labranza profunda con arado de discos a 30 cm para romper el pequeno pie de arado Voltear la tierra hacia abajo para formar terrazas

En funcion de como resulta la labranza profunda el Servicio usara un chisel para aflojar bien la tierra A hacer en verano

Una sola pasada de la rastra afinadora para preparar el lecho de siembra si se siembra a maquina El rotavator no se recomienda pero como el lo tiene puede usarlo a velocidad de avance rapida rotacion lenta y tapa levantada para no pulverizar el suelo

No tiene muchos residuos para hacer abono organico y tampoco mano de obra Se hace un programa para incorporar estiercol en una banda de terreno cada ano

La arveja se sembrara en relevo con la papa o bien sola Despues de la cosecha de las vainas el material se corta y se deja como cobertura

El frijol de guia se puede proponer mismo manejo pero asociado con maiz Se propone tambien una leguminosa resistente a la sequia como *Calopogonium* o *Stolozobium* que servira de abono verde y barbecho corto mejorado Pero el agricultor no esta convencido de la necesidad de realizar esta inversion

El analisis de suelo revela niveles bajos de Ca Mg P y K El N por supuesto debe ser bajo (bajo indice de mineralizacion) La materia organica 5% constituye un nivel bajo para un suelo de origen volcanico Por lo tanto un programa de encalado (con Mg) es establecido Las dosis de fertilizantes se adecuan a las necesidades de los cultivos y a la fertilidad del suelo

4 2 8 Rotacion de cultivos

No sabe que es son las condiciones de mercado las que le dictan la secuencia cultivos El dice querer intentar hacer la rotacion sobre una faja de terreno

Se establece un programa de rotacion para una de las bandas y en espera que el año proximo el cultivo adopte el sistema en otras bandas La novedad para el es el frijol de guia intercalado y el abono verde como barbecho corto Tiene dificultad por seguir el plan establecido

4 2 9 Conservacion de la humedad del suelo

No tiene riego pero existe un rio en la propiedad cuyo caudal en verano es muy bajo pero no se seca

Se va hacer un estudio de riego incluyendo los costos La idea es hacer un estanque para conservar el agua del invierno Para realizar esto el agricultor debe tener acceso a creditos Las practicas 4 1 2 4 1 5 4 1 7 4 2 4 y 4 2 5 ayudan a la conservacion de la humedad del suelo

Como se puede apreciar en el ejemplo algunas medidas conservacionistas necesitan un fuerte credito lo cual habra que conseguir Otras medidas se integran naturalmente y sin esfuerzos en el sistema de cultivo Y otras medidas son dificiles de integrar porque implican un cambio en las costumbres y en la estrategia de produccion del agricultor Ejemplo de estas ultimas son los abonos verdes y la rotacion de los cultivos Gracias a discusiones profundas (y largas) con el agricultor el extensionista llega a convenir con el de un calendario agricola que contemple una rotacion adecuada con las practicas de manejo identificadas Este programa de manejo debe ser luego implementado y reajustado a traves del seguimiento continuo al agricultor

4 3 2 Agroforesteria

Los sistemas agroforestales se practican desde hace mucho tiempo en Costa Rica utilizan tecnicas de manejo de la tierra que implican la combinacion de arboles forestales con cultivos o con ganaderia o una combinacion de ambos

La presencia de la vegetacion forestal muchas veces en varios estratos tiene efectos muy beneficios al reducir el riesgo de erosion Las hojas flores frutas y ramas de los arboles caen al suelo donde se descomponen formando una capa de hojarasca con todas las ventajas que conlleva (ver 4 1 3) La mayoria de los sistemas agroforestales solo requieren medidas de conservacion de suelos muy sencillas en particular en la fase de establecimiento del sistema Las tecnicas de manejo conservacionista comunmente utilizadas en los sistemas agroforestales son siembra en contorno cultivos intercalados durante la fase inicial de la plantacion cobertura muerta con residuos de poda cultivo de cobertura o manejo adecuado de la cubierta natural barreras vivas y de residuos acordonados uso de abonera y estiercol a la siembra (transplante) uso racional de fertilizantes y enmiendas y conservacion de la humedad del suelo

El cuadro 4 23 presenta las leguminosas mas utilizadas en sistemas agroforestales en Costa Rica con sus principales usos y cultivos asociados Tambien se usan arboles no leguminosos como el guacimo (*Guazuma ulmifolia*) y el jinocuabe (*Simarouba glauca*) entre otros Los arboles leguminosos pueden desarrollarse tanto en suelos fertiles como en condiciones extremas o desfavorables por lo tanto pueden ser usados en la rehabilitacion de tierras degradadas donde otras especies no podrian crecer

CUADRO NO 4 23

Arboles leguminosos mas empleados en sistemas agroforestales en Costa Rica

ESPECIES	NOMBRE COMUN	ALTURA	USOS PRINCIPALES	CULT ASOCIADOS
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Calliandra carboncillo	4 6 m	Forraje flores (ornamentales y miel) lena	Maiz frijol
<i>Cassia grandis</i>	Carao	muy alto	Lena frutos miel de frutos cercas vivas	Maiz frijol
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	muy alto	Lena sombra potreros frutos para ganado	Pastos
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poro	20 30 m	Sombra en cultivos perennes forraje cercas vivas cobertura	Cacao cafe pastos
<i>Glicidia sepium</i>	Madero negro	10 12 m	Cerca viva forraje lena cobertura postes flores (miel) planta medicinal	Pastos
<i>Inga sp</i>	Guaba	15 20 m	Sombra en cultivos perennes lena frutos cobertura	Cafe cacao
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena Ipil Ipil	variable	Forraje lena cobertura sombra en cultivos perennes cerca viva cortina rompeviento	Mani maiz frijol cafe

Ademas de la fijacion del nitrógeno y de la extraccion profunda de nutrientes y agua los arboles leguminosos son de multiple proposito

alimentos obtenidos a partir de hojas flores y frutas
forraje para el ganado (hojas ricas en proteinas)
lena de los tallos ramas y copas
madera del tallo principal

La limitacion principal a la utilizacion de los arboles leguminosos viene ser su rapida tasa de crecimiento que hace que puedan competir por luz humedad y nutrientes con los cultivos intercalados. Por esta razon se les asociara con cultivos que toleran o requieren sombra ligera o fuerte y de no ser el caso se sembraran los arboles a distancias mas grandes

Los sistemas agroforestales tienen gran difusión entre los pequeños agricultores de las zonas de ladera de Costa Rica en particular en los cultivos perennes para sombra

En la figura 4 29 se puede apreciar la estratificación vertical encontrada en el sistema agroforestal de la región de Acosta Puriscal (cafetal arbolado). Este sistema ofrece al agricultor la mejor alternativa de uso del suelo y comparando con otros tipos de usos (ganadería extensiva cultivos anuales) el cafetal ofrece las mejores condiciones para una producción sostenida con un mínimo de daños (degradación del suelo y erosión) (Espinoza 1986)

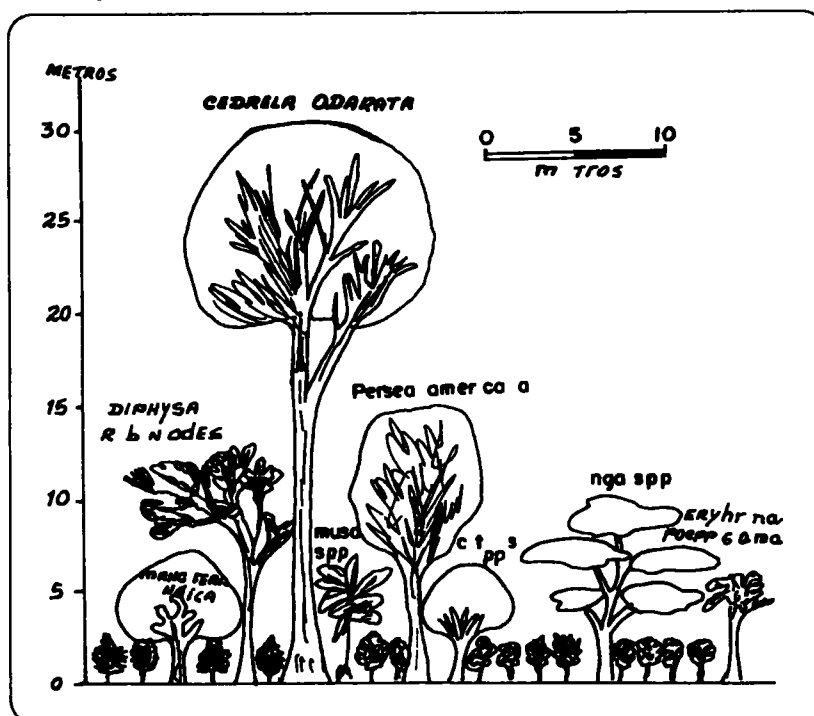


Figura No 4 29 El sistema agroforestal cafetal arbolado en Acosta Puriscal (Tomado de Leonardo Espinoza P 1986)

Otro ejemplo lo constituyen las plantaciones de cacao que utilizan banano yuca o gandul como sombra temporal y especies como la guaba y el poro para sombra permanente. El sistema se completa además con árboles de laurel (*Cordia alliodora*) a baja densidad para producción de madera. Durante la fase inicial de desarrollo del cacaotal el agricultor puede aprovechar el espacio con cultivos anuales. El manejo de la cobertura del suelo es importante en el cacaotal en general se realiza con desyerbo parcial o sea que se mantiene la rueda limpia y el resto con cubierta natural. En la zona de Golfito se aprovecha una gramínea para cobertura (*Geophila repens*)

Es muy difundida también entre los agricultores la integración de árboles para cerca viva en los sistemas de cultivo. La especie más popular para este tipo de manejo es el madero negro (*Gliricidia sepium*) que se siembra en postes algunas semanas después de que hayan sido cortados

En sistemas de cultivos anuales no existe tradición de asociar árboles en Costa Rica con la excepción de las cercas vivas. Existen sistemas interesantes desarrollados en otras partes del mundo en particular el cultivo en callejones o franjas o alley cropping que se implementa en contorno alternando una leguminosa arbustiva con cultivos anuales (Fig No 4 30). Los residuos de poda de los arbustos se usan como forraje mulch y lena. La franja arbustiva actúa como una barrera viva (Ver 4 1 6). Las especies de leguminosas interesantes para este sistema son el madero negro (*Gliricidia sepium*) la leucaena (*Leucaena leucocephala*) y el carboncillo (*Calliandra calothyrsus*)

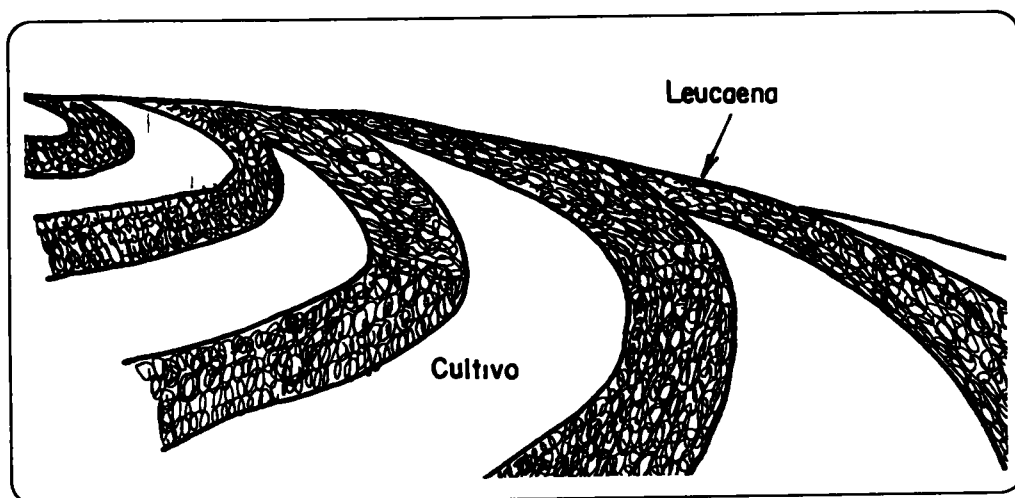


Figura No 4 30 Cultivo en callejón con leucaena sembrado en contorno

Los llamados sistemas silvopastoriles son muy difundidos en las praderas naturales en Costa Rica. Además de cercas vivas se utilizan árboles maderables para sombra y arbustos para el ramoneo del ganado en verano (madero negro leucaena).

4 3 3 Manejo de praderas en pendientes

La actividad ganadera es muy importante en el país y durante mucho tiempo no se le ha prestado suficiente atención. Más de la mitad del área agrícola del país está dedicada a la ganadería y 60% de las praderas son constituidas de pastos naturales. La actividad forma el tercer rubro en la exportación.

Es muy común en zona de ladera observar la degradación de la tierra en pastizales. Esta degradación se debe a la compactación de los horizontes superficiales del suelo por sobrepastoreo, lo cual provoca microdeslizamientos, raleamiento de la cobertura vegetal y cárcavas. La consecuencia directa es la pérdida de productividad de la tierra y su mayor susceptibilidad a la erosión.

Existen tres sistemas de pastoreo:

- 1 Continuo
- 2 Alternativo (dos potreros)
- 3 Rotacional

Generalmente en Costa Rica predominan el pastoreo continuo y el alternativo. El pastoreo rotacional se utiliza especialmente en explotaciones de ganadería de leche y es el que se considera el sistema más eficiente desde el punto de vista conservacionista.

El manejo que se le da a las áreas dedicadas a la ganadería muchas veces es deficiente por las siguientes razones:

- uso inadecuado de la tierra: el ganado pastorea en suelos y pendientes que no son aptos para esto; el ganado queda demasiado tiempo en el mismo potrero y ejerce una carga que no es sostenible por este;
- no se contemplan periodos largos de recuperación de la pradera;
- existen pocos bebederos y árboles de sombra;
- la fertilización y el encalado son escasos.

Se debe tener presente que en condiciones de pendientes fuertes con longitud de pendiente larga o con un suelo poco permeable el establecimiento de estructuras físicas para interceptar el agua de escorrentía de la parte alta y llevarla hacia un desagüe protegido (ver 5.2.1) puede ser requerido

A continuación se detallan algunas medidas de manejo para mejorar la productividad de la tierra en praderas

a Pastoreo rotacional y apartos

Se refiere en general a sistemas intensivos basados sobre la explotación de pastos mejorados donde las praderas son divididas en unidades de producción iguales (apartos) y se establece un sistema de pastoreo y descanso. El ganado se mueve hacia otro apartado cuando el forraje ha sido comido

Este sistema tiene muchas ventajas: mejora el vigor de las plantas y la producción de forraje, mejora la alimentación del ganado y da un pastoreo más uniforme, evita el pastoreo excesivo o sobrepastoreo, disminuye las parasitosis y enfermedades, mejora el pastoreo en época seca y permite el pastoreo diferido.

También trae ciertas desventajas para el agricultor: el establecimiento de los apartos necesita energía, tiempo y capital para las cercas. Se requieren más bebederos. El ganado y los pastos deben inspeccionarse más frecuentemente.

Existen también sistemas rotacionales extensivos basados en la explotación de pastos nativos como el sistema de los 4 predios adaptado para la zona subhúmeda. Este sistema de bajos insumos utiliza la quema como técnica de manejo en forma controlada cada 4 años (ver cuadro No 4.24)

CUADRO NO 4.24

Pastoreo rotacional extensivo el sistema de los cuatro predios

AÑOS PREDIOS				
	1	2	3	4
a	pastoreo mayo nov	descanso (pastoreo diferido)	quemado(abr) pastoreo (dic abr)	pastoreo (dic abr)
b	descanso	quemado(abr) pastoreo (dic abr)	pastoreo (dic abr)	pastoreo mayo nov
c	quemado(abr) pastoreo (dic abr)	pastoreo (dic abr)	pastoreo mayo nov	descanso
d	pastoreo (dic abr)	pastoreo mayo nov	descanso	quemado(abr) pastoreo (dic abr)

b Pasto de corte

La siembra y el establecimiento de pasto de corte se recomiendan en áreas que no permiten el pastoreo y debe ser integrada al manejo de ganado estabulado o semiestabulado (lecherías). Las especies más usadas son el pasto King Grass o elefante (*Pennisetum purpureum*) el pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* cv Taiwan) el sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*) y el pasto Gigante (*Panicum maximum*). En zona subhúmeda se debe disponer de riego para el verano. El forraje debe ser cortado cada 2 meses aproximadamente y se recomienda fertilizar después de cada corte. Las dosis de fertilizantes requeridos son muy altas del orden del doble de los pastos de piso debido a la ausencia de reciclaje a través de los animales. Es por lo tanto una opción cara pero muy interesante en realizar en una pequeña parcela que no permite el pastoreo (intensificación parcial).

Un hectárea permite mantener 6 vacas lecheras y hasta 9 con el King Grass.

c Pastoreo diferido

Una unidad de pastoreo se deja descansar por un tiempo definido. Esta técnica se usa en pastos nativos y permite una buena cobertura vegetal porque permite a los pastos semillar y expandirse. También permite tener una reserva de pastos para la época seca crítica. Se aplica también pero para periodos más largos en áreas degradadas como cárcavas y área de deslizamiento.

Por supuesto hay que cuidar que no provoque un sobrepastoreo en el resto de la finca. Esta técnica no funciona si la pradera natural tiene pocas plantas deseables. En este caso se debe primero controlar la maleza.

El periodo de tiempo en pastoreo diferido puede ser de 3-4 meses hasta que la semilla madure.

La frecuencia del pastoreo diferido en pastizales pobres o regulares será de una vez por cada periodo de crecimiento del pasto.

ch Renovación de pastos

Se van a tratar mecánicamente con cinceladura o con surcado en contorno los pastos viejos y compactados para aumentar su producción. Este tratamiento puede ser realizado con arado de discos (ver 4.2.1) o arado de cincel (ver 4.2.2) en contorno y en terrenos aptos para pastoreo. Conviene particularmente cuando hay capas endurecidas en la zona de crecimiento radicular (por ejemplo capas cementadas de ceniza volcánica). La profundidad de roturación varía de 20 a 45 cm.

En condiciones donde un tractor no puede trabajar o en donde no está disponible se puede realizar la renovación de la pradera (gradual o no) con surcos en contorno.

Hay que notar que las especies forrajeras deseables deben estar en cantidades suficientes para poder extenderse en las áreas perturbadas.

Después de haber sido tratado el área no debe ser sometida al pastoreo para que las especies deseables puedan colonizarla (pastoreo diferido).

El pastoreo rotacional es un complemento indispensable para mantener la producción de las praderas renovadas.

Un caso particular es la integracion de la pradera en una larga rotacion donde se rompe la pradera despues de 4 a 6 años. Se siembran 2 cultivos de hortalizas y luego se siembra el pasto con material vegetativo. Este sistema es muy efectivo para controlar la compactacion en terrenos con ceniza volcanica reciente.

d Siembra de leguminosas en potreros establecidos

El uso de leguminosas es una via muy interesante para mejorar la productividad de las praderas extensivas.

Existen varias tecnicas

Sobrepastorear ligeramente y surcar en contorno con rastra pesada a media profundidad. En los surcos dejados se siembra las leguminosas al inicio de la temporada lluviosa con una dosis de 25 50 kg de fosforo por hectarea.

En zona de ladera se recomienda surcar con arado de bueyes con una distancia entre surcos de 1 a 2 metros luego fertilizar con 25 50 kg de fosforo por hectarea y sembrar la leguminosa. Asi se siembra el kudzu tropical en pasto jaragua (zona subhumeda).

Tambien se puede sembrar la leguminosa en plateo o rodaja a una distancia de 0.5 metros y se aplica siempre la fertilizacion fosforica.

Entre las ventajas de las mezclas de gramineas con leguminosas estan

- Produccion de forraje de mejor calidad nutritiva: mayor cantidad de proteinas, fosforo y calcio.
- Mejor uso y conservacion del suelo (nutrientes y agua).
- Fijacion del nitrógeno por las leguminosas.
- Produccion de forrajes mas uniforme a traves del año.
- Mayor rendimiento del forraje.
- Mayor produccion animal por unidad de superficie.

Las gramineas absorben el agua y los nutrientes de la parte superficial del suelo, mientras las leguminosas los absorben de los horizontes mas profundos del suelo. Por esto logran producir en epoca seca. Ademas las leguminosas recuperan nutrientes lixiviados por medio de su profundo sistema radicular.

e Control de malezas, enfermedad y plagas

El control puede ser quimico o mecanico (chapia, arranque). Es importante conocer el porcentaje de enmalezamiento que pueden soportar a la vez la pradera y los animales (en los EE UU de 15 a 20%). La recomendacion basica en estas operaciones es de no dejar el suelo descubierto.

Para el control de enfermedades y plagas puede ser necesario una renovacion o solamente un sobrepastoreo controlado, una quema o una fertilizacion.

f Arboles de sombra y bebederos

Se debe procurar distribuir los saladeros y bebederos en forma adecuada en cada aparcadero para obligar al ganado a recorrer el potrero con el fin de obtener un pastoreo mas uniforme y evitar la compactacion del suelo y la invasion de malezas que ocurren cuando los saladeros y bebederos estan juntos.

Los árboles deben ser sembrados en bosques y cercados para que el ganado no los coma cuando son pequeños. Una vez establecidos se deja el acceso a los animales que utilizan las hojas como forraje y aprovecharán la sombra en especial durante la temporada seca. Árboles forrajeros como el guacimo (*Guazuma ulmifolia*) y el madero negro (*Gliricidia sepium*) son muy valiosos sea en bosqueje sea como cerca viva.

g Fertilización y encalado

Es importante contar en la medida de lo posible con análisis de suelo como guía de fertilización.

Si se requiere una rápida cobertura del suelo para el control de la erosión o para forraje de corte se necesitan aplicar cantidades altas de fertilizantes.

En suelos ácidos puede ser necesario el encalado dependiendo de las especies de pasto usadas para llegar a un pH de 5.5 o reducir la saturación de bases por el aluminio a menos de 50% (ver 4.2.7).

h Surcos en contorno y canales de infiltración

Estas prácticas mecánicas se usan en pendientes menores de 50%. Permiten mejorar la producción de pastos en las zonas subhúmedas (ver 5.3.1).

BIBLIOGRAFÍA

- ARLEDGE J CHANG L VASQUEZ A 1985 Manual tecnico de Conservacion de suelos Programa Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrograficas 2a ed Lima Peru 80 p
- ASHBURNER J SIMS B 1984 Elementos de diseno del tractor y herramientas de labranza Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura San Jose Costa Rica 473p
- BENITES J 1988 Informe sobre la consultoria en Manejo y Fertilidad de suelos cultivos de proteccion y rehabilitacion de suelos para el Proyecto GCP/COS/009/ITA San Jose Costa Rica
- DANDOIS J 1989 Informe Tecnico sobre el uso de barreras vivas de pasto de limon Documento interno del Proyecto GCP/COS/009/ITA/MAG/FAO San Jose Costa Rica 28p
- DONAHUE R MILLER R SHICKLUNA J 1983 An introduction to soil and plant growth 5 ed New Jersey Estados Unidos
- ESPINOZA L 1986 El componente arboreo en el sistema Agroforestal cafetal arbolado en Costa Rica El Chasqui (Turrialba Costa Rica) No12 12 17
- FEDERACION NACIONAL CAFETALERA DE COLOMBIA (Colombia) 1975 Manual de Conservacion de Suelos de Ladera Chunchara Colombia 267p
- GEILFUS F 1985 Sistemas integrados de Conservacion de Suelos Adaptados a los pequenos Agricultores en zonas Humedas y Sub humedas IICA CDE Republica Dominicana Santo Domingo
- GUYOT G y al 1970 Los cortavientos en agricultura Estacion Experimental Aula Dei Centro de Investigacion y Desarrollo Agrario del Ebro Zaragoza Espana
- HUDSON N 1986 Soil Conservation London England Bt Batsford Ld 335p
- MAG (Costa Rica) 1983 Manual de Recomendaciones Cultivos Agricolas de Costa Rica San Jose Boletin Tecnico No 62
- MISRA R HESSE P Comparative analyses of Organic Manures Project Field Doc No 24 FAO Project RAS/75/004
- NEYRA M 1987 Informe de la consultoria en Cortinas Rompevientos para el Proyecto GCP/COS/009/ITA Doc interno Proyecto MAG/FAO San Jose Costa Rica

PRINZ D 1986 Cropping Techniques in the Tropics for Soil Conservation and Soil Improvement
Quaterly Journal of International Agriculture (Estados Unidos) 25(2) 86-89

PEACE CORPS (Estados Unidos) 1986 Soil Conservation Techniques for Hillside Farms Washing
ton Estados Unidos 92p

PRIMAVESI A 1982 Manejo ecologico del suelo 5ta ed Buenos Aires Argentina 499p

SANCHEZ P COUTOW BUOLS 1982 The Fertility Capability Soil Classification System
Interpretation Aplicability and Modification Geoderma (Holanda) 27 283 309

SUAREZ F 1982 Conservacion de Suelos IICA San Jose Costa Rica 289p

TRACY F PEREZ J 1986 Manual practico de Conservacion de Suelos Proyecto de Manejo de
Recursos Naturales Tegucigalpa Honduras 167p

WORLDBANK (India) 1987 Vetiver Grass (Vetiveria zizanooides)
A Method of Vegetative Soil and Moisture Conservation New Delhi India 69p

TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO MEDIDAS ESTRUCTURALES 5

En este capítulo se tratan los métodos de conservación para resolver los problemas de erosión hídrica en las tierras agrícolas sistemas para la conservación y manejo del exceso de agua y la recuperación de tierras degradadas. Las medidas agroconservacionistas siempre se usan para incrementar la productividad del suelo y controlar de la erosión.

Cada método de conservación de suelos consiste en diferentes prácticas apropiadas que toman en cuenta el uso de la tierra, la topografía o grado de pendiente del terreno, las causas de degradación de suelo, la factibilidad de construir las estructuras y la aceptabilidad del agricultor.

Según la capacidad de uso de la tierra, el cuadro No 5.1 puede ser usado como guía para definir las prácticas de conservación por aplicar en distintas zonas ecológicas del país en relación por los cultivos principales producidos.

CUADRO NO 5.1
Ejemplo de Guía de los distintos Métodos de Conservación
de Suelos Apropriados según la Clase de
Capacidad de Uso de la Tierra

CLASE DE CAPACIDAD	RANGO DE PENDIENTE	USO PRINCIPAL PREFERIBLE (ESPACIAMIENTO ENTRE HILERAS EN M)	ZONA REPRESENTATIVA	PRACTICAS DE CONSERVACIÓN (PARA FACTORES LIMITANTES DE EROSION O AGUA)
I	0 - 3%	Maíz	Orotina	Terraza de desague y LC 1/
		Pasto mejorado	Golfito	Terraza de desague
		Arroz y hortalizas	Orotina	Melgas
II	< 8%	Hortalizas	—	Terrazas de desague y LC 2/

III	< 15%	Maiz Frijoles	Bijagual	Terraza de desagüe con surcos de riego
		Maiz Frijoles con mango (14 m)	Orotina	Acequia de ladera y L C 2/
		Pasto mejorado		Surcos en contorno
		Cacao	San Carlos	Barreras vivas siembra en contorno y abono organico
IV	< 30%	Cafe (2 m) y maiz	San Isidro de General	Acequia de ladera y L C 2/
		Hortalizas	Cartago	Barrera muerta y L C 2/
		Maiz Frijoles	San Isidro del General	Terraza de banco y L C en suelos profundos
V	< 30%	Pasto mejorado	Cartago	Canal de infiltracion
VI	< 50%	Cafe (2 m) y macadamia(4 m)	San Isidro del General	Acequias de ladera 2/
		Manzana(5 m)	Cartago	Terrazas de huerta
		Manzana con maiz	Cartago	Terrazas de huerta con bancos anchos en suelos profundos
		Manzana	Cartago	Terrazas individuales 2/ con cubierta natural (pasto) entre las terrazas

L C Labranza en Contorno

1/ o barreras vivas en contorno con espaciamento maximo de 25 metros

2/ con hilera de barrera viva en la parte superior de la terraza

5.1 NECESIDAD PARA ESTRUCTURAS FISICAS

Debido a la larga duracion y a la alta intensidad de precipitacion la escorrentia en muchos casos no puede ser manejada solo con practicas agroconservacionistas estas deben ser apoyadas por obras fisicas de conservacion para prevenir la perdida de la productividad del suelo por la erosion hidrica

La erosion en las laderas es mas alta y no puede ser reducida solamente por siembra en contorno uso de rastrojos para cubrir el suelo cultivos multiples y otras practicas agronomicas En tierras arables

planas si los subsuelos son impermeables con baja capacidad de infiltración ocurre un exceso de agua superficial que debe ser manejado por estructuras de terrazas para evitar la erosión laminar o en surcos

Es esencial combinar las estructuras físicas con el uso correcto de la tierra y el manejo adecuado de suelos. Las estructuras no incrementan el rendimiento de los cultivos pero son útiles para mantener la productividad del suelo gracias a la protección de las tierras arables contra la degradación al control de la escorrentía y a la desviación del agua superficial hacia un sistema de drenaje diseñado

5.2 CONTROL DE EROSION HIDRICA

5.2.1 Canal de guardia o intercepción

Es un canal trapezoidal que intercepta la gran cantidad de escorrentía proveniente de la parte de la loma de pradera o bosque para proteger áreas bajas y terrenos cultivables. Se usa también para disminuir la escorrentía que provoca sedimentación, inundación, deslizamiento de la tierra y el crecimiento de las cárcavas. El canal puede tener una sección transversal triangular cuando los caudales son menores de $0.15 \text{ m}^3/\text{seg}$.

En la parte superior del canal se debe sembrar una barrera viva sencilla a todo el largo a 30-50 cm del borde del talud. En suelos de texturas con predominancia de fracciones limosas o arenosas el talud deberá ser protegido con una barrera de piedra o pasto rastrero.

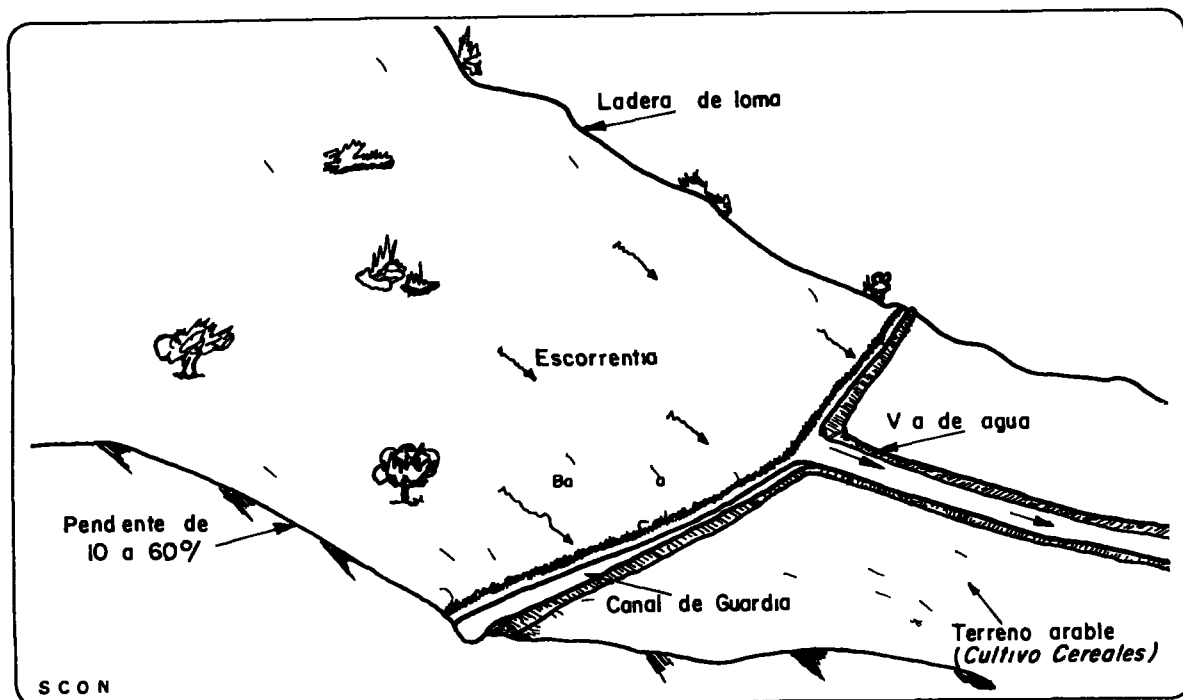


Figura No 5.1 (a) Vista Perspectiva del Canal de Guardia

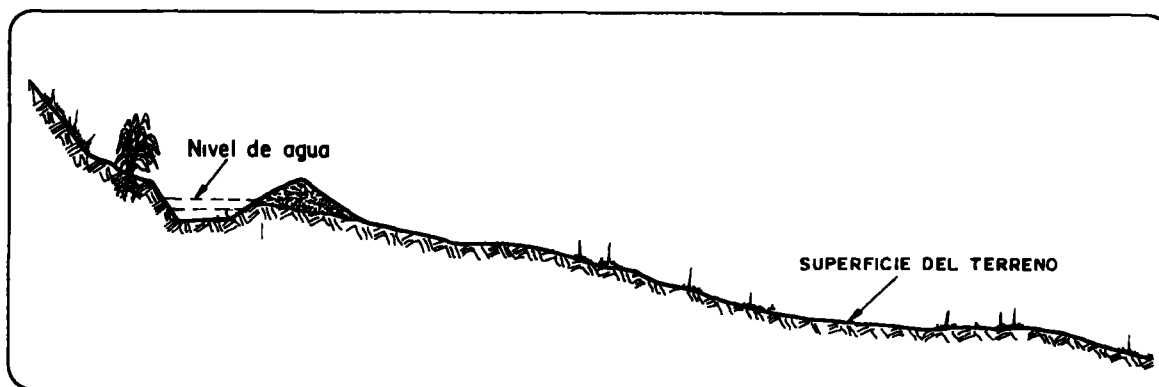


Figura No 5 1 (b) Vista Seccion Transversal del Canal de Guardia

El mantenimiento de un canal de guardia es de vital importancia ya que es la obra principal que protege el sistema de obras de la parcela y por consiguiente a los cultivos establecidos en ellas o entre ellas

Dentro de los principales cuidados que se deben tener estan

Evitar sedimentaciones o represamientos por hojas y malezas Si ocurren eliminarlos de inmediato depositandolos en el terraplen

Mantener controlado el pasto que protege el terraplen evitar que este penetre al canal

Evitar el paso de animales (ganado) por el canal principalmente si este tiene seccion trapezoidal

Exterminar cualquier tipo de roedor que pueda danar los taludes

Realizar chequeos periodicos de la pendiente longitudinal y corregir cualquier variacion

5 2 2 Via de agua empastada

Donde hay depresion natural el uso de esta como via de agua natural para recibir y desviar el agua de escorrentia de las estructuras de desviacion (canal de guardia terrazas de desagüe acequias de ladera terrazas de huerta y otros) es parte de las medidas de control de erosion Es indispensable no quemar la vegetacion en los desagües naturales para proteger las vias contra la erosion El pasto jengibrillo tiene un excelente comportamiento que disminuye la alta velocidad del agua de escorrentia

Usando la vegetacion natural del fondo del canal la via de agua puede funcionar para llevar el agua inmediatamente despues de su construccion Cuando se usa el suelo del fondo de canal para la construccion de los diques de la estructura es un requerimiento establecer permanente el fondo con pasto en un periodo suficiente antes de usarlo para desviar el agua Los siguientes pastos son recomendados para resistir a la altas velocidades de agua que escurre sobre la estructura

Bermuda (*Cynodon dactylon*) Guinea (*Panicum maximum*) Estrella (*Cynodon plectostachyus*) Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) Pangola (*Digitaria decumbens*) Jengibrillo (*Paspalum notatum*)

En suelos pobres donde los pastos naturales tienen dificultad para establecerse las series de gavetas (huecos) establecidas a lo largo de la via de agua ayudaran para reducir la alta velocidad de escorrentia particularmente en pendientes mayores de 15 %

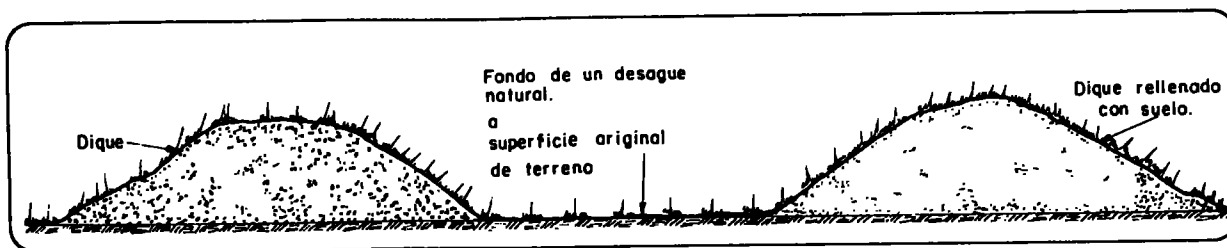


Figura No.5.2: Vista Sección Transversal de la Vía de Agua Empastada

Dado que estas son las obras que evacuan todas las aguas provenientes de la parcela sistematizada, deberá recibir mucha atención su mantenimiento, revisando periódicamente su estado y corrigiendo cualquier rotura o arrastre que se presente.

5.2.3 Terraza de desagüe

Son muy aptas en zonas húmedas con períodos de lluvia prolongadas. Su función es eliminar el exceso de agua que crea erosión de suelos, en parcelas de cultivos anuales.

En pendientes menor de 2%, se usan como drenaje de la escorrentía superficial en los potreros y suelos cultivados con maíz, arroz, frijoles y otros. Con ambos lados de taludes contruidos con relleno de suelo, se forman camas elevadas donde se siembran los cultivos. La gradiente de la terraza está diseñada para tener menos de 1% lo cual facilita el drenaje sin erosión.

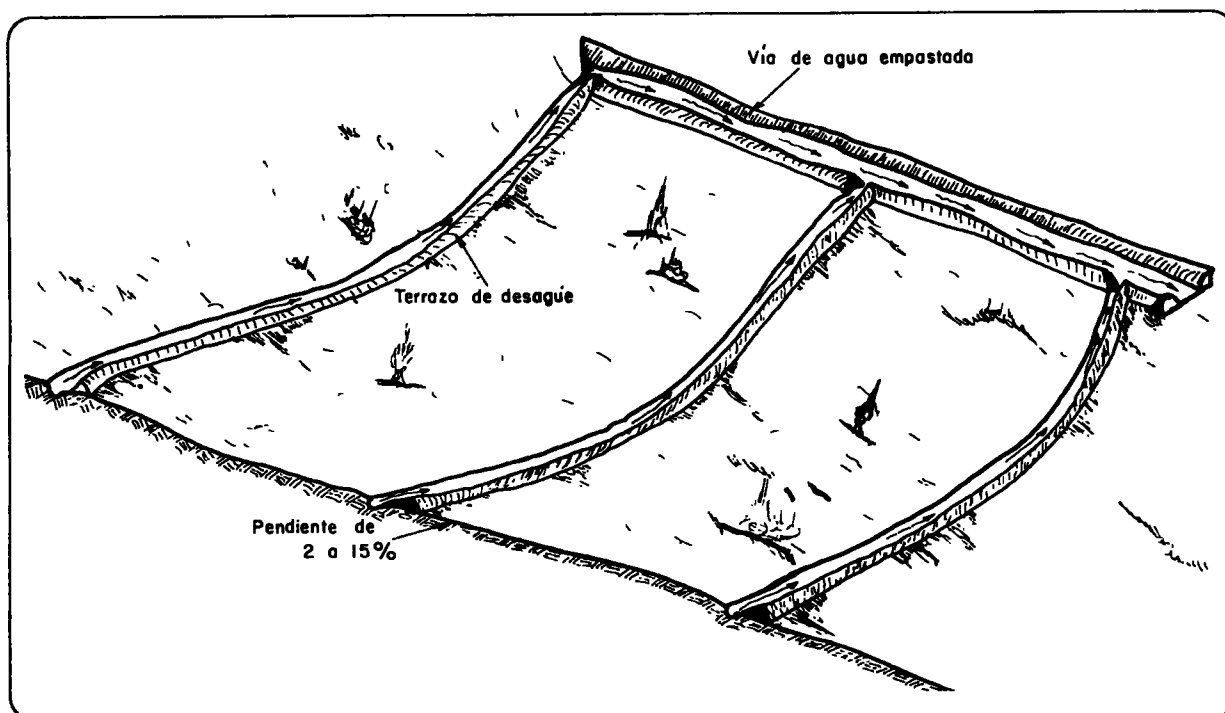


Figura No.5.3: (a) Vista Perspectiva de las Terrazas de Desagüe

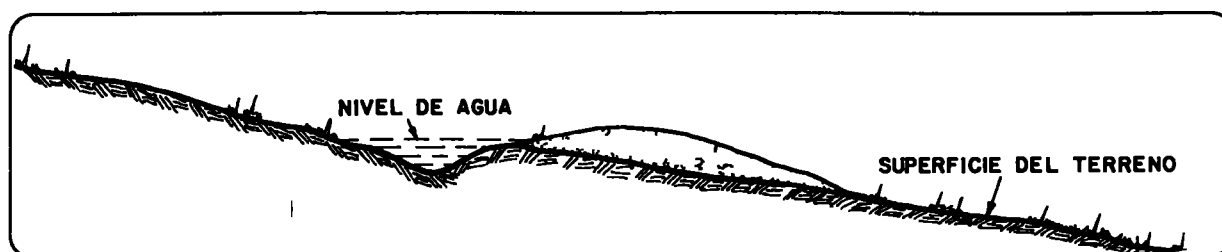


Figura No 5 3 (b) Vista Seccion Transversal de la terraza de Desague

5 2 4 Acequias de ladera

Son estructuras de control de erosion hidrica para tierras escarpadas. Se pueden construir facilmente en pendientes de terreno de 10 a 50 % con profundidad minima de suelo de 50 cm. Arriba del canal se debe sembrar una barrera viva sencilla a todo el largo a 30 50 cm del borde del talud. En suelos de textura arenosa o limosa este tipo de estructura para la conservacion de suelo es menos apropiado para hortalizas que las terrazas de banco. Para la produccion de cafe cacao o frutales la acequia queda construida entre las hileras de arboles sin reducir el espacio de siembra.

Cuando hay exceso de agua que entra al sistema de terrazas de banco se construye una acequia de ladera en la parte superior de las terrazas para desviar el agua y proteger los bancos contra la erosion.

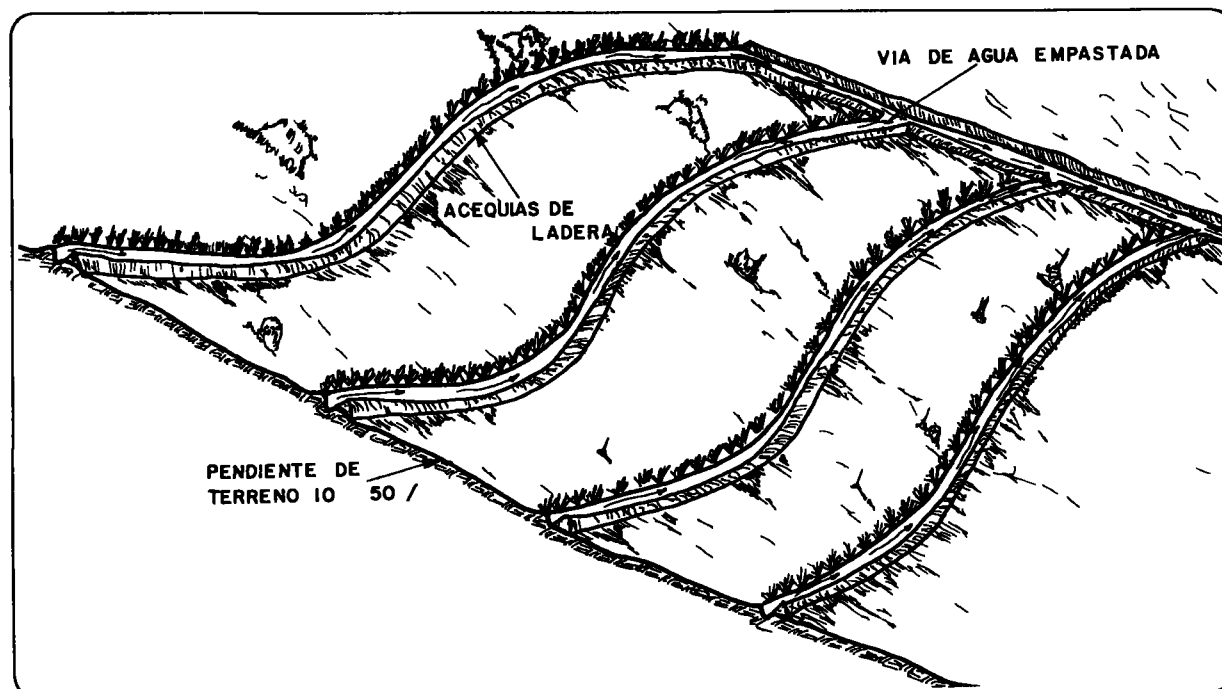


Figura No 5 4 (a) Vista Perspectiva de las Acequias de Ladera

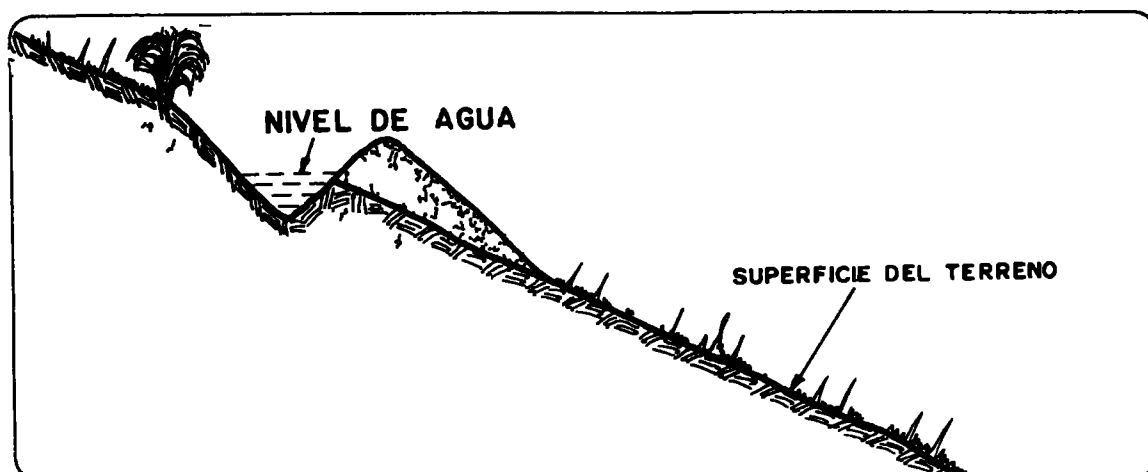


Figura No 5 4 (b) Vista Seccion Transversal de una Acequia de Ladera

Ademas de un mantenimiento similar al de las terrazas de banco en los bancos o plataformas y salidas de drenaje se debera reparar cualquier rotura sea en el talud de corte o en el de relleno. La barrera viva de proteccion nunca debera eliminarse y se corregira inmediatamente cualquier perdida de plantas de esta.

Los tratamientos auxiliares consisten en:

La aradura, los surcos y las plantaciones entre las acequias deben ir en contorno.

Las plantaciones de frutales deben establecerse con trazo al tres bolillo y se deben de construir terrazas individuales para cada arbol.

En epocas de descanso de las tierras deberan establecerse cultivos de cobertura que protejan al suelo contra la accion directa de las gotas de lluvia y el flujo de escorrentia, asi tambien para que mejoren las condiciones fisico quimicas del suelo, lo cual beneficia a los cultivos que se establezcan posteriormente.

5.2.5 Terrazas de huerta o escalones

Son terrazas de banco angostas construidas en pendientes de terreno de 30 a 50 %. Donde el suelo es apto para la produccion de frutales entre las terrazas.

Los bancos tienen pendientes invertidas para formar una capacidad adecuada para desviar el exceso de escorrentia. En zonas lluviosas es necesario establecer las barreras vivas en la parte superior de la terraza que esta sujeta a la erosion por alta velocidad de escorrentia.

En suelos muy profundos se puede construir terrazas con bancos mas anchos respetando que la fertilidad de suelo se queda en los bancos durante la excavacion del terreno. En esta condicion los arboles se siembran en cada banco de las terrazas. Con profundidad efectiva de suelo de 90 cm el ancho de los bancos fluctua entre 3 a 2 metros en pendientes de terreno de 30 a 45 %, lo cual permite sembrar cultivos anuales durante los primeros años del crecimiento de los arboles. Debido a la gran capacidad de las acequias de ladera se las puede usar en vez de las terrazas de huerta para permitir la incorporacion de cultivos anuales entre hileras de frutales sembradas en las acequias de ladera.

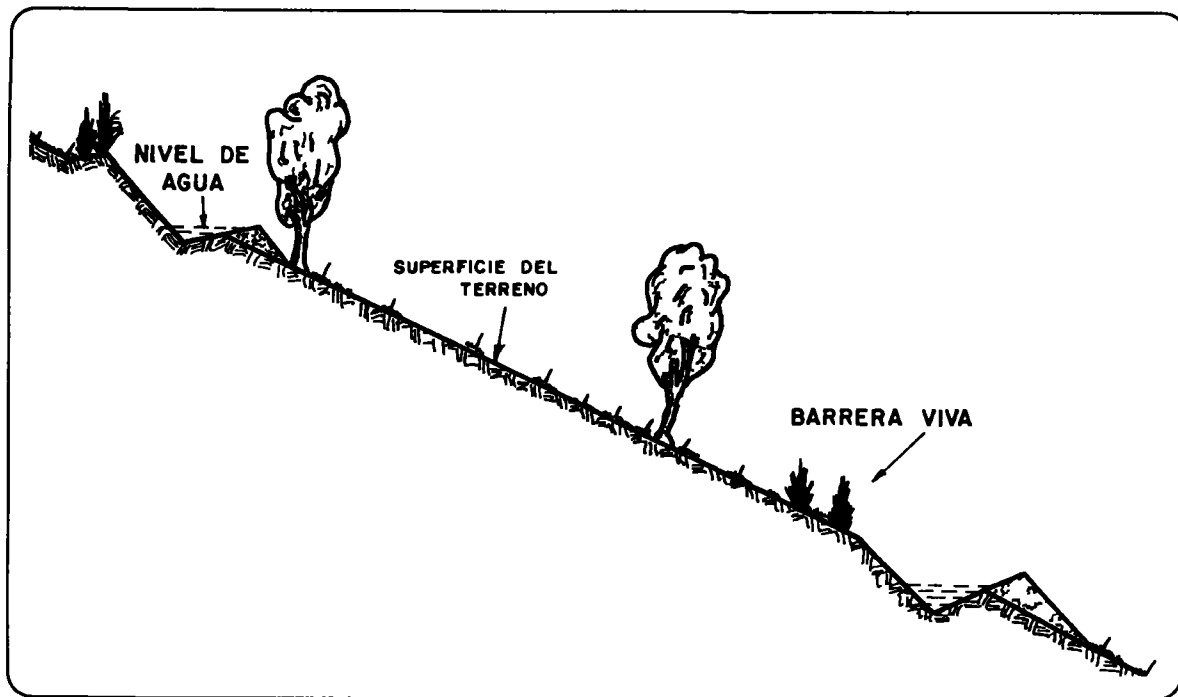


Figura No 55 (a) Vista Seccion Transversal de las Terrazas de huerta con arboles entre ellas

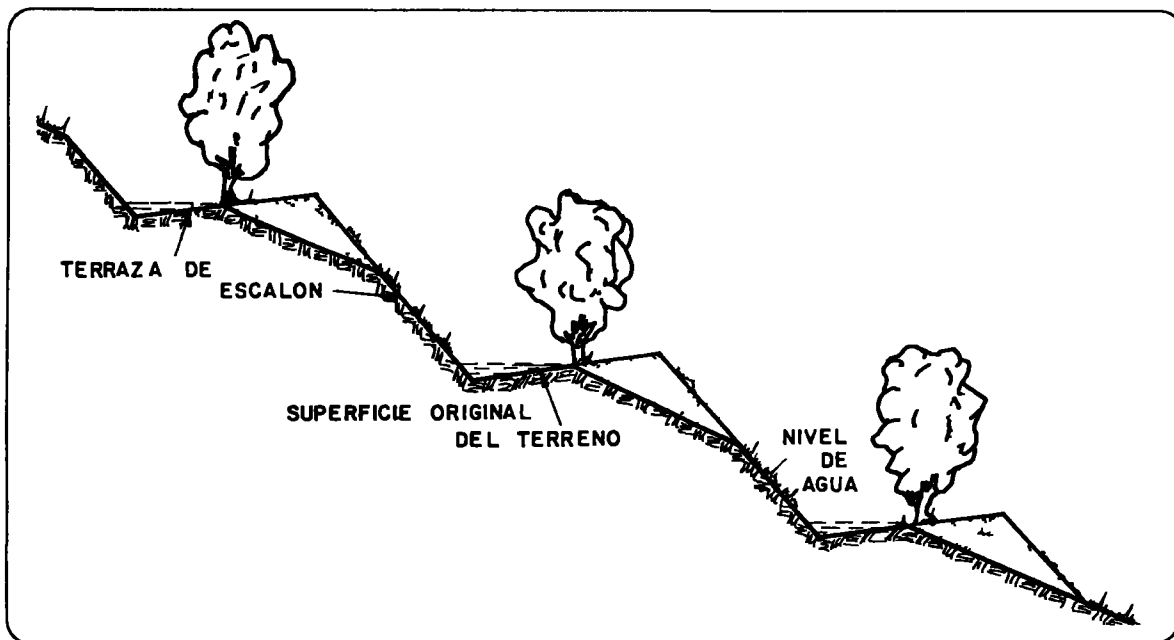


Figura No 55 (b) Vista Seccion Transversal de las Terrazas de Escalon con arboles en cada banco

El mantenimiento de las terrazas de huerto es el mismo que para las terrazas de banco excepto en los taludes por donde siempre existiran escurrimientos debido al espacio de terreno natural que se encuentra en la parte superior a la terraza el cual drenara sus aguas a la terraza inmediata inferior

Ademas debera mantenerse con pasto el espacio de terreno natural ubicado entre terrazas de huerto Las especies de pasto han de ser tolerantes debido a que eventualmente seran sombreadas por las

copas de los arboles frutales. Los pastos utilizados pueden ser Grama (*Paspalum notatum*) Estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y otros

5 2 6 Barrera de piedras

En suelos en que la pedregosidad superficial en areas de cultivo pueda ser removible se recomienda la construccion de barreras con este tipo de material

Entre los objetivos de estas barreras estan los de la formacion de terrazas progresivas las cuales con los anos se iran ensanchando. En segundo lugar la eliminacion de las piedras de los campos de cultivo entre barreras se vera favorecido en el aspecto de mecanizacion y volumen de suelo disponible para los cultivos

Estas estructuras se deben trazar y construir rigidamente a contorno esto con el objetivo de atrapar y retener en forma de deposicion los sedimentos provenientes de la parte superior de los terrenos

La altura final de las barreras de piedra se puede lograr paulatinamente con los anos. Asi por ejemplo el primer ano se puede dimensionar la barrera con aproximadamente unos 30 cm de altura y cuando la cantidad de sedimentos provenientes de la parte superior del terreno alcance el borde superior de la barrera se debe comenzar a sobreponer otra capa de piedras tal y como se observa en la fig 5 6(b)

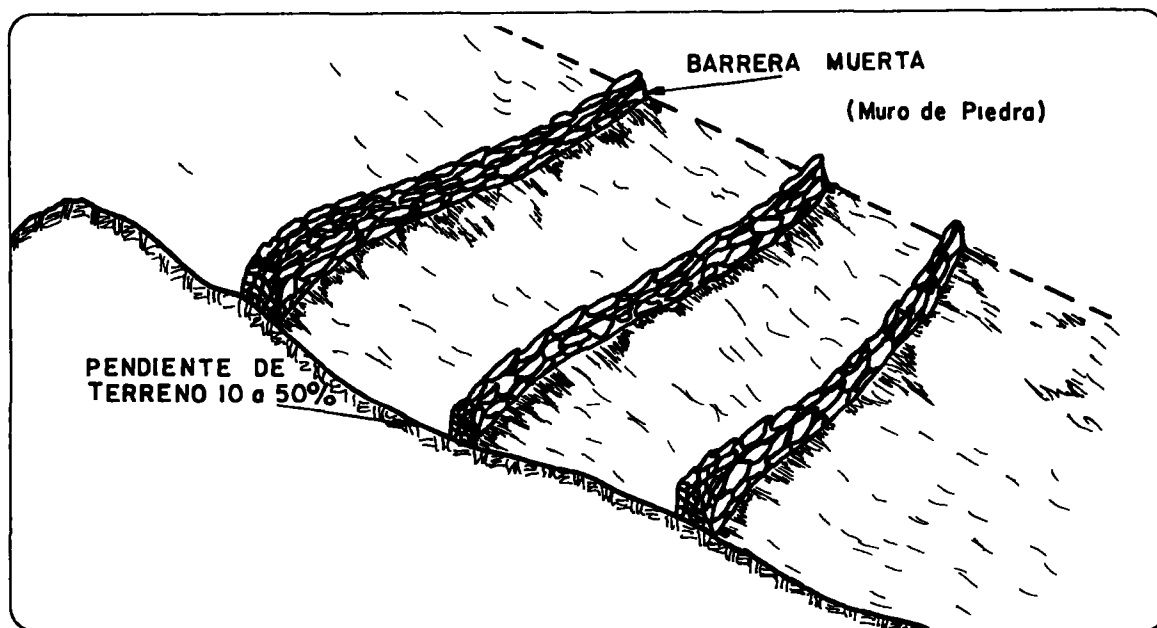


Figura No 5 6 (a) Vista Perspectiva de las Barreras de piedra

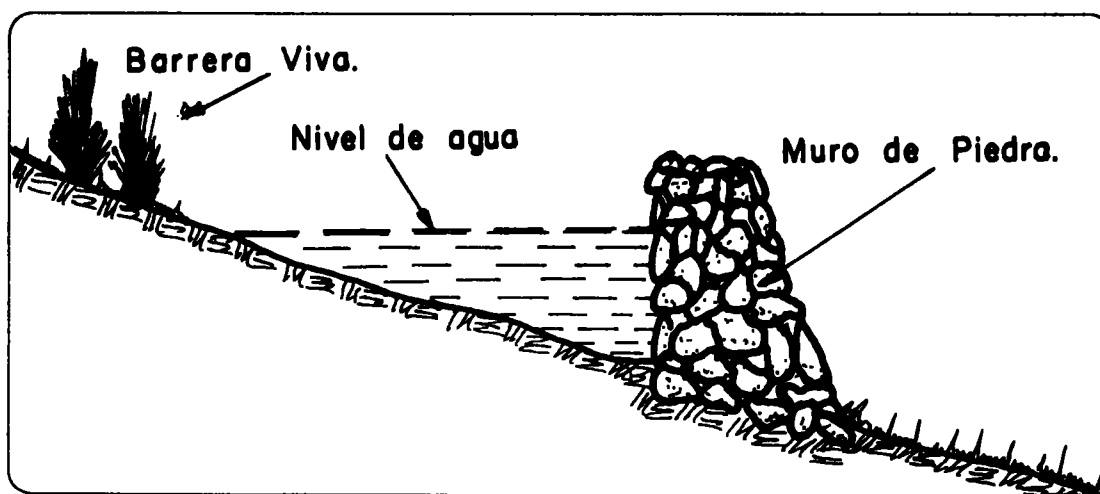


Figura No.5.6 (b): Vista Sección Transversal de una Barrera de piedra

5.3 CONSERVACIÓN DE AGUA

5.3.1 Canal de infiltración

Se utilizan en zonas secas para conservar mayor cantidad de agua de lluvia. El agua captada se utiliza para las plantas a través de la infiltración. Es muy efectivo para el control de deslizamiento de las cenizas volcánicas que escurren rápidamente en terrenos muy inclinados.

El canal está a nivel y tiene profundidad variable para que se pueda sembrar con barrera de árboles.

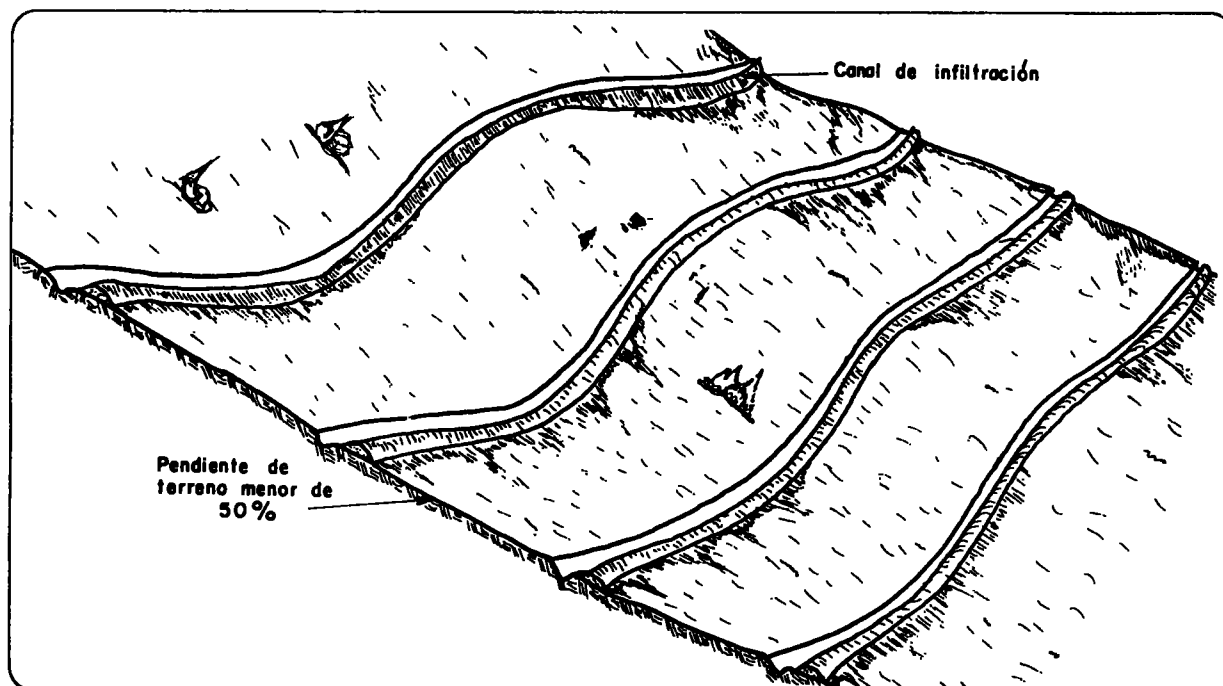


Figura No.5.7 (a): Vista Perspectiva de los Canales de Infiltración

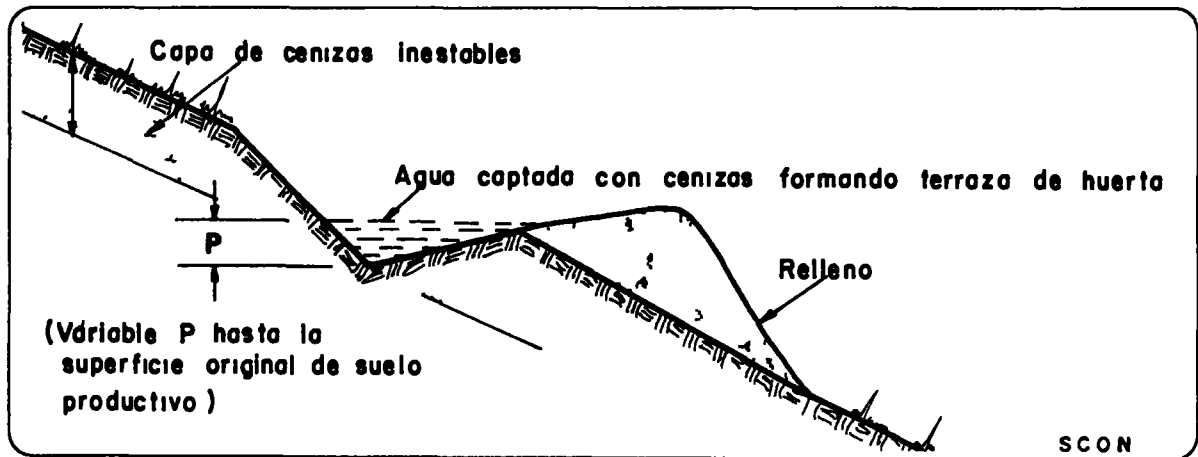


Figura No 57 (b) Vista Sección Transversal del Canal de Infiltración

5 3 2 Surcos en contorno en pradera

En zonas de pradera donde hay escasas precipitaciones para la producción de pastos en verano los surcos en contorno son una práctica de conservación del agua disponible por medio de la reducción de escorrentía superficial en los potreros

Están construidas a nivel con taludes de relleno en la parte superior del surco. El talud inferior (parte de corte del surco) permite el desbordamiento del agua en forma laminar con la misma profundidad a lo largo del talud inferior. En el mismo tiempo la lamina de agua se despara uniformemente sobre la superficie del terreno entre los surcos. El exceso de agua captado por el siguiente surco lo llena hasta que se desborde a lo largo de él repitiendo el sistema de distribución del agua sobre la superficie del terreno.

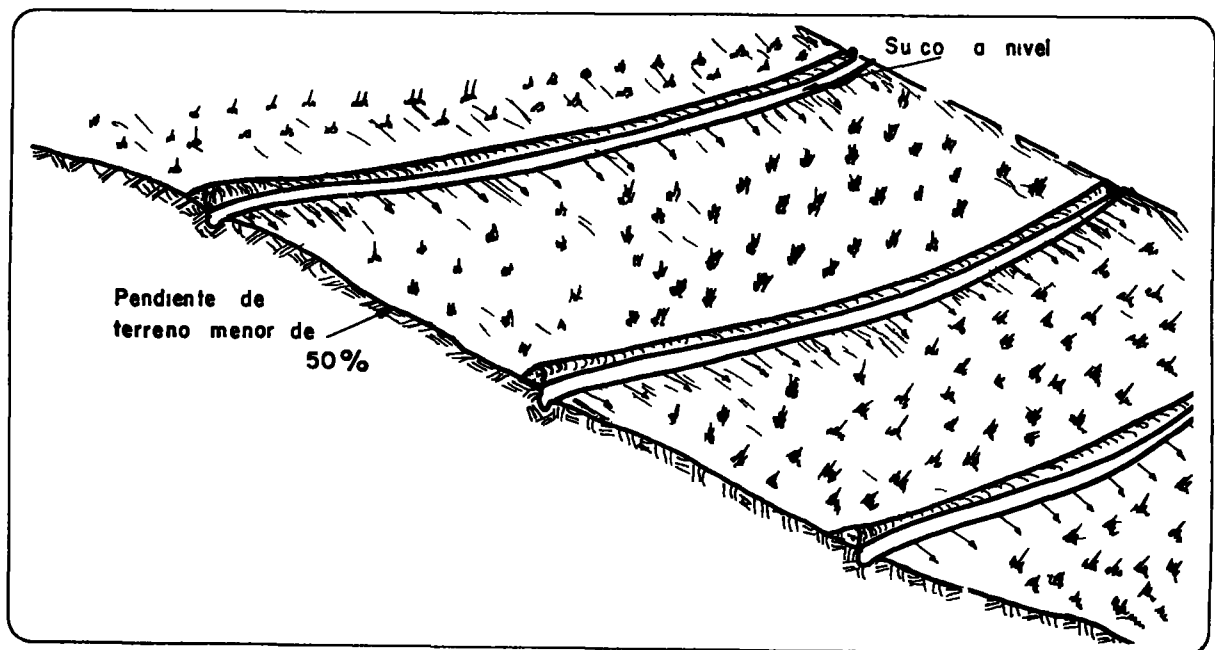


Figura No 58 (a) Vista Perspectiva de los Surcos

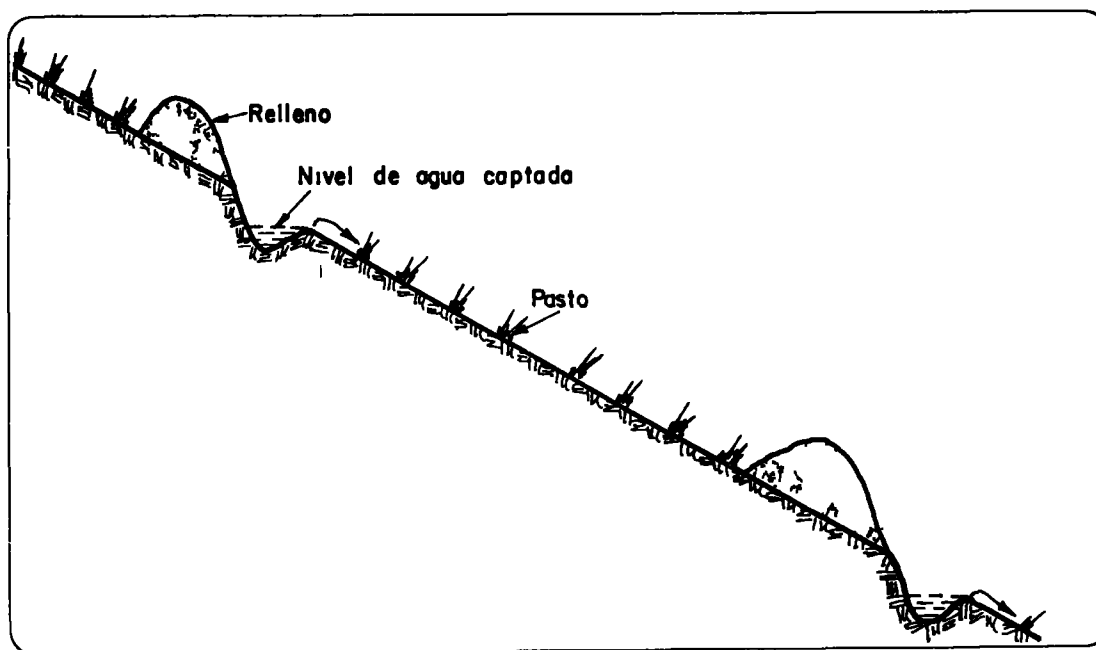


Figura No 5 8 (b) Vista Sección Transversal del Surco a Nivel

5 3 3 Terrazas de banco

La terraza consiste del ancho del talud y del ancho cultivable. El banco nivelado no tiene mucha capacidad para interceptar y desviar un gran cantidad de escorrentía. Su función principal es captar el agua de lluvia que cae sobre la terraza. La construcción de los pequeños diques alrededor del banco o área cultivable facilita el almacenamiento de agua captada para la producción de arroz. Con salidas de drenaje en algunas partes del dique controlan la profundidad de agua en los bancos o melgas donde se producen hortalizas u otros cultivos anuales.

Con bancos de pendiente inversa la terraza tendrá la capacidad de desviar fuertes lluvias a lo largo del banco hasta 200 metros de longitud.

Como ya se mencionó los taludes deben protegerse con pasto tipo grama (*Paspalum notatum*). Las salidas de drenaje de las terrazas deberán ser protegidas con pasto o piedras. Posteriormente las terrazas requieren el siguiente mantenimiento:

En los bancos o plataformas

- Conservar las cunetas de los bancos despejadas y no permitir el encharcamiento
- Mantener el pasto de los taludes fuera de los bancos
- Mantener las pendientes longitudinal e inversa mediante chequeos

En los taludes

- No permitir escurrimientos sobre los taludes
- Manejar el pasto de los taludes a una altura máxima de 5-10 cm
- Las roturas deben ser reparadas inmediatamente

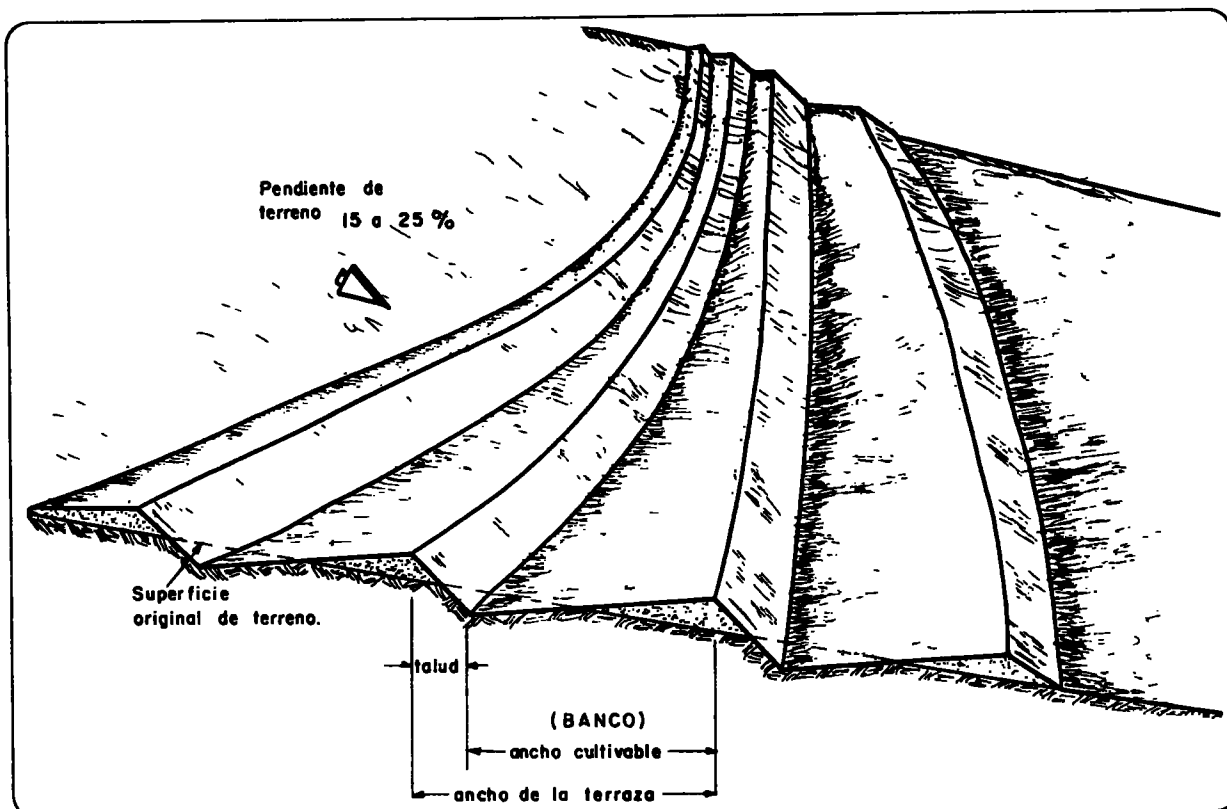


Figura No.5.9: Vista Perspectiva de las Terrazas de Banco

En las salidas de drenaje:

- Verificar las salidas para ver si necesitan protección.
- Limpiar las acumulaciones de sedimento y esparcirlas sobre las terrazas.
- Si la salida está empastada mantener el pasto a 5-10 cm de altura para que no impida el paso del agua. Si la salida está empedrada mantener las piedras firmes.

5.3.4 Terrazas individuales

Consisten en un pequeño banco circular o cuadrado que se construye alrededor de cada árbol con una inclinación de 5% contra la dirección de la pendiente del terreno. La terraza permite la retención de los fertilizantes aplicados y la captación de la escorrentía en la inclinación del banco.

Teniendo en cuenta que las terrazas individuales no tienen capacidad para recibir una gran cantidad de escorrentía superficial, la presencia de la barrera viva (*ver la figura*) disminuye la escorrentía que entra a la terraza.

El espacio entre las terrazas debe ser protegido con cobertura vegetal permanente con pasto natural o leguminosas. (*Ver acápite 4 1 4*)

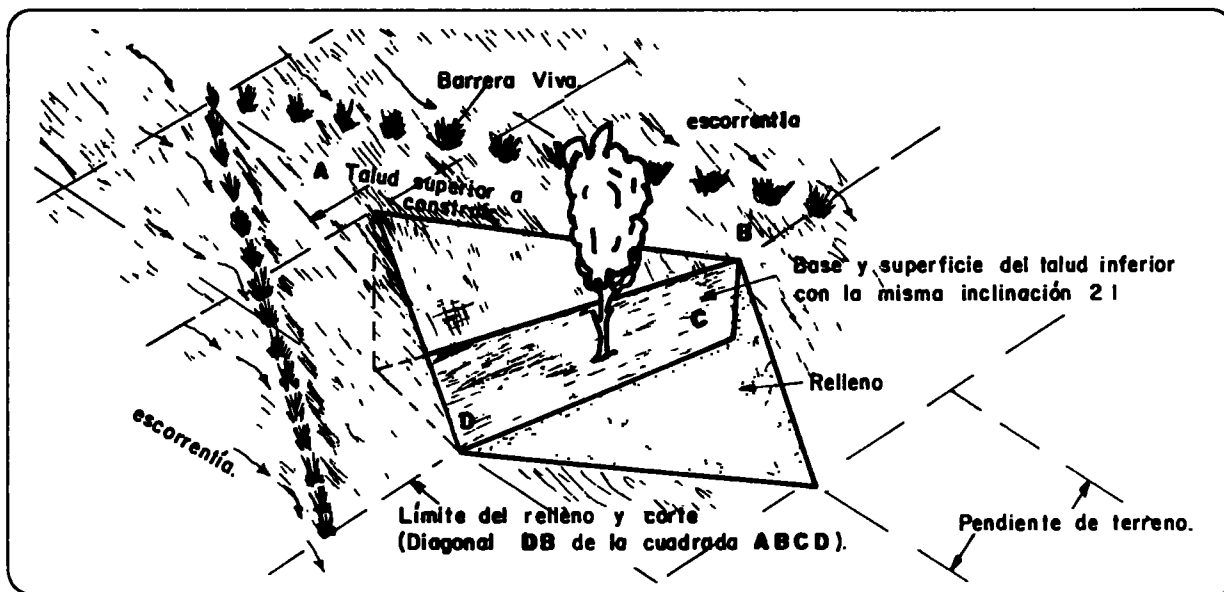


Figura No.5.10: Vista Perspectiva de la Terraza Individual con Superficie de Tope Cuadrada abcd

Las terrazas individuales pueden ser fácilmente destruidas por prácticas agrícolas, tales como operaciones de labranza, recolección de cosecha, aplicación de biocidas y fertilizantes. En tales condiciones las terrazas se deberán reparar inmediatamente.

Una práctica aconsejable es el esparcimiento de rastrojos sobre los bancos con la finalidad de controlar la evaporación y proteger al suelo del impacto de las gotas de lluvia.

5.3.5 Melgas en contorno

Particularmente para la producción de arroz inundado, las melgas en contorno son las más aptas para el control de la distribución y profundidad de agua que ayuda el uso eficiente del agua de riego y el crecimiento uniforme de los cultivos. El agua está confinada entre dos diques de 20 cm de altura máxima por 30 cm de ancho construidos en contorno.

El ancho de las melgas varía entre 10 y 20 metros en pendiente de terreno de 1%, y se reduce desde 5 a 10 metros en pendiente de 2 % según la profundidad de agua seleccionada. Sin nivelación de las melgas, la profundidad máxima de agua que se puede retener es de 5 cm en pendiente de dos por ciento; mientras tanto, la profundidad podría aumentar hasta 10 cm en las melgas niveladas.

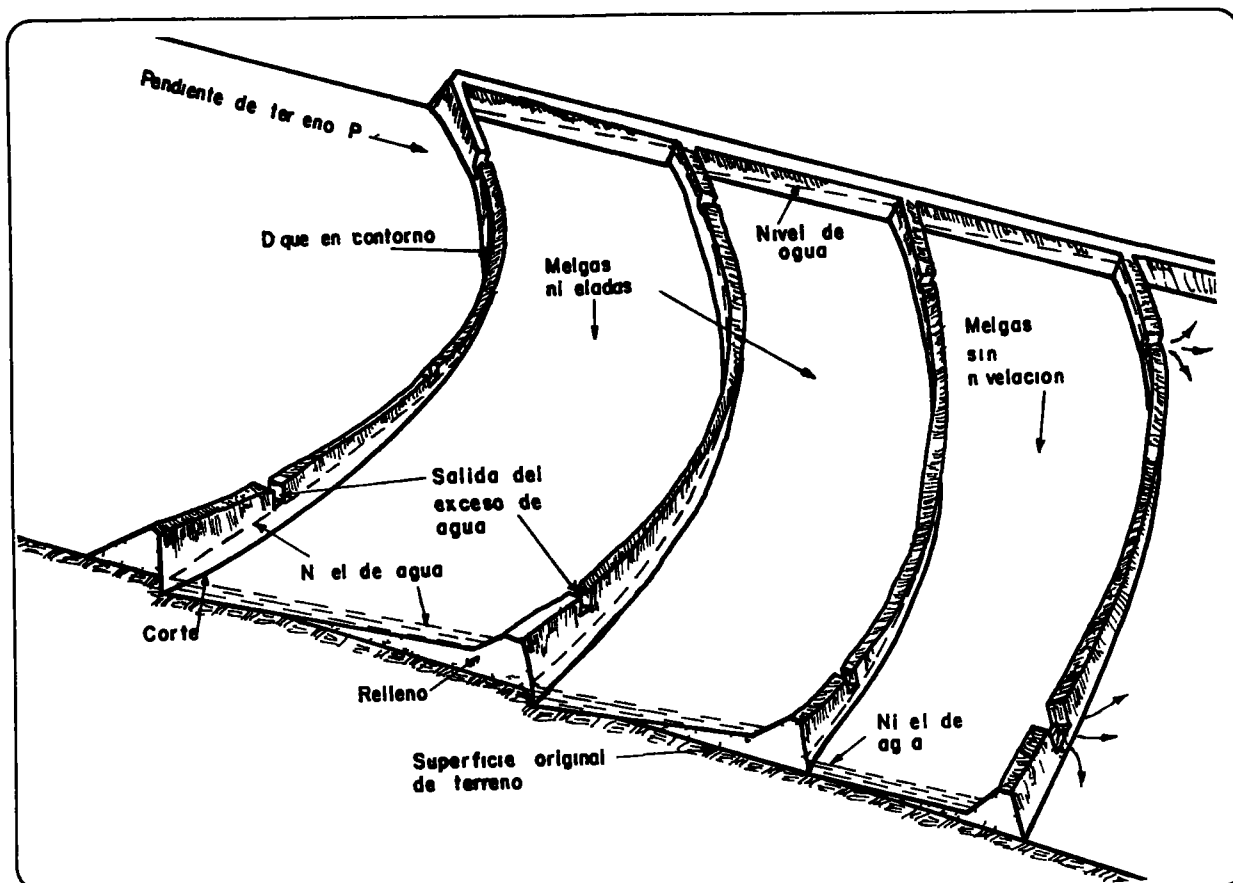


Figura No 5 11 Vista Perspectiva de las Melgas en Contorno

5 3 6 Represa de conservacion de agua

La conservacion de la escorrentia por medio de la construccion de una represa en una depresion o quebrada es indispensable para la produccion de cultivos rentables en una zona donde hay escasez de agua. Ademàs la represa tiene su utilidad para el uso de agua domestica y para el ganado se reduce la inundacion y sedimentacion de la parte inferior a la represa y se favorece la recreacion y el desarrollo pesquero.

El sitio ideal para la ubicacion de la represa debe tener

- Subsuelos impermeables

- Suficiente material para la construccion de la represa

- El ancho de la seccion transversal de la quebrada mas corto disponible

- Una gradiente suave del lecho de la quebrada para que cubra mas superficie el espejo de agua

- Un rendimiento de escorrentia adecuado de la vertiente para abastecer el agua necesaria en la represa

- Un lugar apto para el vertedero con salida hacia una desague natural

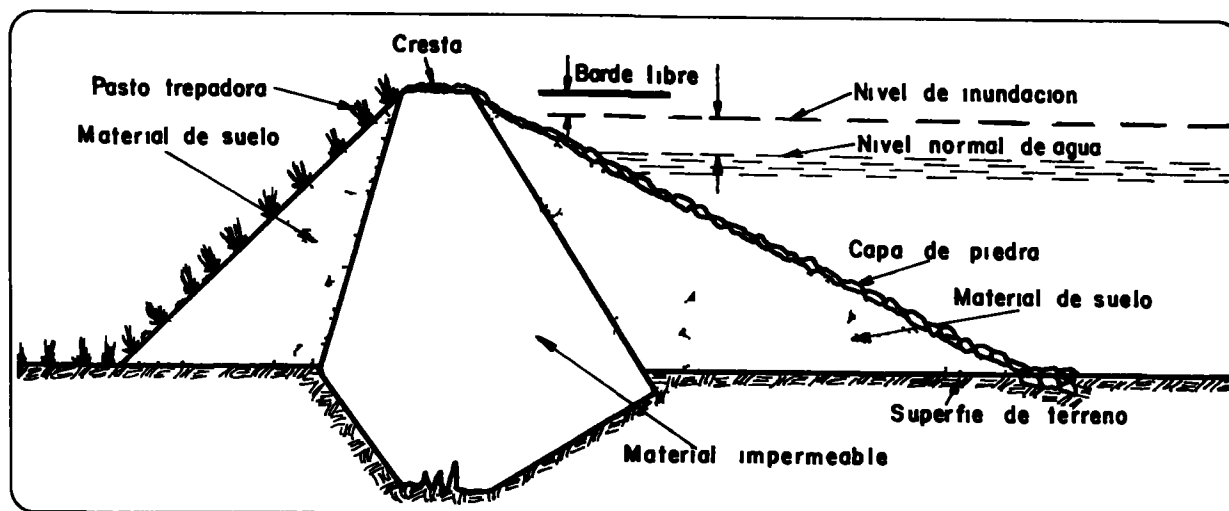


Figura No 5 12 Vista Seccion Transversal de una Represa de tierra

5 4 RECUPERACION DE TIERRAS DEGRADADAS

5 4 1 Control de cárcavas

La sedimentación de los ríos y la reducción del área cultivable son las consecuencias adversas principales de la formación de cárcavas causadas por

- Desmonte de las quebradas naturales y sobrepastoreo
- Cultivación de la tierra sin prácticas de conservación de suelos
- Falta de protección en la caída de agua entre el desagüe y la salida de drenaje de las obras de conservación
- El desagüe no tiene capacidad adecuada ni resistencia para velocidades altas de agua

En este artículo se trata sobre el sistema de recuperación de una cárcava causada por la destrucción de vegetación natural (interferencia humana) y el mal manejo de las pasturas. Antes de establecer estructuras y prácticas para la conversión de esta tierra degradada (cárcava) hacia un uso productivo la primera etapa de recuperación es el control de escorrentía para frenar el crecimiento de cárcava.

La cabeza de la cárcava es el punto más crítico de la cárcava donde cae la escorrentía.

Se produce el deslizamiento del talud de la cabeza que continúa erosionándose y avanza hacia la cumbre de la vertiente. Por medio del canal de guardia la escorrentía puede desviarse afuera de la cárcava.

En la rectificación de los taludes de la cárcava el lecho de la cárcava se rellena con suelos excavados en el mismo tiempo. Aprovechando los suelos de relleno se establecen barreras vivas de pasto o muros de contención a través del lecho para promover el desarrollo rápido de la vegetación natural.

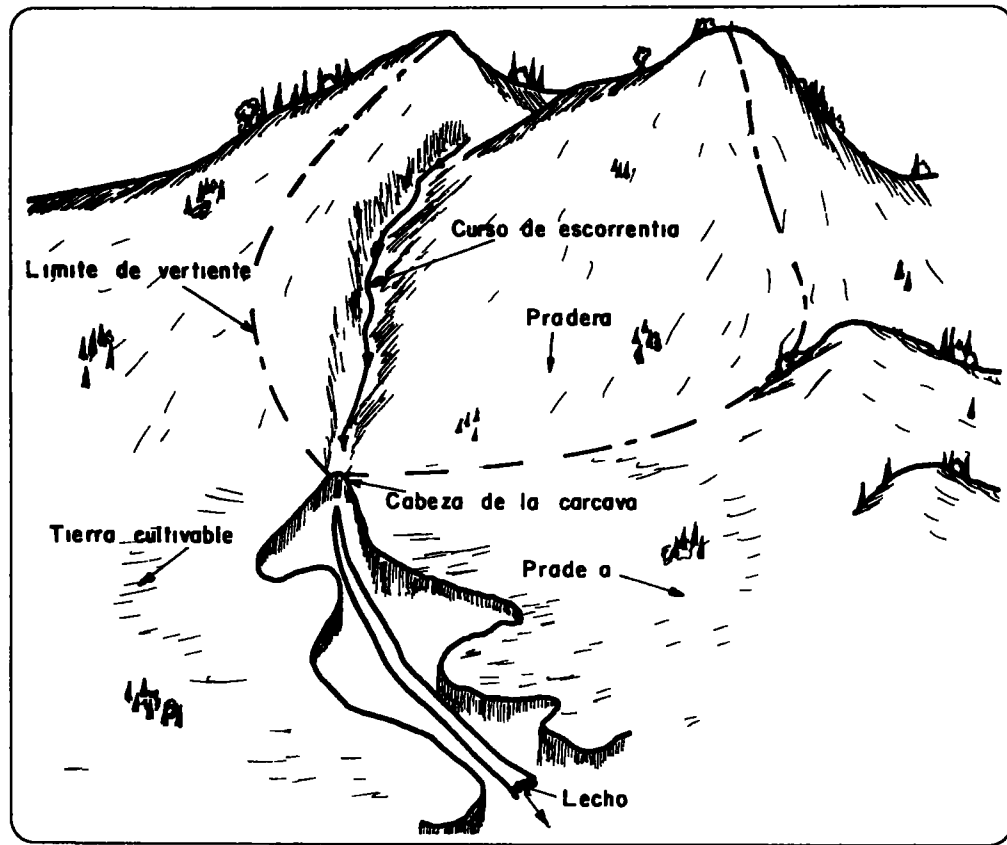


Figura No 5 13 Vista Perspectiva de una Carcava

Los procedimientos para la recuperacion de carcava son

a Aislamiento de la carcava

Una cerca debe estar establecida alrededor de la carcava a una distancia de dos veces la profundidad de la carcava afuera de la orilla para prevenir la entrada del ganado que destruye la vegetacion y las estructuras de control dentro de la carcava (cercado)

b Control de erosion de la cabeza de la carcava

Desviacion de la escorrentia por un canal de guardia

Control de velocidad de escorrentia sobre la cabeza

reformular el talud con inclinacion de 25 % o 4 1

Establecer una capa de cesp d sobre el talud

Formacion de barrera viva

Establecer un muro de piedra o cesp d con estacas

Colocar una capa de rastrojo en la parte superior del muro y taparlo con tierra

Fertilizar y sembrar con semillas de pasto o transplantar una franja de cesp d

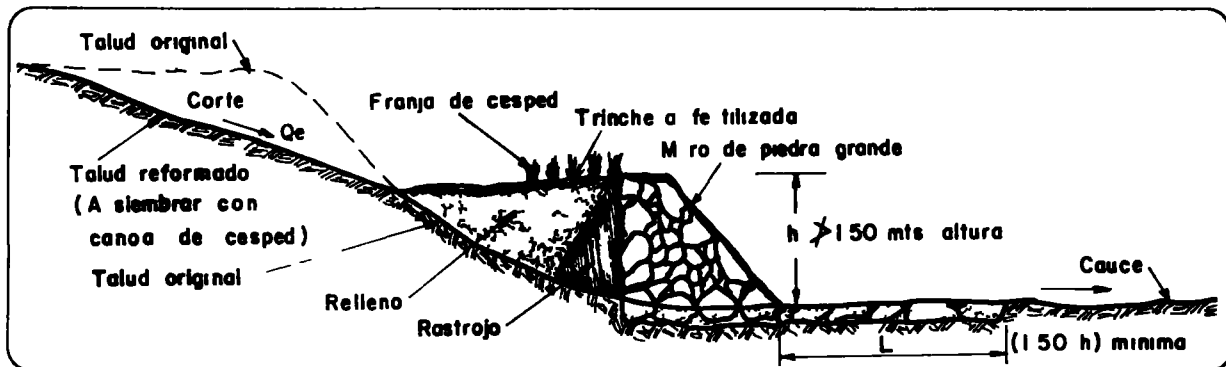


Figura No 5 14 Vista de lado de la Cabeza de la Carcava

c Establecimiento de una franja de vegetacion

Reformacion de los taludes con inclinacion de 2:1 (horizontal:vertical) usando los suelos excavados para el relleno del lecho de la carcava

Reformacion del cauce de la carcava que ofrezca una gradiente regular y conserve así los pastos existentes

Construccion del muro de contencion

Estructura semi permanente (carcava gravemente erosionada) muro de piedras o gabiones de piedras pequenas con un desaguedero o vertedero rectangular (Fig 5 15 y 5 16)

Estructura provisoria (carcava poco profunda con pendiente moderada) presa de desechos reforzada con estacas, malla de alambre y muro de tierra (suelo arcilloso) empastado con un desaguedero o vertedero rectangular de troncos (Fig 5 17)

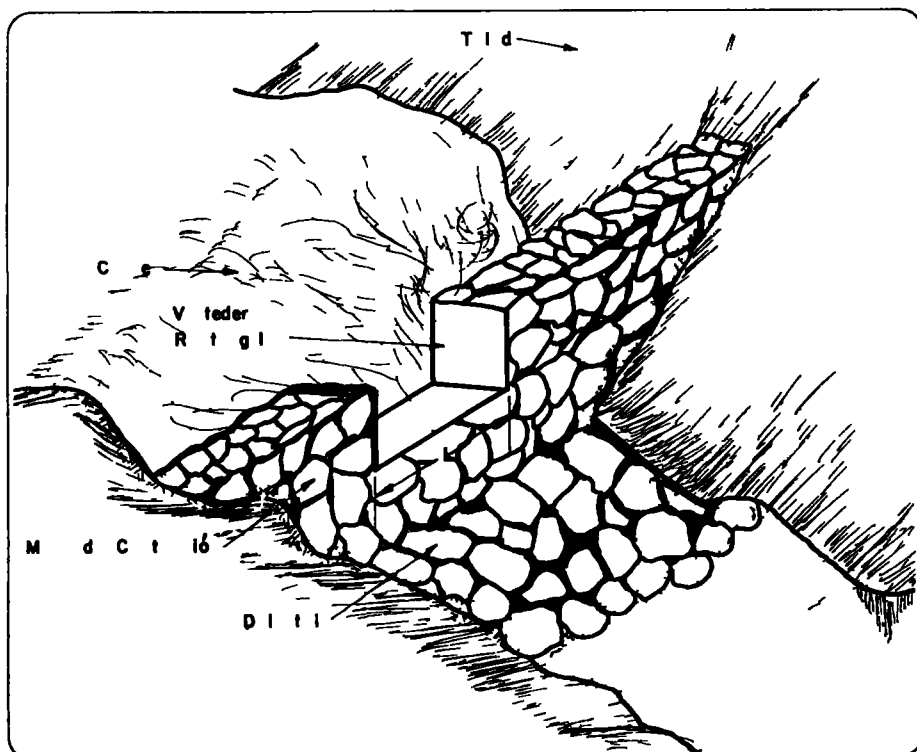


Figura No 5 15 Vista Perspectiva del Muro de Piedra

Formacion de franjas de cesped

Colocar una capa de rastrojo en la parte superior del muro de contencion y taparlo con tierra

Fertilizacion de la trinchera y siembra con semillas de pasto o transplantar franja de cesped

d Uso contemplado

Reforestacion (carcava severamente erosionada)

Pasto de corte y salida de drenaje estable (carcava moderadamente erosionada)

Cultivos anuales o frutales (carcava ligeramente erosionada)

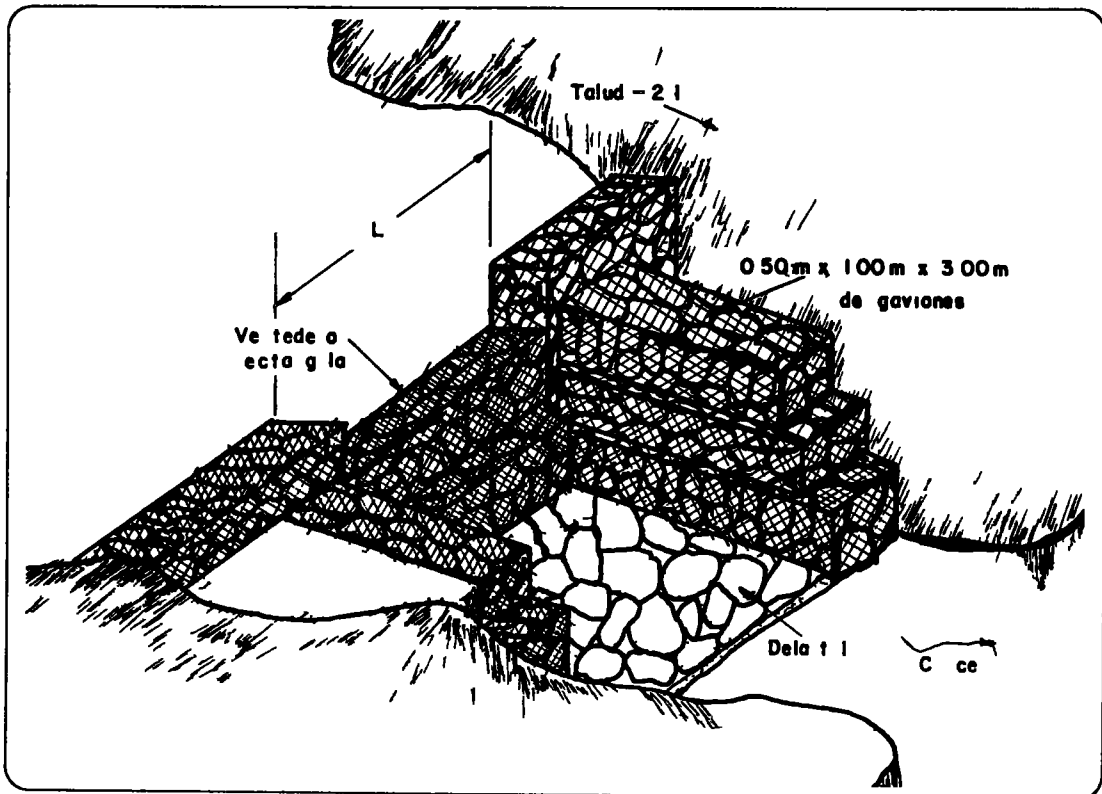


Figura No 5 16 Vista Perspectiva del Muro de Gabiones

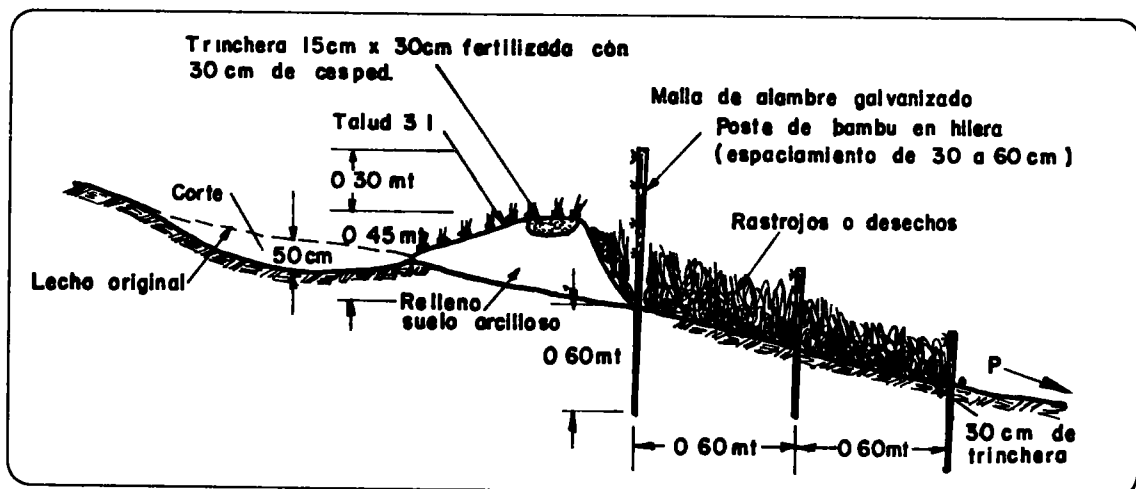


Figura No 5 17 Vista lado de la Presa de Desechos (con vertedero rectangular en troncos)

5 4 2 Control de deslizamientos de tierra

Durante un periodo de lluvia torrencial y con suelos muy saturados el peligro de deslizamiento de tierra puede ocurrir en suelos poco estables y permeables. La presencia de suelos de texturas livianas sobre un subsuelo impermeable (arcilla pesada o roca) la erosión laminar de la capa superficial de suelo por falta de cubierta vegetal y árboles altos en pendientes de terreno muy abrupto (mas de 50 %) son factores que favorecen el deslizamiento de terrenos

Cuando se vierten aguas de escorrentia de areas superiores el riesgo de derrumbes puede reducirse por medio de la construcción del canal de guardia en la cabecera del derrumbe apoyado por barreras vivas doble o triples en la parte superior del canal. En las fuentes de filtración el agua debe ser sacada fuera del derrumbe por medio de zanjas o tuberías para prevenir la saturación de suelos permeables y inestables

Se debe suavizar la superficie de las depresiones o grietas para poder establecer un talud estable con coberturas densas de pasto. Cerca del perimetro del area de derrumbe se promueve el crecimiento de la vegetación natural y se evita el paso de animales que provocan nuevos deslizamientos

Para la protección del camino o terrenos agrícolas se construye un muro de piedras grandes o gabiones en la base del talud del derrumbe para desviar la escorrentia fuera del area que se desea proteger por medio de una zanja

5 4 3 Control de inundaciones

La productividad de la tierra está también afectada por encharcamiento de agua inundación por largo periodo o napa freática superficial se deprime el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas. El abastecimiento de oxígeno es insignificante en los suelos saturados permanentemente con agua. Se impide el proceso de nitrificación para la formación de nitratos necesarios para las plantas lo cual es producido por bacterias. La bacteria para su supervivencia necesita oxígeno

El encharcamiento de agua en los suelos impide la labranza normal y favorece el crecimiento de las malezas que interfieren con el desarrollo de los cultivos. Cuando el agua contiene sales en la superficie del suelo se forman suelos salinos después de la evaporación

Los siguientes son sistemas para el control de inundación en terrenos planos

a Obras de protección del drenaje principal (quebrada o arroyo)

Pared de gabiones

Este tipo de pared se usa para la protección de la orilla del río contra la erosión por la corriente de agua. Por falta de vegetación permanente y por presencia de suelos arenosos con porciones grandes de grava en las riberas del río los riesgos de erosión aumentan cuando se incrementa la velocidad del flujo de agua. Para la estabilización de las orillas o riberas del río se recomienda construir paredes de gabiones que tienen una resistencia a la acción abrasiva de la corriente de agua

Dique de desviacion

El muro consiste de piedras pequeñas con las cuales se puede formar un gavion envolviéndolas en una malla de alambre. Los muros de gaviones funcionan como obstáculos permeables que desvían el curso de agua fuera de la orilla del río y en el mismo tiempo provocan la deposición de materiales del río en la orilla protegida.

Recanalización

La sedimentación del lecho del río disminuye la capacidad de este por el cambio del nivel del fondo que eleva directamente el nivel normal de inundación. De este modo, el agua desborda sobre la orilla e inunda los terrenos cultivables.

La inmediata solución para resolver el problema de desbordamiento es la recanalización del lecho del río removiendo los sedimentos por mano de obra o por draga.

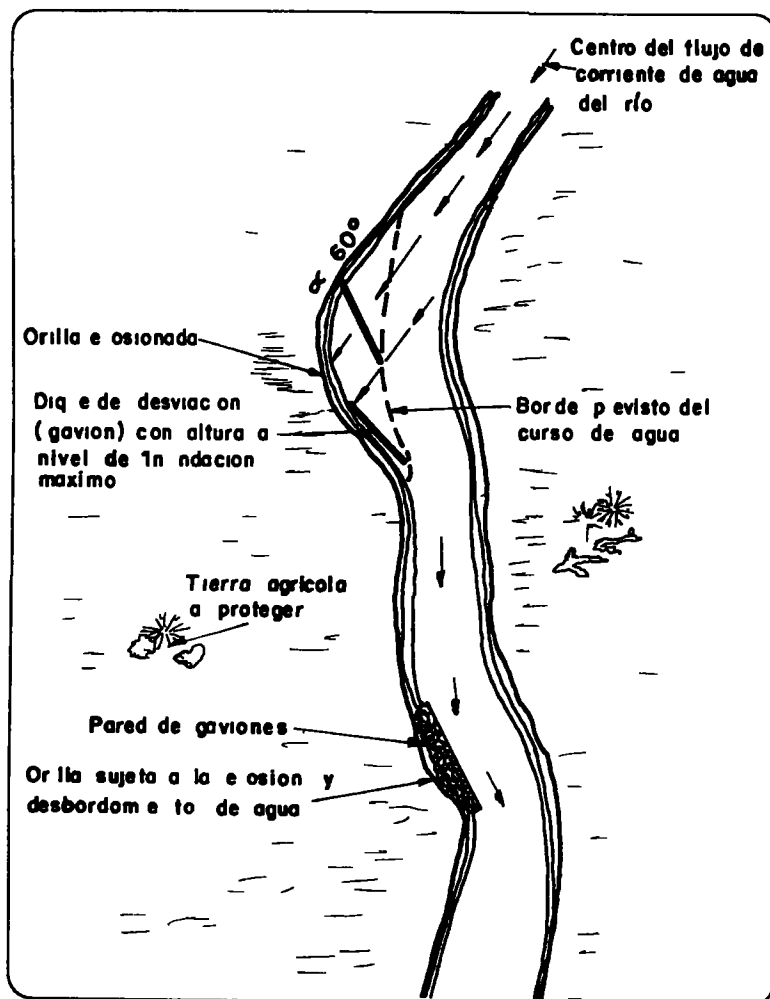


Figura No 5 18 Vista superior de las Obras de Protección

Muro de sedimentación

Puesto que el control de sedimentación es un proceso lento por la reforestación de la vertiente del río o la aplicación de las prácticas de control de erosión en terrenos de laderas, el sistema inmediato aunque es muy costoso es la construcción del muro de sedimentación que detiene los sedimentos en la parte superior del río.

El diseño de la estructura es similar al muro de contención (ver "Método de control de cárcavas" 5.4.1)

- *Alcantarilla de drenaje*

Sin salida estable del agua del canal secundario al drenaje principal (quebrada o arroyo), se promueve la erosión de la orilla del río. Para proteger esta salida de agua, se sugiere la instalación de una alcantarilla, como se ve en la figura 5.19 entre el canal secundario y el drenaje principal.

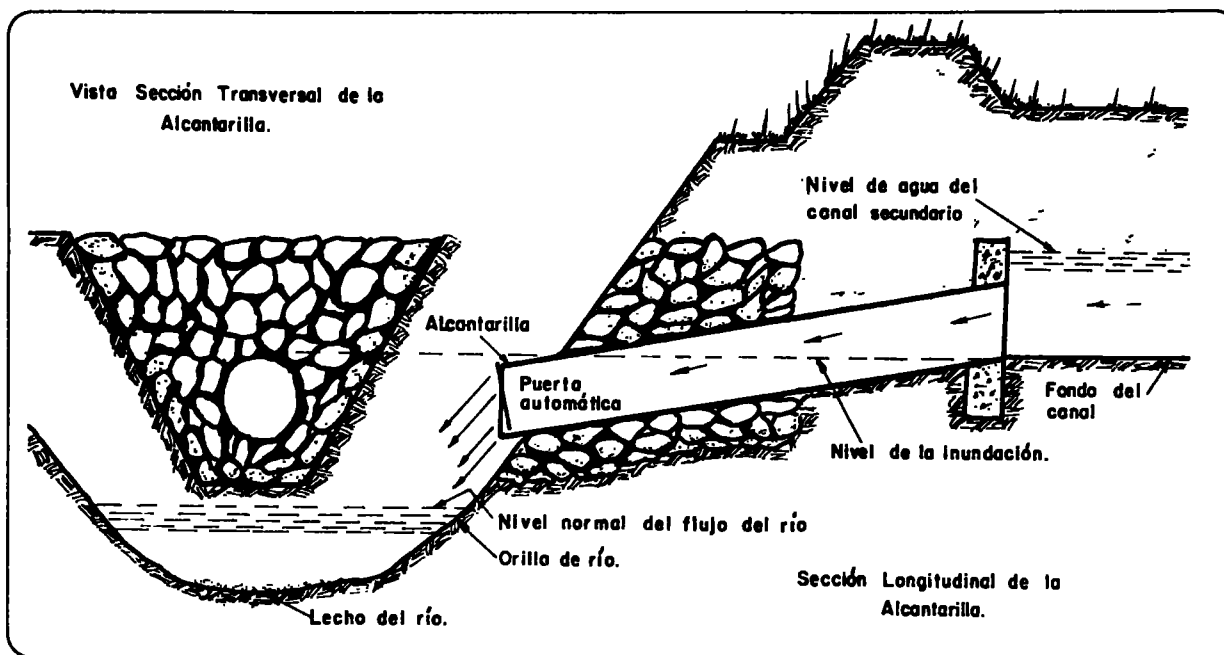


Figura No.5.19- Vista Sección Transversal y Longitudinal de la Alcantarilla

b. Drenaje de tierras agrícolas

El diseño del control del movimiento de agua superficial y de la fluctuación del agua freática en la tierra inundada, tendrá un margen de seguridad para el drenaje sea efectivo cuando se incluyen medidas de control de desbordamiento y de entradas de agua del río.

- *Canal de guardia*

Antes de controlar el nivel de napa freática que limita la profundidad efectiva de desarrollo de las raíces de las plantas y la eliminación del exceso de agua superficial por falta de pendiente adecuada del terreno, el primer paso, es construir el canal de guardia en la parte superior de la tierra afectada donde el agua proviene de una vertiente de bosque o pradera. Debe ser desviada para reducir la magnitud de inundación.

El diseño de esta estructura está previamente mencionado en el texto (ver 5.2.1)

- *Drenaje subsuperficial*

La red de drenaje subsuperficial está constituida por los canales terciarios, secundarios y por el drenaje principal. El nivel de inundación del drenaje principal controla el nivel de agua en los canales

terciarios y secundarios. Tal nivel debe ser mas bajo que las aguas de los canales de otro modo hay dificultad de drenar rapidamente por gravedad y reducir la profundidad de la napa freatica

Canal secundario

La gradiente de este canal se fija por su profundidad y la pendiente del terreno hacia el drenaje principal. Normalmente tiene inclinacion del fondo de 0.2 a 0.1% y colecta las aguas de la napa freatica y superficiales

Canal terciario (acequia de drenaje)

La funcion principal de este canal es drenar la napa freatica a cierto nivel para que las raices de las plantas se desarrollen a una profundidad favorable sobre la napa freatica. Para pastos y cultivos de granos la napa freatica debe estar no menor que 50 cm abajo de la superficie del suelo. Entretanto los frutales necesitan napa freatica de un metro de profundidad debajo de la superficie de terreno

Drenaje superficial

Hay distintos sistemas de preparacion de terreno y labranza segun el tipo de cultivo por sembrar para eliminar el exceso de agua de lluvia que cae sobre las parcelas cultivables. Las siguientes practicas son

Acequia de colector

Es importante construir este tipo de acequia que recibe toda la escorrentia drenada por las practicas de drenaje superficial. La salida de agua de esta acequia desemboca en el canal terciario

Camas o surcos con gradiente

Estas son practicas de drenaje para eliminar la presencia de agua en la superficie de terreno. Son aptas para la siembra de los cultivos anuales

Los surcos tienen pendiente minima de 0.1 a 0.2% para los cultivos como cana de azucar y maiz

Las camas son elevaciones de suelo entre dos surcos formados por amontonamiento de suelo hacia el centro de la cama durante la preparacion del terreno por arado de disco. Las practicas de labranza se hacen siempre paralelamente a lo largo de la cama para retener la cama y los surcos que actuan como salida de drenaje superficial hacia la acequia de colector

Terraza de desagüe

Aunque este tipo de terraza se usa para el control de erosion en pendientes de terreno hasta 15% es muy apto para el drenaje del exceso de escorrentia en terrenos planos. Con su talud muy suave (5:1) se facilita el drenaje de agua sobre el canal de la terraza. El centro de la cama formado entre los canales es mas alto (0.50 metros sobre el canal). Con un ancho de 5 metros de la cama se siembran las hileras de frutales en el centro de las camas

Con espaciamento de 4 metros entre las hileras de las plantas el talud del canal debe ser 4:1

Melgas en contorno

Para el control de la profundidad de agua en las parcelas de arroz las melgas en contorno son apropiadas en terrenos casi planos. En pendiente de terreno de 0.1% el ancho de las melgas puede

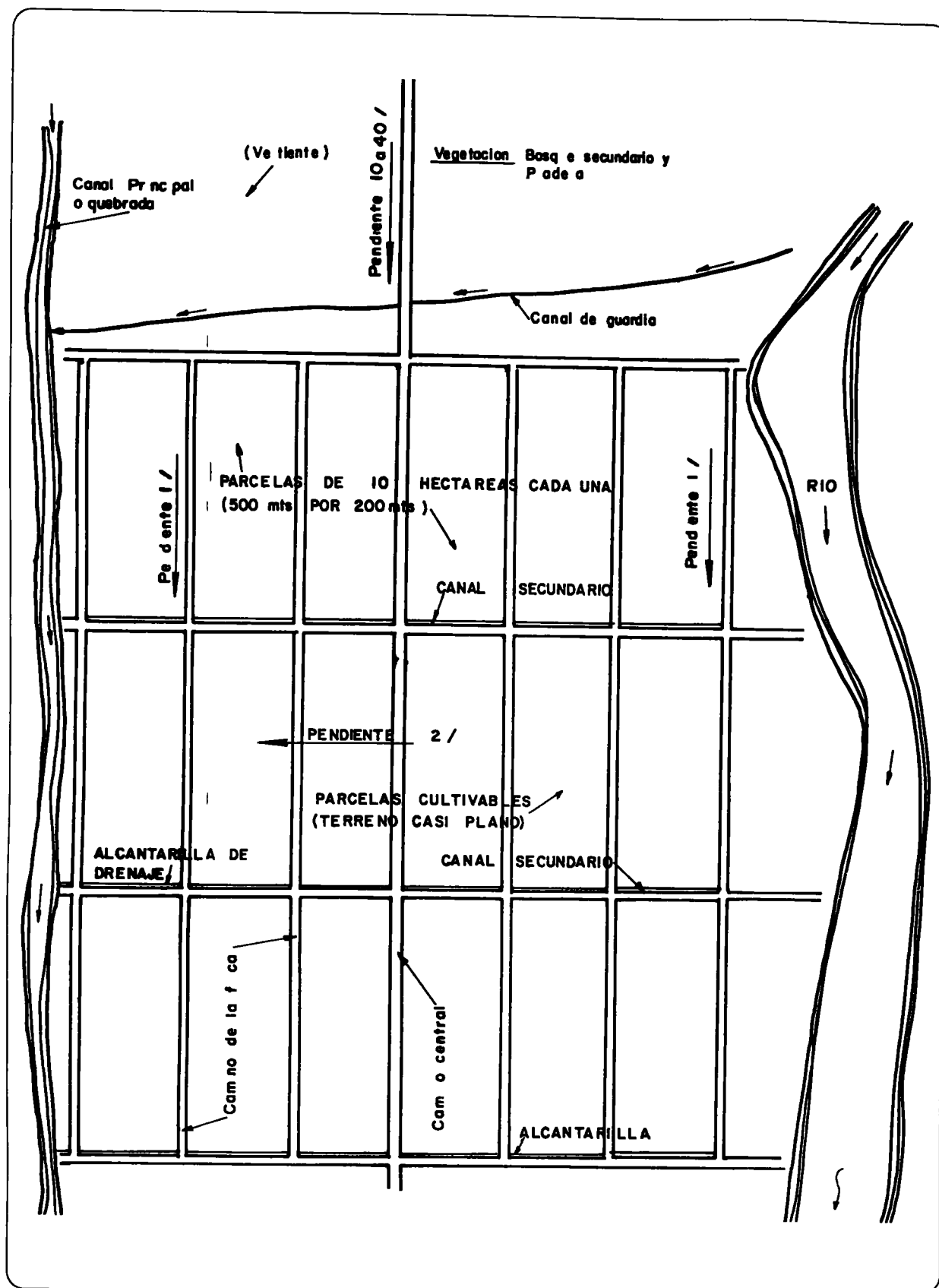


Figura No 5 20 Plan de salida de drenaje

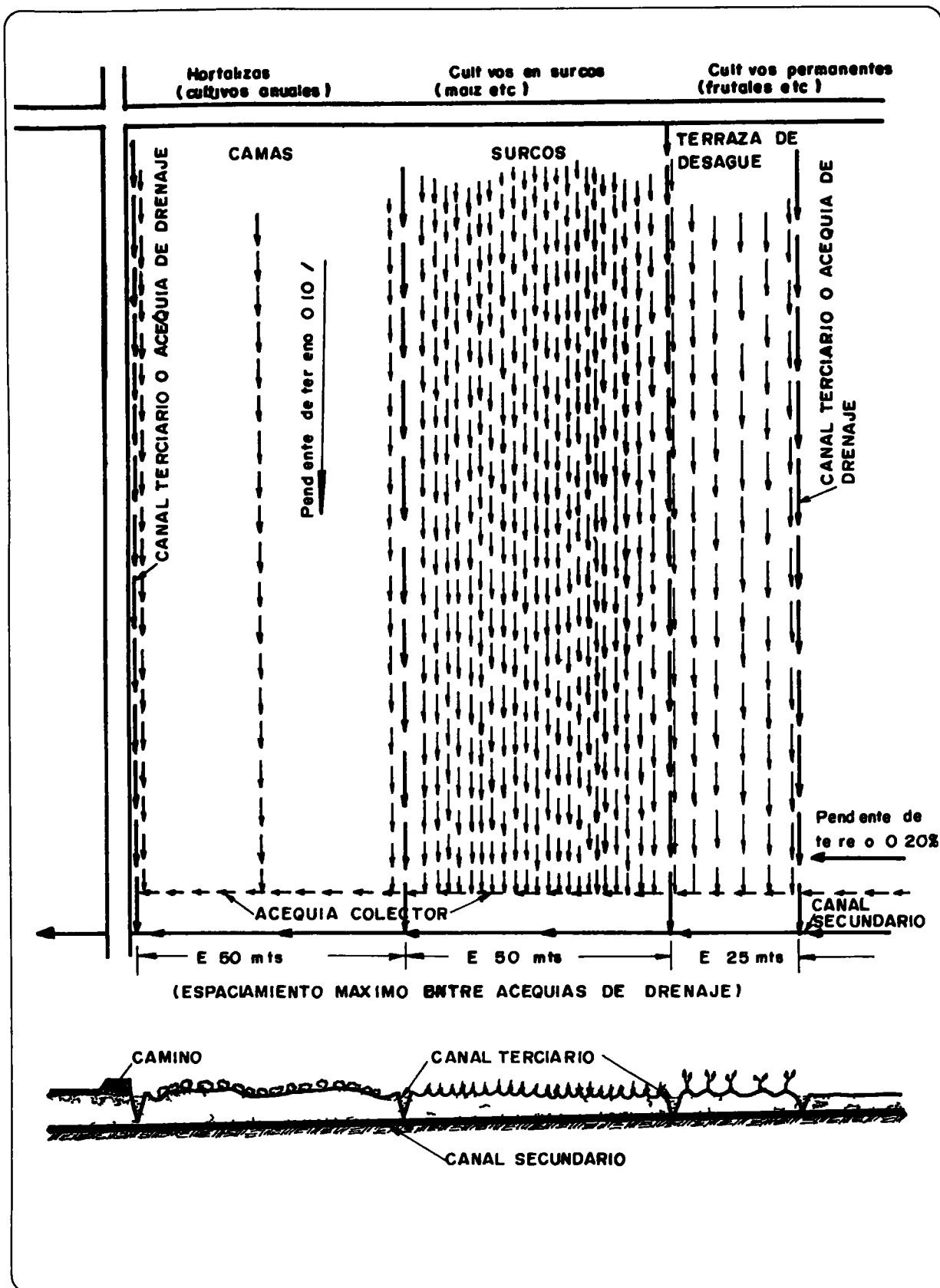


Figura No 5 21 Plan de Sistematizacion de un Drenaje Superficial

alcanzar hasta 100 metros con profundidad maxima de agua de 10 centímetros sin nivelar las melgas (ver 5.3.5) Se construyen salidas de drenaje en algunas partes del dique de la melga que controla la profundidad de agua

5.5 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACION DE SUELO

5.5.1 Principios de diseño

En general el diseño de las estructuras de conservación de suelos depende de la cantidad de agua que se desea controlar, manejar o conservar por las estructuras. La cantidad de agua (escorrentía) en términos de volumen (m^3) o caudal (volumen por unidad de tiempo m^3/seg) será estimada antes de que el diseñador calcule el tamaño de las estructuras por establecer. De otro modo, una capacidad inadecuada de la estructura será insuficiente para manejar con seguridad la escorrentía que causa la erosión y destrucción de la tierra.

Los siguientes son procedimientos para calcular la escorrentía y diseñar la capacidad de las estructuras de conservación de suelos y agua.

a Escorrentía

Caudal de escorrentía Q (m^3/seg)

La cantidad de escorrentía se estimará por medio de la Fórmula Racional $Q = CIA/360$ (véase ejemplo en anexo 8.1) para vertientes no mayores de 200 hectáreas.

El punto crítico donde ocurre la mayor descarga del escurrimiento se encuentra en el extremo del canal de la estructura. La cantidad de la escorrentía es una función de las intensidades de las lluvias y del área de vertiente. Aumentos de estos valores resultan en un aumento de la cantidad de la escorrentía. Además, la cantidad del agua que va a correr superficialmente depende de la capacidad de infiltración del suelo. Entonces, una parte del agua se infiltrará, evaporará o será usada por las plantas y otra parte va a correr superficialmente. La relación entre estas dos partes se expresa como el coeficiente de escorrentía (c).

Coeficiente de escorrentía C

El coeficiente de escorrentía indica el porcentaje del agua de lluvias que va a correr superficialmente. Este porcentaje depende de factores como:

- La textura del suelo
- El relieve del terreno
- La intensidad de las lluvias
- La retención superficial del terreno
- La capacidad de infiltración del suelo
- La cubierta del terreno
- El grado de saturación del suelo

Para conocer los valores del coeficiente (c) se necesita ejecutar experimentos de campo (predios de escorrentia) los cuales se estan implementando en el pais Sin embargo todavia no se dispone de datos firmes y por lo tanto se recomienda usar los datos del cuadro No 5 2

Intensidad de lluvia I (mm /hora)

Para el uso de la formula racional se toma el valor de la intensidad de lluvia que ocurre en el momento en que el agua va a correr hacia un punto de salida (*vease parrafo b tiempo de concentracion*) Entonces es necesario tener datos sobre las intensidades de las lluvias y los tiempos de concentracion aplicables para las zonas involucradas Es indispensable tener para cada zona un grafico de las curvas de intensidades de las lluvias y duracion (en minutos) de estas Estos datos se obtienen por medio de instrumentos pluviometricos

Costa Rica se encuentra con una disponibilidad muy variable de estos datos para las diferentes zonas Sin embargo actualmente la Universidad Nacional de Costa Rica esta elaborando los datos disponibles para las zonas principales del pais y el mapa con la zonificacion de las intensidades esta en preparacion

La figura No 5 22 muestra un ejemplo de estas curvas estas muestran tambien el periodo de ocurrencia en anos o sea la frecuencia con la cual se puede esperar cierto tipo de evento Es importante conocer estas curvas para el diseno de las obras y para planificar la duracion de vida de estas

Cuando no esta disponible la informacion de las intensidades en una zona se recomienda tomar una intensidad de 80 mm/h lo cual servira tentativamente para el diseno de las estructuras y que resulta en disenos con dimensiones comprobadas en Costa Rica y en otros paises de la region Centroamericana

Area de vertiente A (hectareas)

Para el diseno del canal de guardia o del desagadero de una represa de conservacion de agua la superficie de la vertiente se calcula sobre el mapa topografico usando el planimetro

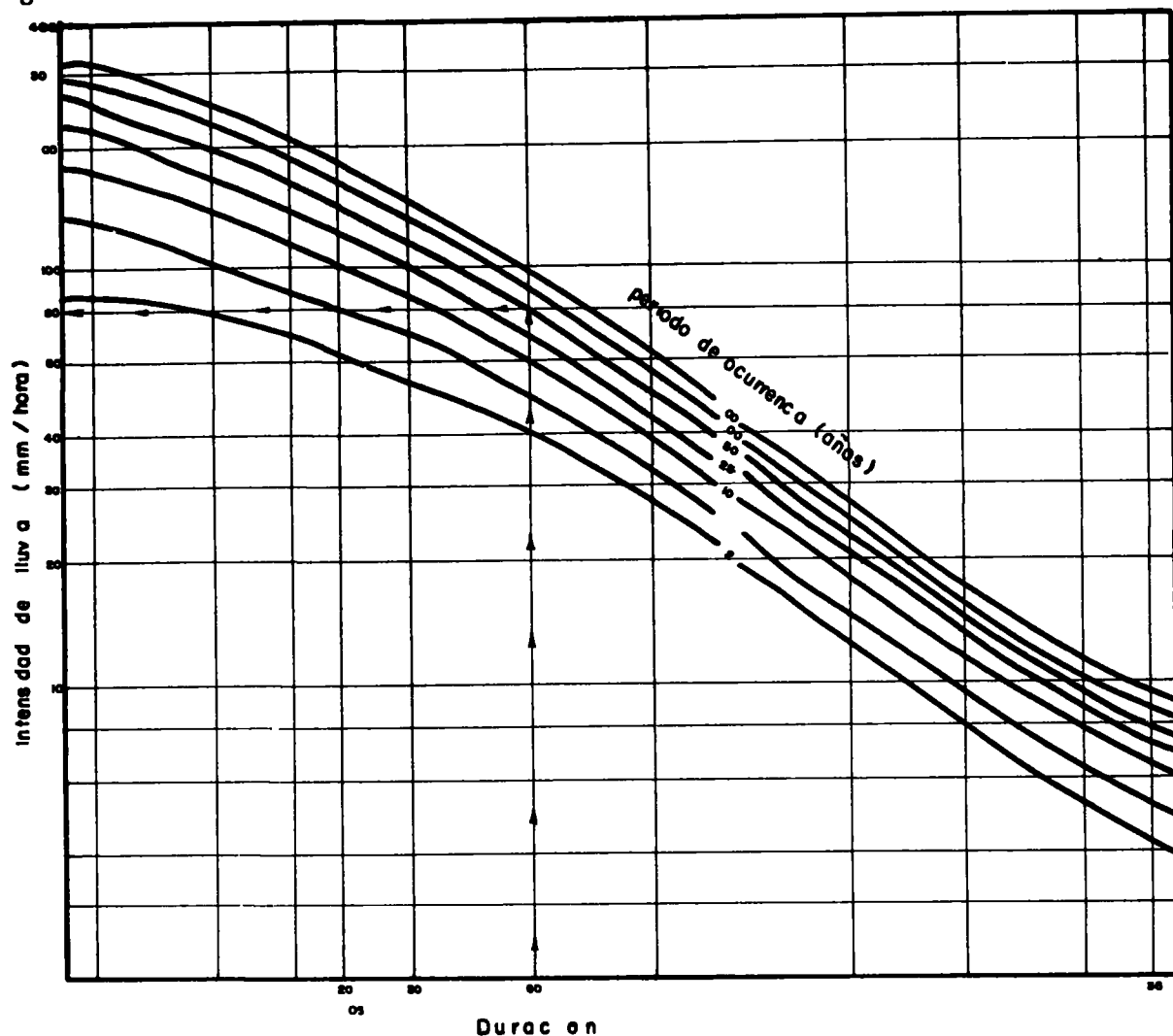
El area de vertiente de las estructuras de conservacion (acequia de ladera terraza de desviacion etc) cubre el espacio entre las estructuras o el producto del espaciamiento de las estructuras por la longitud expresado en hectareas

CUADRO NO 5 2
Estimacion del coeficiente de escorrentia 1/

Factores que afectan el escurrimiento	Caracteristicas del area de drenaje que produce escurrimiento			
	(76 a 100)	(50 a 76)	(30 a 50)	(25 a 30)
Intensidad de lluvia (mm/hr)	30%	25%	18%	12%
Relieve del terreno	Ondulado escarpado (promedio de los declives del terreno arriba de 20%)	Moderadamente ondulado (promedio de los declives del terreno arriba de 10 a 20%)	Ligeramente ondulado (5 a 10%)	Relativamente plano (0-5%)
	10%	5%	2%	1%
Retencion de la superficie de terreno	Depresion insignificante de la superficie	Poca depresion de la superficie	Algunos charcos o zanjias	Estructuras de conservacion de suelo sobre 90% del area
	10%	7%	5%	2%
Infiltracion de suelo	Sin cubierta de suelo (roca solida)	Suelo de textura pesada (arcilla)	Suelo de textura mediana o liviana (franco arenosa o franco limosa)	Suelo permeable (arena profunda)
	25%	18%	10%	5%
Cobertura del terreno	Sin cubierta de plantas (suelo desnudo)	Cultivos limpios < de 10% de buena pastura nativa o mejorada	Alrededor del 50% del area con cubierta vegetal mejorada	Alrededor de 90% del area con monte o cubierta mejorada
	25%	20%	10%	5%
Valor total del Coeficiente de Escurrimiento $\underline{C=}$	100% (extremo)	75% (alto)	5% (normal)	25% (bajo)

1/ Fuente Estacion Experimental de Cunneeda New South Wales

Figura No 5 22 Curva Intensidad de Lluvia Duracion (Subcuenca superior del Rio Reventado)



Fuente Leeds Hill and Jewet Flood Control Investigation Rio Reventado and Rio Tiribi 1967

Volumen de escorrentia V_e (m^3)

El volumen de escorrentia en metros cubicos se calcula por medio de la formula

$V_e = CPeA/1000$ donde
 P_e = precipitacion diaria maxima (mm)
 C = coeficiente de escorrentia
 A = area de vertiente tratada (m^2)

Es indispensable calcular el volumen de escorrentia para el diseno de las estructuras de conservacion de agua como reservorio de represa canal de infiltracion terraza de banco terrazas individuales y sistema de drenaje

b Tiempo de concentracion, T_c

El tiempo de concentracion (T_c) se define como el mayor tiempo requerido por el agua que circula en superficie para llegar desde cualquier punto de una cuenca a la salida de drenaje de esta

En la practica relacionado con la conservacion del suelo en pequenas fincas se refiere al tiempo que el agua necesita para comenzar a correr hacia una obra de conservacion o un rio o una quebrada aledana

Se usara para la formula racional la intensidad del aguacero que ocurre en el momento de maxima escorrentia

La siguiente formula fue desarrollada por el Comit  Australiano de Aguas de Tormenta y se empleo para calcular el tiempo de concentracion para las vertientes

$$t = \frac{105 n(L)^{1/2}}{(S)^{1/5}} \quad \text{donde}$$

t	=	tiempo de escurrimiento superficial en minutos
n	=	coeficiente de rugosidad de la superficie del suelo
L	=	largo maximo de escurrimiento desde el punto mas alejado de la vertiente hasta la salida siendo el escurrimiento perpendicular a la direccion general de las lineas de contorno
S	=	grado de pendiente del terreno en porcentaje

Los graficos a continuacion pueden emplearse para calcular mas facilmente t_c cuando n es 0.035 o 0.045

Tiempo de escurrimiento a tr v s del canal t

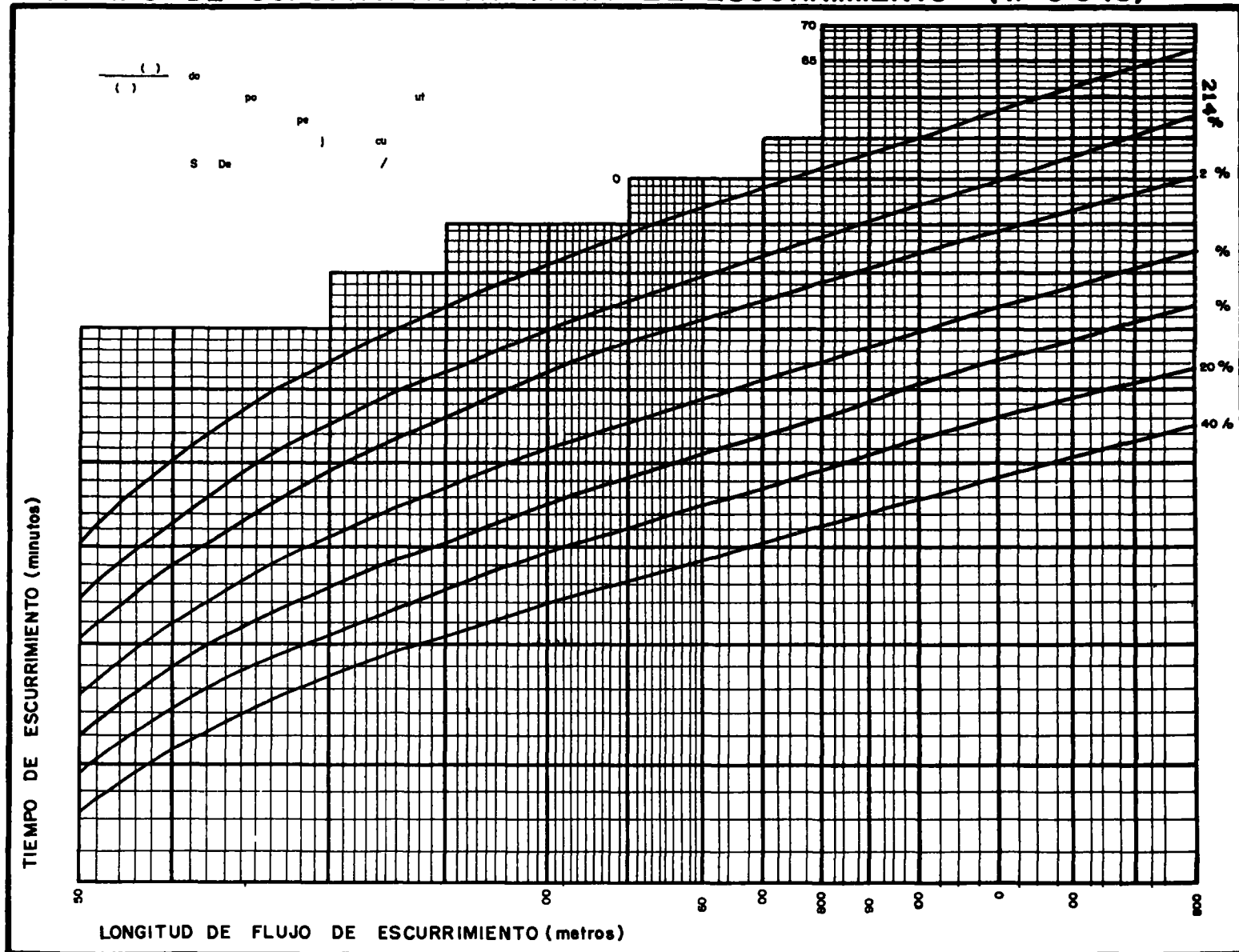
Si el escurrimiento tiene que pasar a tr v s del canal de guardia el tiempo adicional de concentracion t se determina dividiendo la distancia recorrida a tr v s del canal por la velocidad de escurrimiento permitida. Para canales con lechos bien empastados velocidades de hasta 1.80 metros por segundo son seguras para prevenir la erosion

Tiempo de concentracion total T (minutos)

Sumando t_c y t se obtiene el tiempo total de concentracion T lo cual es el tiempo mayor del escurrimiento que se desplaza sobre la superficie del terreno desde el punto mas alejado de la vertiente hasta su salida (punto de disen )

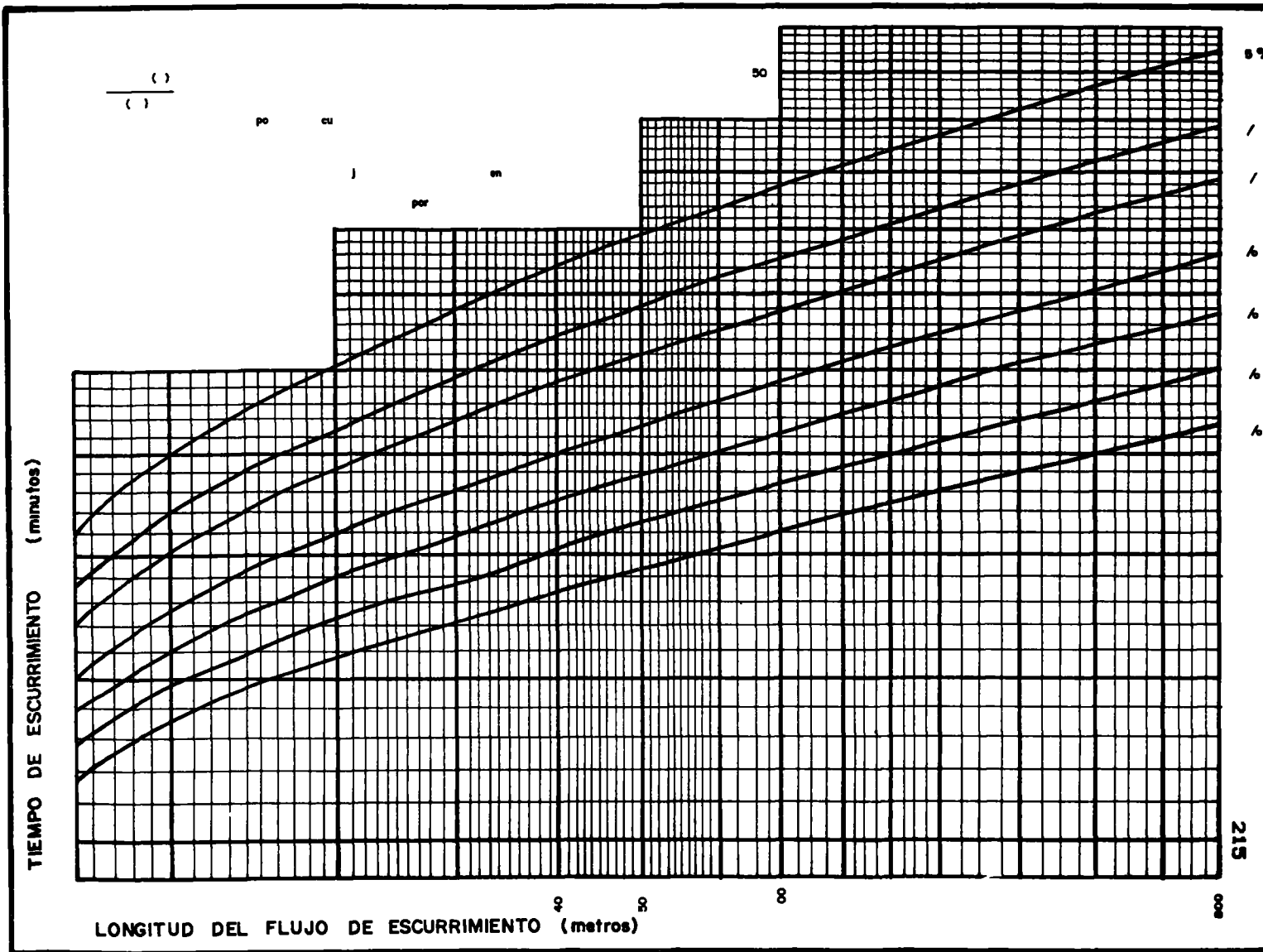
Se asume que cuando la duracion de una tormenta es igual al tiempo de concentracion todas las partes de la vertiente contribuyen simultaneamente a la descarga del escurrimiento en el punto de disen 

TIEMPO DE CONCENTRACION PARA EL ESCURRIMIENTO ($n=0.045$)



TIEMPO DE CONCENTRACION PARA EL ESCURRIMIENTO (n = 0.035)

168



c Formulas para calcular la capacidad hidraulica de las estructuras

La formula de continuidad (canales)

La formula de continuidad es la siguiente

$$\begin{aligned} Q_c &= \text{en donde} \\ Q_c &= \text{capacidad hidraulica del canal (m}^3/\text{seg)} \\ v &= \text{velocidad del agua (m/seg)} \\ a &= \text{area de seccion transversal (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

La seccion transversal del flujo de agua consiste del ancho b de base del canal de los taludes de la profundidad del canal p y del ancho superior B del agua

El area transversal del canal se calcula segun la seccion

$$\begin{aligned} a &= 0.5 (b + B)p && \text{(seccion trapezoidal)} \\ a &= 0.5 (Bp) && \text{(seccion triangular)} \\ a &= 0.67 (Bp) && \text{(seccion parabolica)} \end{aligned}$$

Las obras de conservacion deben tener una capacidad que les permita desviar el caudal de escorrentia calculado (Q) Entonces el caudal de los canales de desviacion tiene que ser igual o superior a Q_c
 $Q_c > Q$

El movimiento del agua en los canales es una funcion de la velocidad del agua (v) y del area de seccion transversal (a) El aumento del Q_c tiene como consecuencia cuando se mantiene la velocidad a un cierto nivel la necesidad de aumentar el area de la seccion transversal de la obra

Para el calculo y el diseno de las obras se consigue el valor de Q con la formula racional y se escoge el valor de la velocidad de manera que no ocurra erosion en el canal (v permisible) Esta velocidad depende de los factores de la formula de Manning

La formula de Manning

Esta formula indica la relacion entre la velocidad del agua y el radio hidraulico (R) la gradiente del canal (g) y el coeficiente de rugosidad (n) La formula es la siguiente

$$v = \frac{R^{2/3} \times g^{1/2}}{n}$$

Se aplica para determinar la velocidad del flujo de agua a traves un canal abierto

El radio hidraulico se mide en metros la gradiente en % y la rugosidad no tiene dimension

Estos factores influyen en que la velocidad no debe exceder la velocidad erosiva Se puede entonces variar la gradiente la rugosidad (sembrar pastos en el canal) o el radio hidraulico (dimensiones del canal) de manera que el agua fluya con una velocidad no erosiva Sin embargo el agua debe fluir con suficiente velocidad para no provocar encharcamientos o inundaciones

Un valor de 0.60 m/seg es aceptable para canales de tierra Con proteccion del fondo del canal (piedras pastos) se puede trabajar con velocidades mas altas

- 0.90 m/seg para canal con cobertura vegetal rala
- 1.50 m/seg para canal empedrado
- 1.50 m/seg para canal empastado regular
- 2.10 m/seg para canal empastado con un excelente zacate denso

Los valores aplicables de n son los siguientes

- 0.015 para superficie pavimentada
- 0.025 suelo
- 0.035 condiciones de pasto pobre
- 0.045 condiciones de pasto regular
- 0.060 densamente empastado

Volumen de retencion de agua de las estructuras V (m^3)

El tamaño de las estructuras de conservación de agua como terraza de infiltración, terraza de banco, melgas en contorno, debe tener una capacidad adecuada (volumen de retención de agua) para prevenir el daño de la estructura por desbordamiento del exceso de agua captado.

Para el canal de la estructura, el diseño de su capacidad de agua V es igual al producto de la longitud del canal por el área de la sección transversal de este.

5.5.2 Especificaciones y fórmulas simplificadas

La aplicación de los principios de diseño para las distintas estructuras de conservación de suelos y aguas está descrita en detalle en los anexos 8 que van del 8.2 Canal de guardia hasta 8.14 Acequia de drenaje.

Los valores de los elementos de las estructuras y parámetros hidráulicos se usaron según la situación local y para facilitar la metodología de computación.

Los anexos 8 contienen los siguientes temas para cada estructura de conservación:

a Elementos constantes

El diseñador debe empezar por saber tanto de los elementos constantes del canal, así como de la gradiente permisible, longitud y profundidad máxima de agua del canal. Analizando la velocidad según la fórmula de MANNING, se debe tener una profundidad de agua no mayor que 30 cm y una gradiente de 0.20 a 0.30 % para no provocar una velocidad erosiva.

Puesto que la capacidad Q del canal podría ser aumentada con una velocidad de agua más alta, es mejor establecer un canal más ancho con una velocidad permisible. Aumentar la profundidad de agua p tiene las siguientes desventajas:

- Excede la velocidad permisible del flujo de agua
- Aumenta la profundidad de excavación del canal que es controlada por la profundidad efectiva de suelo y la presencia de piedras en el subsuelo
- Inconveniente para el paso de la maquinaria agrícola a través del canal

b Elementos del canal

Con base en los taludes recomendables en distintas pendientes de terreno la formula para determinar el ancho superior $\underline{B}$ del agua se puede simplificar en terminos de profundidad de agua $\underline{p}$ y ancho $\underline{b}$ del fondo de canal

c Espaciamiento

El valor $\underline{E}$ maximo entre las estructuras depende de la longitud permisible de la pendiente del terreno sin provocar erosion laminar Conociendo este valor $\underline{E}$, la cantidad de escorrentia $\underline{Q}$ es calculada en distintas longitudes $\underline{L}$ de la estructura

ch Elementos hidraulicos

En relacion con la capacidad de canal $\underline{Q_c}$ se describe el procedimiento detallado para el calculo de la velocidad $\underline{V}$ actual segun el perimetro mojado $\underline{p_m}$ y el area del flujo de agua $\underline{a}$ para distintos valores de $\underline{b}$, aplicando la formula de MANNING

La derivacion de las formulas hidraulicas en forma simplificadas facilita al disenador conocer rapidamente el sistema matematico de calculo correcto

d Seccion transversal y uso de los elementos

Se explica como se pueden usar los datos hidraulicos calculados haciendo una correlacion entre la escorrentia prevista y los elementos del canal

5 6 TRAZADO Y CONSTRUCCION

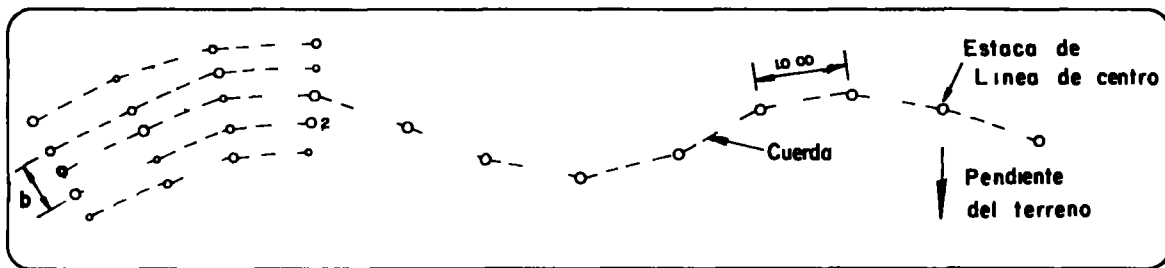
5 6 1 Canales de guardia

a Trazo

Un requisito primordial para iniciar el trazo es tener el diseno o dimensiones del canal El trazo puede ser realizado con cualquier instrumento de nivelacion con preferencia para el nivel de precision dado que las longitudes de estos canales son generalmente grandes ademas las pendientes longitudinales son pequenas y dificiles de apreciar con codales niveles de mano y clinometros (*vease el anexo No 11 para los instrumentos de nivelacion*)

Para iniciar es mejor empezar en el punto de drenaje del canal

El trazo y la ubicacion de puntos se realiza de preferencia con estacas indicando la linea de centro del canal (1) y estas deben estar espaciadas cada 10 metros Una vez ubicada la linea de centro se unen las estacas por medio de una cuerda A partir de esta linea de centro se marca con estacas (2) el ancho de base ($\underline{b}$) del canal $\underline{b}/2$ hacia arriba y hacia abajo Posteriormente se ubican las estacas que indican los puntos extremos de los taludes (3) (*ver Figura No 5 23*)



CORTE TRANSVERSAL

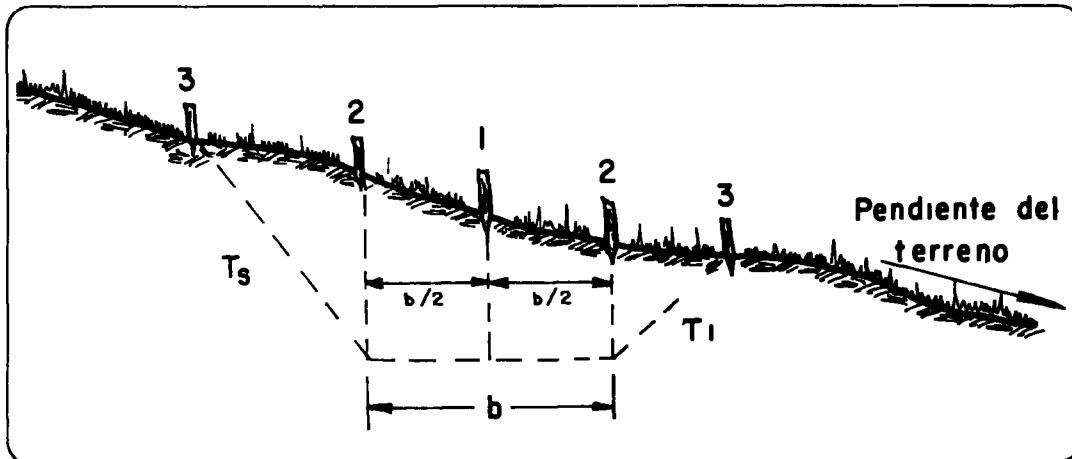


Figura No 5 23 Ubicación de estacas según trazo

b Construcción

Con las dimensiones del canal y trazo en el campo se procede a la construcción excavando a partir de las estacas que indican el ancho de base (b) del canal (figura No 5 23). Entre las estacas con números 2, se realiza una excavación rectangular hasta llegar a la profundidad requerida según diseño. Luego se procede a realizar el corte del talud cortando desde las estacas numeradas con 3 hasta los extremos del piso o base del canal según se ve en la figura No 5 23.

El material removido en la excavación del canal se deposita en la parte inferior formando un terraplén según se ve en la figura No 5 24.

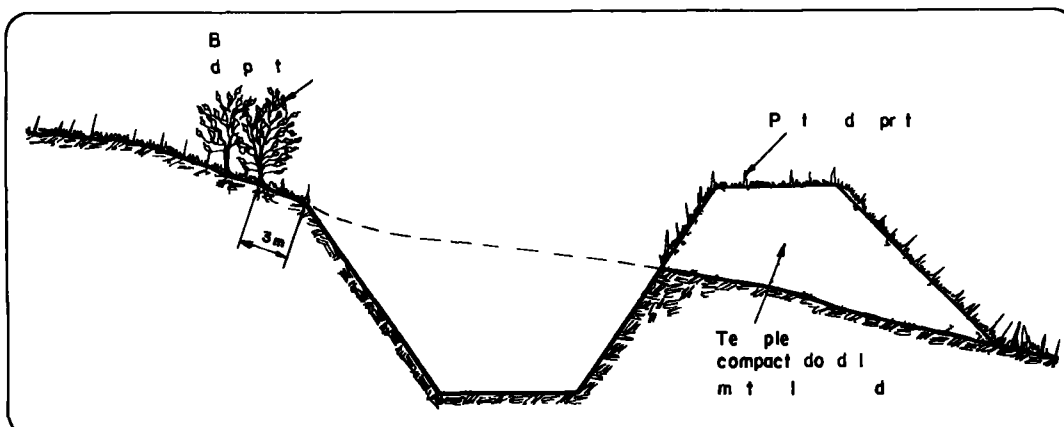


Figura No 5 24 Ubicación de material excavado

Es de suma importancia cuando se esta ejecutando la construccion ir protegiendo el canal (talud superior) con el establecimiento de una barrera viva con la finalidad de reducir la velocidad de las aguas de escurrimiento que entran al canal y evitar que el talud superior sufra danos

Ademas la barrera viva reduce la cantidad de sedimento arrastrado que penetra al canal y causa danos por sedimentacion. Tambien debe protegerse el terraplen con pastos para evitar que este se desmorone

En pendientes de terreno superiores a 20% la seccion mas utilizada es la trapezoidal y su construccion se realiza en forma manual. En pendientes inferiores al 20% la seccion puede ser triangular y su contruccion puede realizarse con maquina para lo cual el procedimiento de construccion es el siguiente: siempre se necesita tener ubicadas las estacas que indican la linea de centro del canal y las estacas que indican los taludes. No son necesarias las estacas 2 de la figura No 5 23 (ver figura 5 25 a y b)

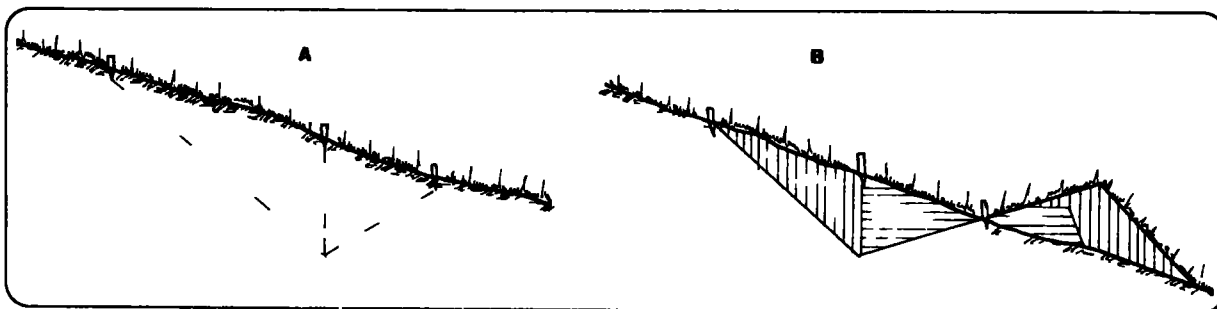


Figura No 5 25 a y b Procedimiento de construccion con maquinaria

Si la construccion es con tractor de oruga el procedimiento es como se indica en la figura No 5 25b. Se inicia el corte de la estaca de centro hacia fuera (rayado horizontal) de regreso la maquina corta el sector arriba de la linea de centro (rayado vertical) siguiendo este procedimiento hasta obtener la profundidad e inclinacion deseada de taludes.

El mismo procedimiento se utiliza si la construccion es con tractor agricola y arado. En este caso se comienza de la estaca 3 de arriba hacia abajo desplazando el material hacia la parte inferior de la estaca 3 abajo arando consecutivamente hacia el material volteado y profundizando cada vez mas hasta obtener las dimensiones requeridas ver figura No 5 26.

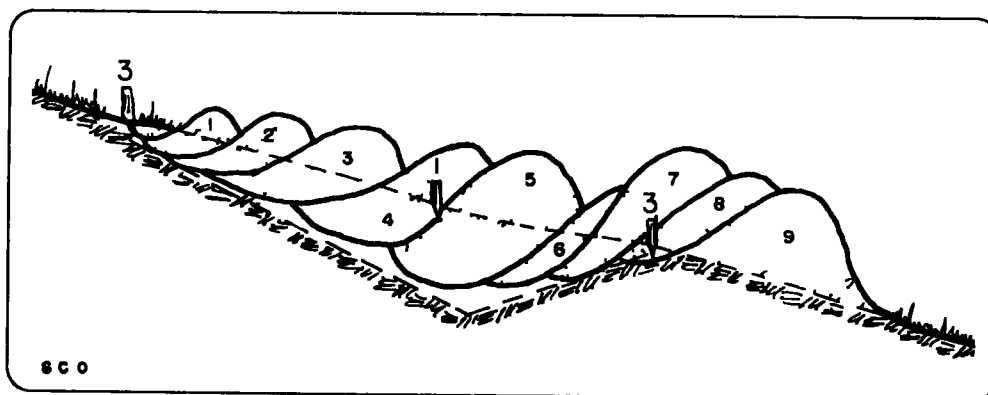


Figura No 5 26 Procedimiento de construccion con arado

Estos procedimientos son mas baratos y mas economicos pero no siempre existe equipo disponible y pendientes de terreno adecuadas. Estos procedimientos con equipo no eliminan la mano de obra ya

que es necesaria para el acabado final. Existe una desventaja en este tipo de canales: la profundidad no puede ser mayor de 0,5 m ya que la máquina no podría trabajar, excepto cuando el ancho superior es muy grande, lo cual quita mucho espacio a la parcela.

El procedimiento de protección es el mismo para cualquier sección.

5.6.2 Desagües empastados

a Trazo

De no existir drenajes naturales, el trazo de los desagües estará gobernado por la forma, linderos y pendientes de la parcela. Se recomienda que el trazo de estos sea lo más recto posible. Al ubicarse, generalmente estas obras paralelas a los linderos (fig. No 5.27), se recomienda dejar un espacio de terreno natural entre la cerca y el canal para:

- Que este espacio sirva como camino de acceso
- Depositar el material de excavación
- Brindar el mantenimiento

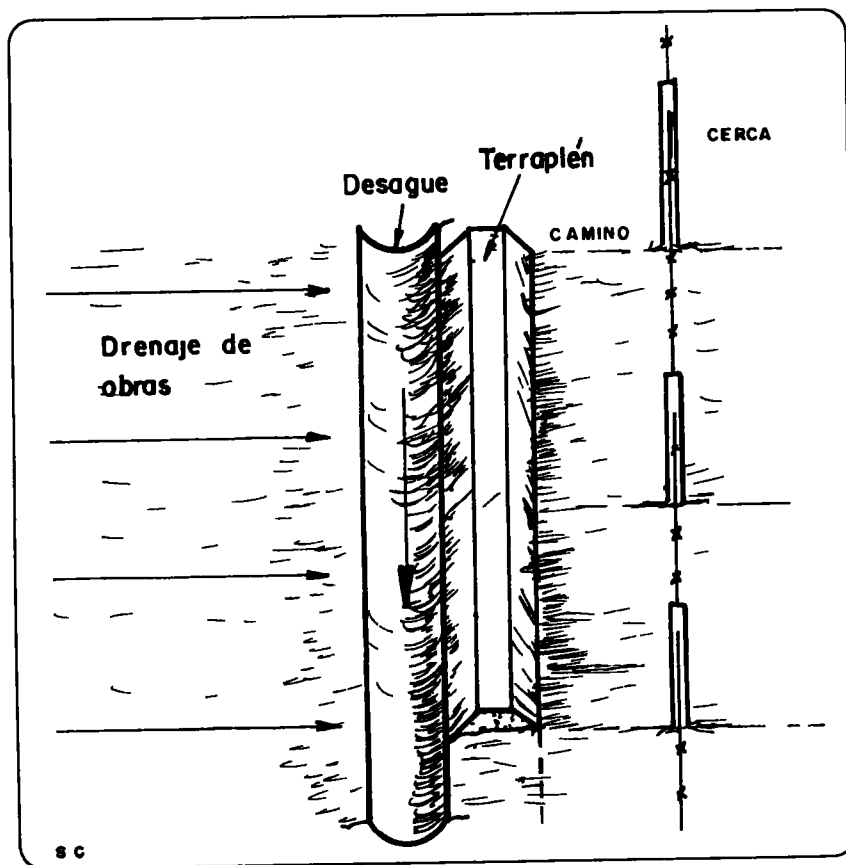


Figura No 5.27 Ubicación del desagüe y terraplén respecto de el lindero y camino

Una vez definidas las dimensiones del desagüe, este se traza o se define en el campo por medio de tres estacas. Una de ellas, la del centro, indica el centro del canal; las otras dos indican las líneas límite del

canal (figura No 5 28) Los desagues pueden tambien ser contruidos sin tener que profundizar con la ventaja de que el fondo del desague esta constituido por vegetacion natural Los taludes del desague se contruyen en este caso raspando tierra de fuera del desague (Ver 5 2 2)

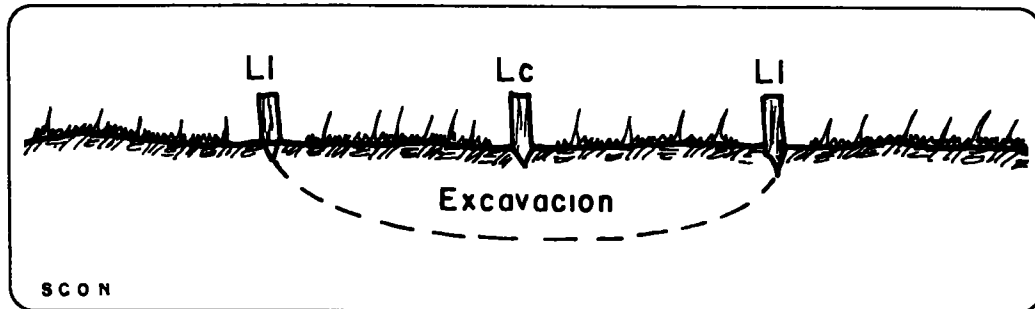


Figura No 5 28 Seccion transversal mostrando la forma de trazar de un desague

b Construcción

Una vez trazadas en el campo las dimensiones del desague se procede a su construcción realizando esta en forma manual En la mayoría de los casos donde las pendientes son mayores a 40% y con maquina o bueyes donde las pendientes son menores a 40% El material de excavación deberá depositarse al lado del camino o lindero como se muestra en la figura No 5 27 Si la construcción es con maquina o con bueyes esta se realiza de arriba hacia abajo realizando una excavación triangular que posteriormente se afina manualmente para obtener la sección final Si la construcción es manual esta se inicia de abajo hacia arriba

Si la protección es con pasto una vez afinada la obra se deberá protegerla sembrando los estolones lo mas denso posible si la protección se pudiera realizar con cospes estos deberán anclarse con pequeñas estacas para evitar su deslizamiento Este cultivo es el metodo mas rapido para empastar una obra

Si la protección fuera con zampeado las piedras deberán acomodarse lo mas apizonadas posibles y prensadas entre si Luego se chorrea entre las piedras la mezcla (arena piedra quinta y cemento) para amarrarlas entre si

Si la protección fuera con estructuras prefabricadas cada 3 o 4 estructuras se deberá sujetar una estructura con varillas de hierro ancladas en forma vertical en las juntas de expansión y contracción con la finalidad de evitar su deslizamiento Las juntas entre estructuras deberán unirse con mezcla de cemento y arena

5 6 3 Acequias de ladera

a Trazo

Contando con las dimensiones de la sección transversal y el espaciamiento entre cada acequia el procedimiento y el equipo utilizado en el trazo es el mismo que el utilizado para las terrazas de banco (ver punto 5 6 5) Generalmente para ubicar las líneas de centro (L_c) en la línea de máxima pendiente se utiliza la distancia inclinada (E) Con este parametro determinado y una cinta metrica se localizan los puntos donde se ubican las estacas que determinan el punto de partida de la línea de centro (L_c) de la obra (ver figura No 5 4 y figura No 5 29) donde D se debe cambiar por E

b Construcción

El procedimiento de construcción es el mismo que se utiliza en la construcción de las terrazas de banco con diferencia que en las acequias de ladera la profundidad de corte no está restringida por la profundidad efectiva del suelo ya que las acequias son canales para transportar agua y no para sembrar. Los métodos de construcción utilizados son los mismos que para las terrazas de banco con la diferencia de que algunos métodos tienen pendientes limitantes de trabajo.

Construcción con moto cultivador pendiente limitante 12%

Construcción con moto niveladora pendiente limitante 30%

Construcción con tractor de Llantá pendiente limitante 20%

5.6.4 Terrazas de huerto

a Trazo

Una vez determinadas las dimensiones de la sección transversal y el espaciamiento entre cada terraza que generalmente dependen del cultivo permanente por establecer el procedimiento y equipo utilizado en el trazo es el mismo que se utiliza para las terrazas de banco (ver 5.6.5). La única diferencia inicial es que para ubicar la línea de centro (L_c) de cada terraza se pueden utilizar dos parámetros siendo estos el intervalo vertical (V) entre línea de centro y línea de centro o bien puede utilizarse la distancia inclinada D (ver Figuras No 5.5 y 5.29).

b Construcción

Una vez realizado el trazo se procede a la construcción. Los métodos que pueden ser utilizados en la construcción son:

Método manual

Método con bueyes

Método con tractor de oruga

En los dos últimos casos si la profundidad efectiva del suelo lo permite siempre deberá iniciarse la construcción de arriba hacia abajo o sea de la terraza superior a la inferior.

5.6.5 Terrazas de banco

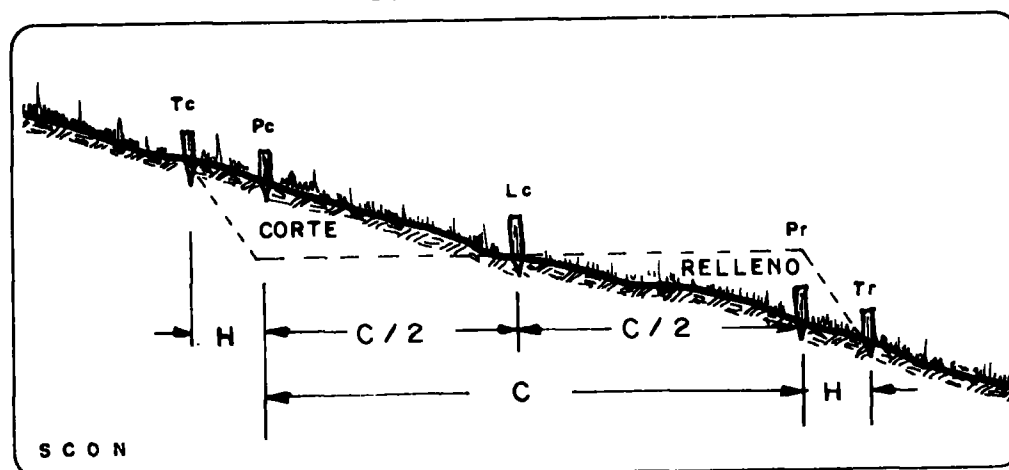
a Trazo

Para iniciar el trazo el terreno debe estar completamente limpio y se debe contar con las dimensiones de diseño de la obra por construir. A diferencia de los canales de desviación estas obras pueden trazarse con cualquier instrumento de nivelación (niveles de precisión de manguera de mano, clinómetros, codales y otros). Para su trazo deberá localizarse y estaquillarse la línea de máxima pendiente del terreno. Las estacas deberán estar ubicadas a distancias iguales al ancho total (D). Partiendo de estas estacas se trazarán las líneas de centro de cada terraza, línea cero-cero teóricamente cero corte, cero relleno, con estacas cada 5 ms para la construcción manual y cada 10 ms si la construcción es con máquina siguiendo la pendiente de diseño hacia el desagüe. Posteriormente se

ubicarán las estacas que definen el ancho de banco o plataforma (c), $c/2$ hacia arriba y $c/2$ hacia abajo de la línea de centro. Luego se ubicarán las estacas que definen el ancho del talud (H) (ver figura No.5.29).

- L_c = Línea de centro
 P_c = Profundidad de corte
 T_c = Talud de corte
 P_r = Profundidad de relleno
 T_r = Talud de relleno

CORTE TRANSVERSAL



VISTA EN PLANTA

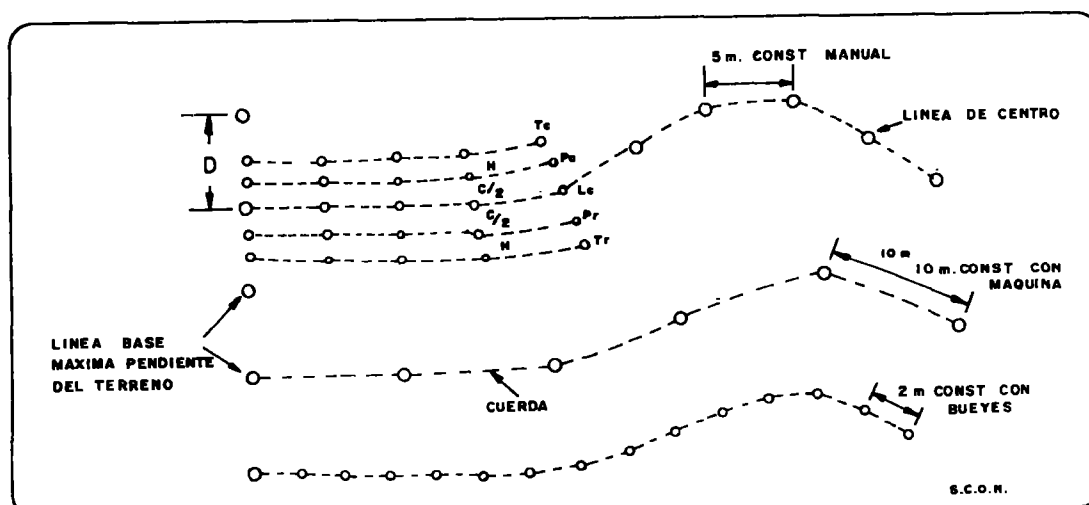


Figura No.5.29- Ubicación de estacas y espaciamiento según método de construcción.

b. Construcción

Para cualquier método que se utilice en la construcción, ésta deberá iniciarse de arriba hacia abajo, o sea de la terraza más alta hacia la más baja y el trazo o estaquillado es el mismo para cualquier tipo de construcción como se muestra en la figura No.5.29a.

Construcción manual

Se inicia la excavación de la línea de centro (L_c) hacia arriba, depositando el material excavado en la parte superior de la estaca que indica el talud de relleno (T_r), dando forma al talud como se indica en la figura No.5.30. Así se continúa la operación, excavando en área de corte y depositando en el área de relleno, ubicando capas de suelo de 10-15 cm para luego ir compactándolas y darle consistencia al talud de relleno como lo indican los pasos 1-2-3-4-5-6 de la figura No.5.30. Se obtiene, así, el banco o plataforma (c) completamente horizontal a la profundidad de corte (P_c). Posteriormente, se procede a dar la inclinación al talud de corte (T_c); el material producido se utiliza para el acabado final de la obra, para mejorar el talud de relleno (T_r) y dar la inclinación inversa al banco.

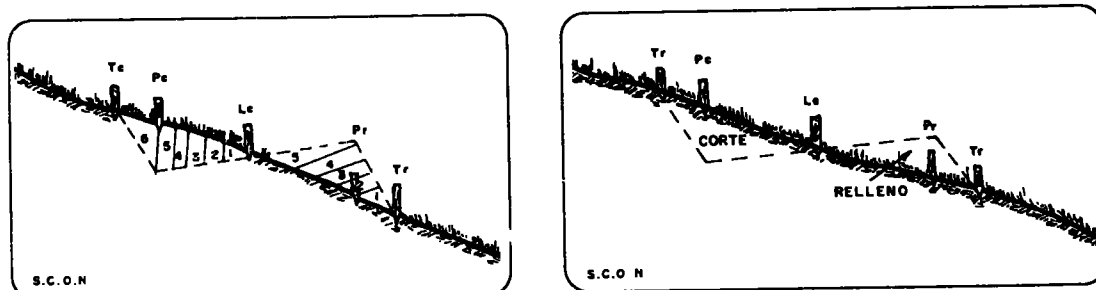


Figura No.5.30: Procedimiento de construcción manual según corte y relleno

Cualquiera sea el método de construcción que se utilice, los taludes de la obra deberán ir protegiéndose con pasto (*Paspalum notatum*), con el fin de dar protección y estabilidad a los taludes (ver figura No.5.31)

La siembra del pasto se realiza por medio de estolones (hijos), espaciados de 10 - 15 cms.

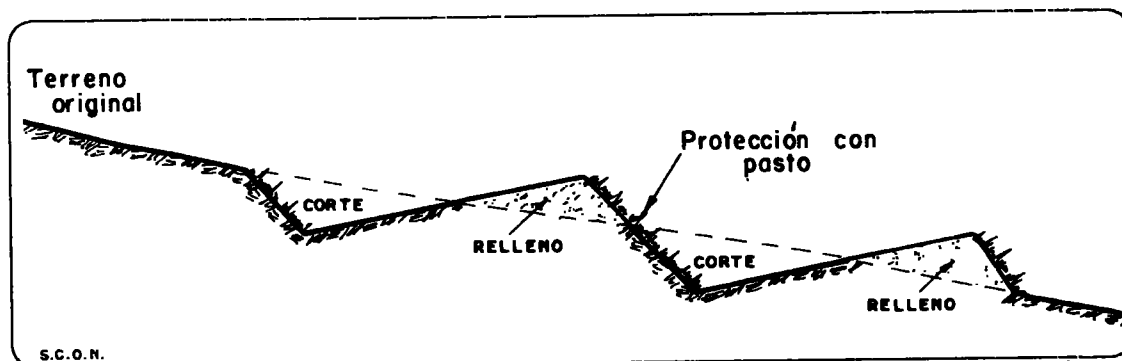


Figura No.5.31 Protección de taludes

Construcción con máquina

En la construcción manual el ancho de banco (c) puede variar con la pendiente y topografía del terreno y dependiendo de la profundidad efectiva del suelo. Todo lo contrario sucede en la construcción con maquinaria, donde el ancho de banco (c) mínimo es fijo, y depende del ancho de la máquina dado que se necesita espacio para su paso. El espacio entre los puntos P_c y P_r no puede ser inferior al ancho de la máquina. Si es así la construcción no podrá realizarse con maquinaria, dado que la máquina en algunos casos decapita el suelo.

Para operar el tractor de oruga se deberá ubicar la estaca que indica la línea de centro (L) en el centro de la pala, ésta en posición "anglodozer" (figura No.5.32). Así cortará, la superficie del suelo con la mitad de la pala y rellenará con la otra mitad (ver figura No.5.25) Se prosigue la operación hasta llegar a las dimensionas requeridas.

En la construcción de terrazas de banco con tractor de oruga, no se puede construir el talud, y la terraza quedará como se indica en la figura No.5.33. Para dar la inclinación adecuada al talud, se necesita hacerlo manualmente como lo indican los trazos a rayas en la figura No.5.33. Para dar la pendiente inversa al banco, la pala del tractor se pone en posición "tildozer" y se prosigue con la operación de corte y relleno en el banco (figura No.5.34)

En la posición "tildozer" es similar a la posición "anglodozer". La variante es que la pala no conserva su horizontalidad, sino que tienen un ángulo de inclinación vertical hacia la sección de corte.

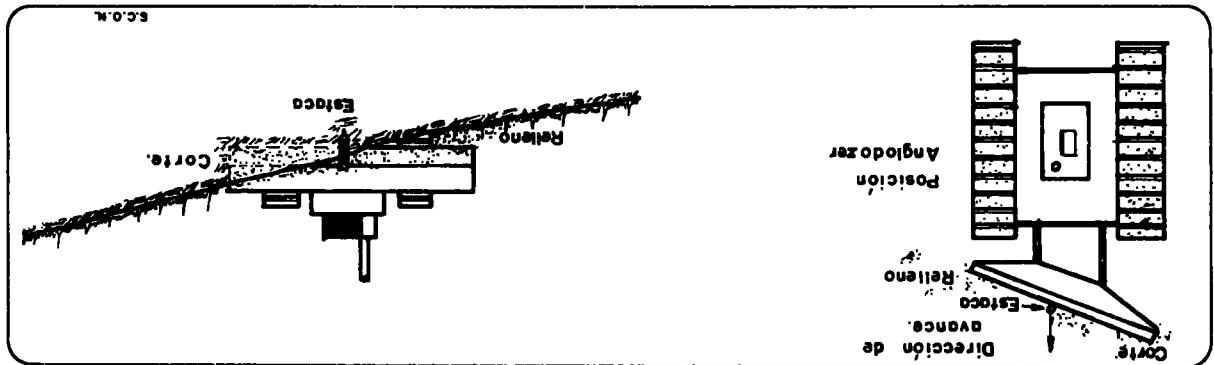


Figura No.5.32: Posiciones de la pala utilizadas en la construcción con máquina

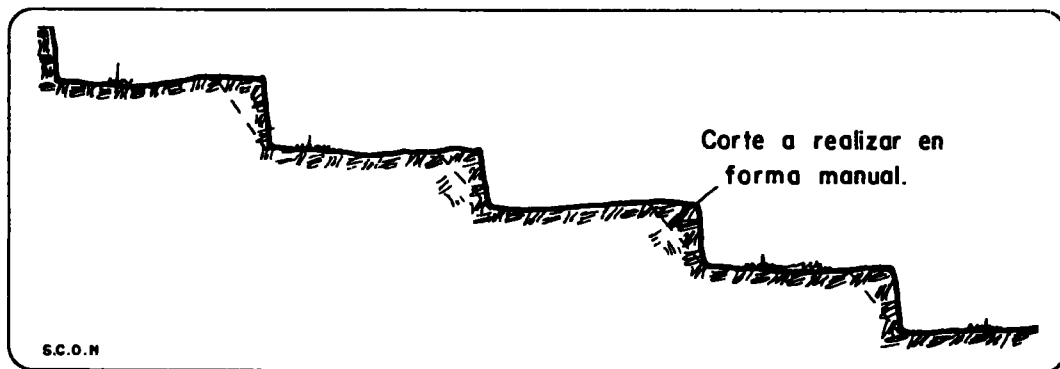


Figura No.5.33: Vista del afinado de talud. Para realizar manualmente

En la construcción con máquina, la pendiente longitudinal de la obra no es completamente exacta, así que ésta deberá corregirse manualmente. Por lo anteriormente expuesto, la máquina no elimina por completo la mano de obra.

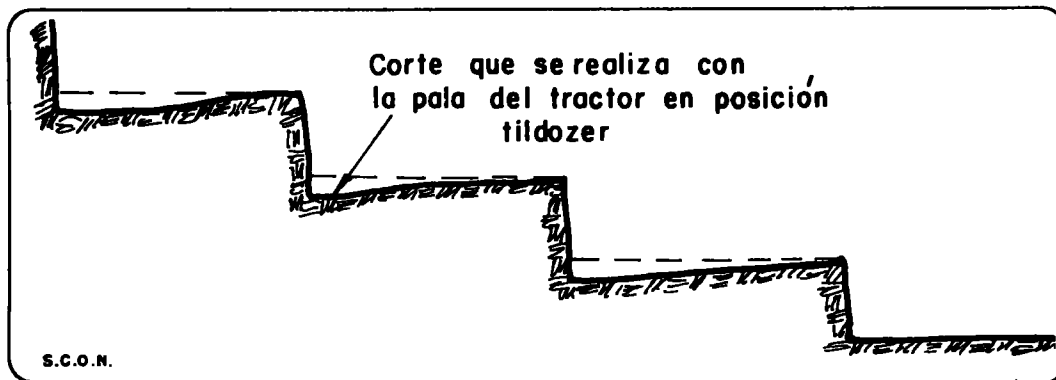


Figura No.5.34: Vista del corte que se realiza con la pala en posición "tildozer" para darle una pendiente inversa.

En la construcción con motoniveladora, el procedimiento es el mismo que con el tractor de oruga, la diferencia es que la motoniveladora, dado el movimiento de la cuchilla, puede construir el talud.

Construcción con tractor de llanta

La construcción con este tipo de tractor es muy similar a la utilizada en la construcción de canales de desviación con éste tipo de tractor, siempre con algunas variantes. El implemento utilizado es un arado de vertedera, con desplazamiento hacia la derecha e izquierda sobre su eje horizontal y movimiento de la vertedera en semicírculo, de tal forma que ésta se pueda colocar como una cuchilla de motoniveladora. Se ara normalmente el espacio comprendido entre las estacas P_c y L_c como se indica en la figura No.5.35, luego se gira la vertedera en semicírculo; se coloca como una cuchilla o pala en posición "anglodozer", de tal forma que el suelo arado se desplace hacia el área de relleno ubicada entre las estacas L_c y T_r . Esta operación se repite hasta obtener dimensiones similares a las del diseño. El acabado final del talud y del banco se realiza en forma manual.

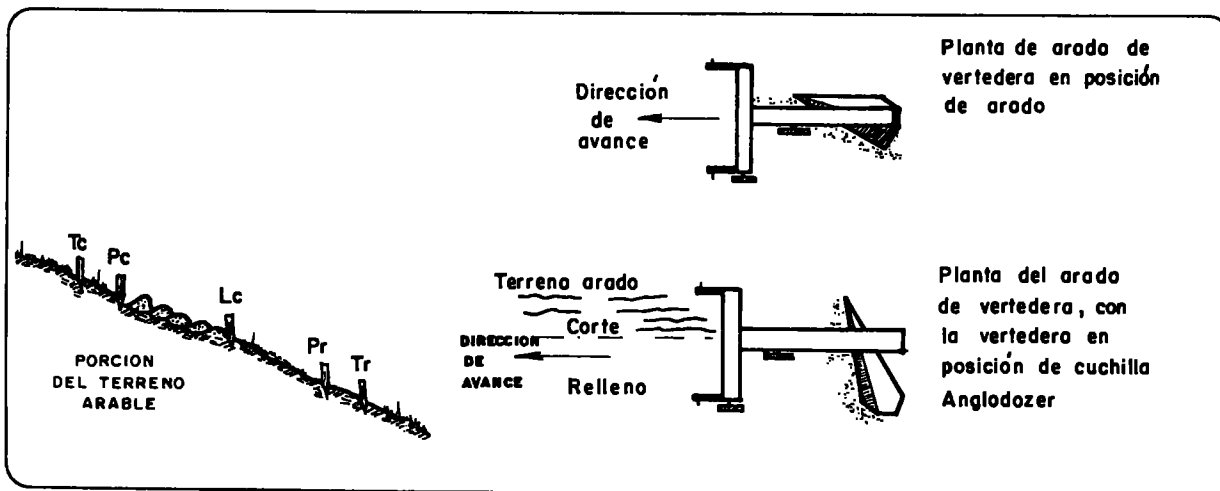


Figura No.5.35: Método de construcción de terrazas con arado de vertedera y sus posiciones

Construcción con motocultivador

El motocultivador es un pequeño tractor de dos llantas y dirección manual, con potencia de 16 a 19 H_p, con toma de fuerza posterior a la cual se le acopla un rotador o cultivador rotativo el cual se pasa en el área de corte (T_c - L_c). Una vez pasado y mullido el suelo, éste se desplaza en forma manual hacia el área de relleno. Así se continúa la operación hasta finalizar la obra (figura No.5.36)

Este equipo eventualmente se podría utilizar en pendientes superiores a 12%, adaptándole un brazo de extensión para evitar volcaduras (se encuentra a nivel experimental) Sería una opción para usar en pequeñas parcelas.

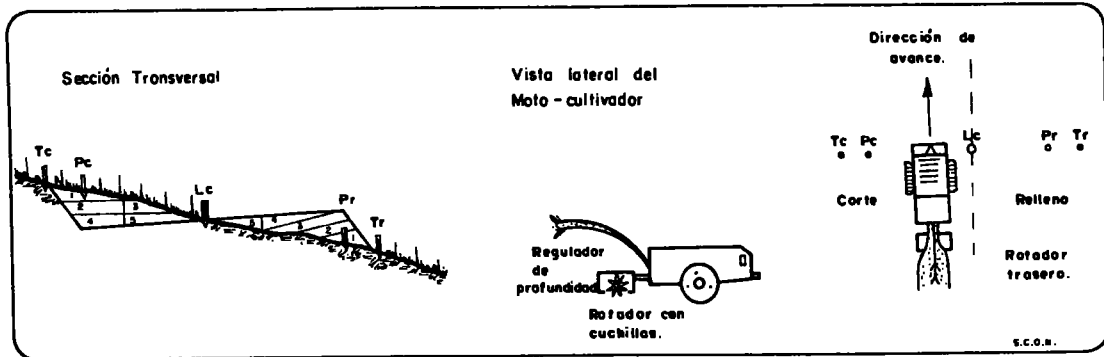


Figura No.5.36: Vistas que muestran la metodología de construcción de terrazas con motocultivador

Construcción con tracción animal

Consiste en una yunta de bueyes u otro animal que tira un arado de vertedera (para este efecto), preferiblemente de tipo reversible. El procedimiento es similar al descrito para el tractor de llanta. Se procede a arar la sección de corte entre puntos (T_c - L_c). Luego de dos pasadas del arado, se desmonta éste y se acopla un terracedor o pala, la cual se encarga de desplazar el suelo suelto hacia el área de relleno, una vez removido todo el suelo suelto, se vuelve a montar el arado de vertedera, se afloja otra capa de suelo y con la cuchilla o terracedor montado se vuelve a desplazar hacia el área de relleno. Estas operaciones se siguen hasta obtener las dimensiones deseadas.

Siempre se hace necesario la labor manual para el afinado de taludes y bancos. La metodología de construcción de obras de conservación con tracción animal está poco difundida en nuestro país, pero según el análisis de costos no solo es una de las opciones si no la más viable, una de las más importantes ya que el equipo utilizado es de bajo costo y en casi todas las zonas del país se cuenta con yuntas de bueyes. La figura No. 5.37 muestra el terracedor utilizado en éste método con las medidas para su construcción.

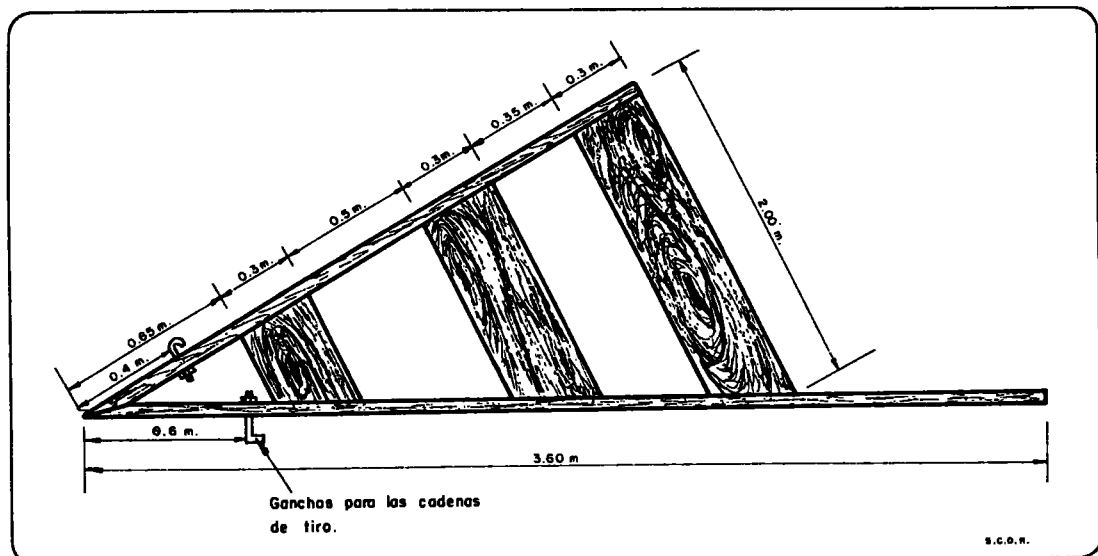


Figura No.5.37: Vista de un terracedor y sus dimensiones

5 6 6 Terrazas individuales

a Trazo

El estaquillado de las terrazas individuales se debe realizar al tres bolillo. Una vez determinada la distancia de siembra de los árboles se procede como sigue: se traza la línea base paralela a una curva de nivel o a una acequia establecida. Las estacas deberán tener una separación igual a la distancia de siembra (ver figura No 5 38). Posteriormente con una cinta o cuerda que mida dos veces la distancia de siembra se parte de las estacas 1 y 2 y se ubica la 3 a la mitad de la cinta o cuerda utilizada (ver figura No 5 38). Luego con los extremos en las estacas 2 y 4 se ubica la estaca 5 y se continúa la operación hasta finalizar la segunda línea. Posteriormente partiendo de las estacas 3 y 5 se ubica la 8 continuando así la operación hasta trazar el área deseada.

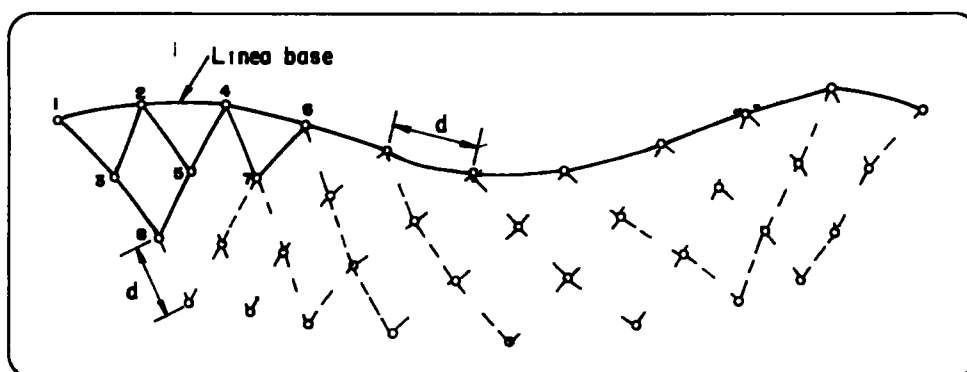


Figura No 5 38 Vista de metodología de trazo de una plantación al tres bolillo

Una vez determinado el sitio de siembra (centro de la terraza) y definidas las dimensiones de la terraza se procede de la siguiente forma para marcar las dimensiones de la terraza individual:

Se amarra a la estaca que indica el centro de la terraza con una cuerda de longitud igual al radio (R) de la terraza y en el otro extremo se amarra una estaca puntiaguda. Girando la cuerda alrededor de la estaca de centro se raya el terreno con la estaca puntiaguda quedando así definida la plataforma de la terraza. Después tanto en la parte superior como inferior del círculo marcado se señala el ancho del talud (A) que luego se une con los extremos medios del círculo y queda así marcada la terraza individual (ver figura No 5 39 a y b).

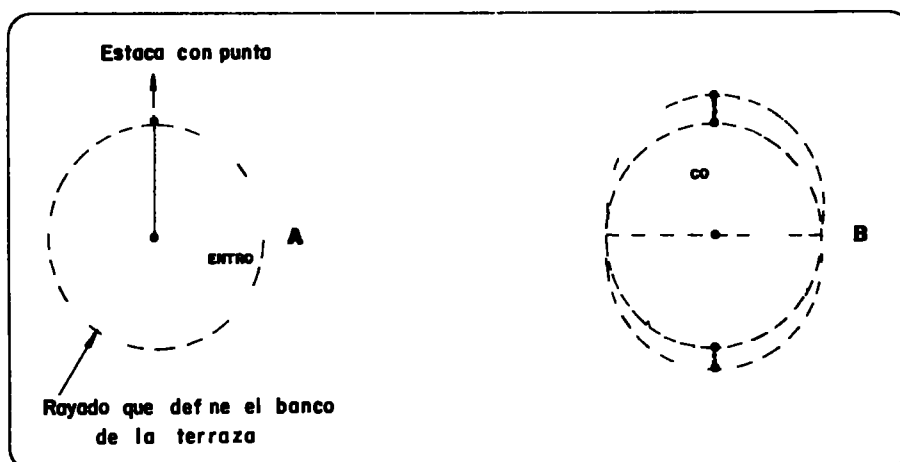


Figura No 39 (a y b) Metodología de trazo de terrazas individuales

b Construcción

La construcción puede realizarse únicamente en forma manual y se procede de igual forma que en la construcción de terrazas de banco en forma manual (ver 5 6 5). Una vez construida la obra deberán empastarse sus taludes. Su construcción al inicio puede ser con un diámetro inferior al diseñado. Posteriormente con las labores culturales se va raspando el talud de corte y depositando en el talud de relleno hasta alcanzar el diámetro proyectado. Si el trazo se realiza a curva de nivel con las labores culturales año tras año pueden formarse terrazas de huerto.

5 6 7 Melgas

a Trazo

Una vez obtenidas las dimensiones del ancho de la melga (B) y la altura (H) y ancho (b) de los bordos se procede a realizar el trazo localizando la línea de máxima pendiente como se hace en el trazo de terrazas y acequias. Se inicia con la ubicación de las estacas que indican la localización de los bordos superiores e inferiores y se utiliza el espaciamiento (B) como distancia entre bordo y bordo (ver figura No 5 40).

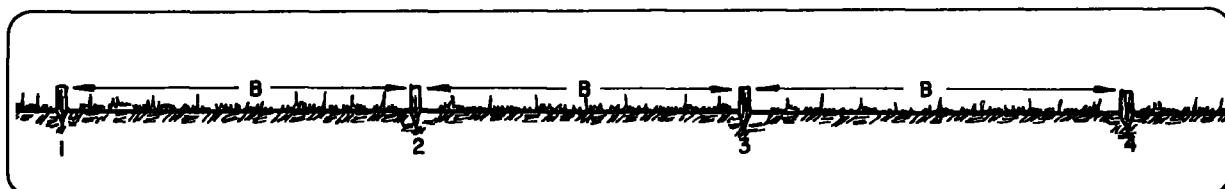


Figura No 5 40 Ubicación de estacas que indican los puntos de partida de los bordos

Con las estacas 1 2 3 4 definidas se traza hacia la derecha e izquierda de cada estaca las líneas que indicaran los centros de cada bordo ubicando estacas cada 5 metros con el mismo nivel de la estaca madre (ver figura No 5 41).

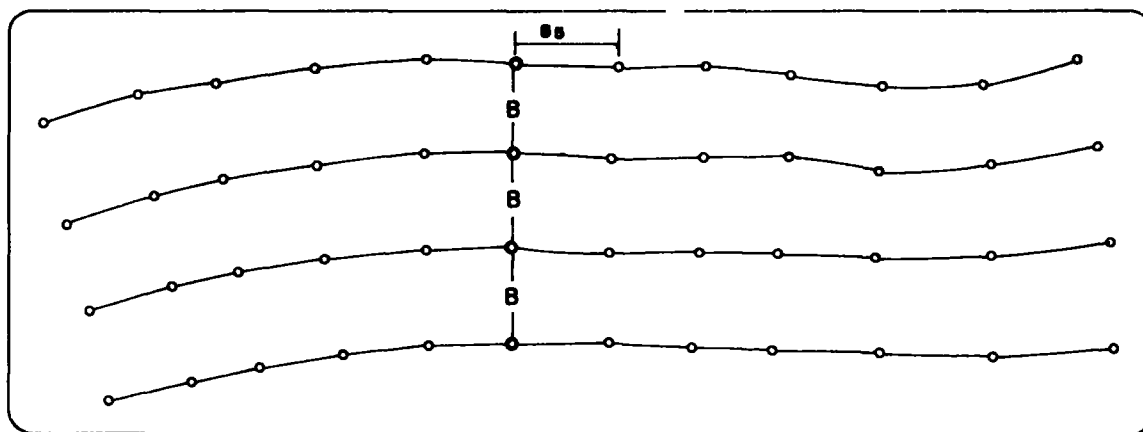


Figura No 5 41 Vista en planta de la metodología de trazo de las líneas que definen los bordos

b construcción

Una vez realizado el trazo se procederá la construcción. Si esta se realiza en forma manual se procederá como indicado en la figura No 5 42 a y b

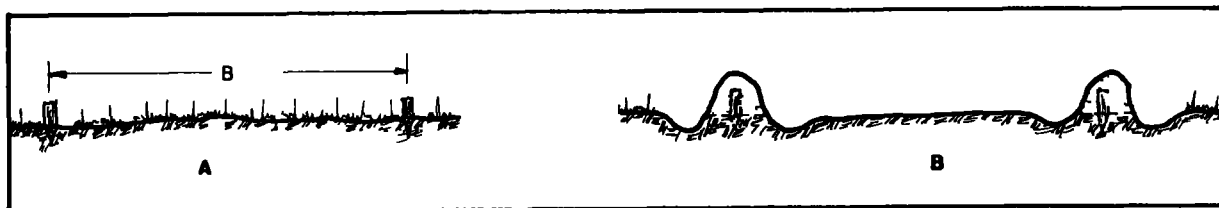


Figura No 42 Vista del procedimiento de construcción de los bordos de las melgas

Con una pala se recoge suelo de las orillas que definen el centro de la melga y se va acumulando y compactando el material hasta obtener las dimensiones de diseño como se muestra en la figura No 5 42

Si la construcción es con tractor y arado se procede igual que en la figura No 5 42 volteando suelo de arriba y de abajo de la estaca hasta formar un camellón con las dimensiones de diseño y compactando el material con las llantas del tractor

Si la construcción es con máquina de pala (niveladora u oruga) el procedimiento es muy similar la variante es que en este caso se raspa el suelo de distancias mas largas a la línea de centro del bordo. Realizando varias pasadas con este procedimiento se puede nivelar el área comprendida entre dos bordos y a la vez se le da forma a los bordos. Siempre se requiere compactar el material con las llantas de la máquina (ver figura No 5 43)

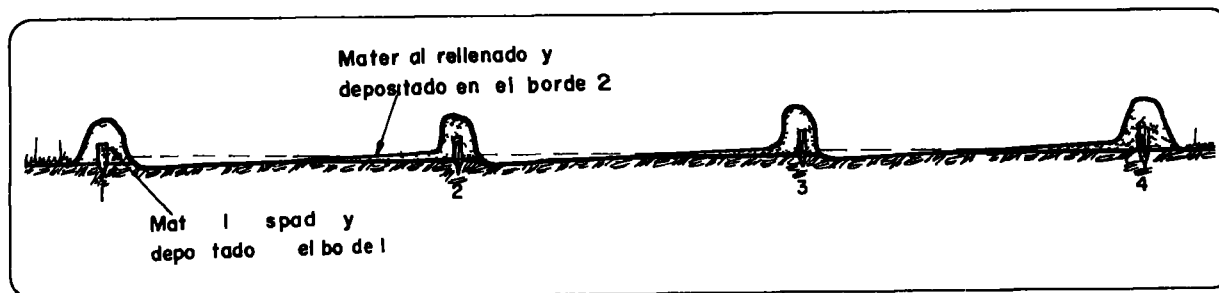


Figura No 5 43 Procedimiento de construcción de bordos y nivelación de melgas con máquina de cuchilla

BIBLIOGRAFÍA

- HUDSON N 1986 Soil Conservation London England Bt Batsford Ld 335p
- LEEDS HILL AND JEWET 1967 Flood Control Investigation Rio Reventado and Rio Tiribi
- PEACE CORPS (Estados Unidos) 1986 Soil Conservation Techniques for Hillside Farms Washington Estados Unidos 92p
- SUAREZ F 1982 Conservacion de Suelos IICA San Jose Costa Rica 289p
- TRACY F PEREZ J 1986 Manual practico de Conservacion de Suelos Proyecto de Manejo de Recursos Naturales Tegucigalpa Honduras 167p
- WISCHMEIER W SMITH D 1961 Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains Guide for selection of practices for soil and water conservation USDA Washington Estados Unidos Agr Handbook No 282

SEGUIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

6 1 EL PAPEL DEL SERVICIO DE EXTENSION AGRICOLA

En cada una de las ocho regiones definidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería se nombra un profesional contraparte del Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas. Este conservacionista regional tiene como función principal la de elaborar y ejecutar el Plan Regional de conservación de suelos en coordinación con los organismos e instituciones competentes del sector agropecuario regional y con el Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas.

El conservacionista regional es entonces el encargado de brindar el servicio de asistencia técnica en manejo y conservación de suelos específicamente en la región. Las acciones se plasman a través de los extensionistas de las agencias locales del MAG.

El extensionista por tanto es el agente clave de las acciones conservacionistas con los agricultores. No solo tiene como tarea la de motivar al agricultor sobre la importancia de manejar adecuadamente y conservar el recurso suelo en su finca (*ver párrafo 3.5*) sino que el prestará también el servicio de asistencia técnica en conservación de suelos donde se aplicaran las metodologías ya descritas.

El seguimiento de los trabajos es una fase muy importante de la asistencia técnica brindada por el extensionista. Durante esta fase habrá necesidad de reajustes, correcciones y de desarrollo de nuevas ideas para las cuales el agricultor requiere del apoyo firme del extensionista. En esta fase también se verán los primeros frutos de la conservación; el extensionista deberá poder explotar estos resultados para lograr mayor convencimiento del agricultor y llegar así a los agricultores vecinos.

Es importante que el trabajo del extensionista se vea reforzado con la integración de comités técnicos locales en donde van a formar parte los peritos bancarios, representantes de las cooperativas del IDA y de la Dirección General Forestal. Este comité técnico donde el extensionista tendrá el liderazgo permitirá realizar un trabajo con un enfoque integrado donde se complementarán la asistencia técnica, el crédito y el interés de los agricultores.

Será necesario el trabajo con grupos de agricultores ya que se facilitará su capacitación. Este trabajo grupal se podrá extender con juventudes rurales, clubes de amas de casa, escuelas y otros.

6 2 MANTENIMIENTO DE LAS PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS

La ejecucion del plan de mejoramiento de la finca consiste principalmente en la supervision tecnica por parte del Servicio Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas en la construccion y la buena voluntad del agricultor a utilizar su propia mano de obra. Los trabajos de conservacion deben ser integrados en lo posible con proyectos de desarrollo rural en lo que se refiere a la proteccion de caminos, fuentes, represas y obras publicas de conservacion.

La instalacion y mantenimiento de las estructuras y medidas de conservacion en las fincas de la asociacion de desarrollo rural o de la cooperativa o incluso a fincas particulares normalmente involucra areas grandes donde la colaboracion de todos los agricultores es indispensable para lograr el manejo integrado de escorrentia a nivel de microcuenca y para aportar el esfuerzo colectivo en la construccion y mantenimiento de las obras.

Las autoridades de la municipalidad deben asumir la responsabilidad de conseguir incentivos para activar a los agricultores bajo la forma de subsidios, impuestos, alivios y facilidades de credito en las mejores condiciones.

Las obras realizadas deben ser chequeadas periodicamente para su mantenimiento antes de la epoca de lluvia para asegurar que funcionen eficiente y efectivamente segun su capacidad disenada.

En los capitulos 4 y 5 se describen los requerimientos para mantener cada practica u obra de manejo y conservacion de suelos y aguas.

6 3 RECOPIACION Y EVALUACION DE LA INFORMACION GENERADA EN EL CAMPO

El Anexo 10 muestra la forma para registrar la informacion de las obras realizadas en conservacion y manejo de suelos y agua en aspectos de finca. El anexo incluye la informacion sobre la construccion de estructuras, de desviacion de agua, represa de tierra, practicas agroconservacionistas y practicas de manejo de suelo. La informacion incluye lo que dura la ejecucion de las practicas (dias-hombres), lo cual es un parametro importante para evaluar el costo del proyecto.

Los puntos o datos relevantes por tomar para la evaluacion de las practicas de conservacion establecidas son:

6 3 1 Datos meteorologicos

El registro de duracion e intensidad maxima de lluvia para la estacion meteorologica mas cercana confirmara si se ha causado dano a las estructuras de conservacion. Calculando la cantidad de escorrentia, las dimensiones de las estructuras deberan ajustarse para tener capacidad adecuada a fin de manejar la escorrentia.

6 3 2 Profundidad de agua actual

Es esencial medir la profundidad de agua en los canales de las estructuras de conservacion despues de los eventos de alta intensidad Si ha ocurrido desbordamiento de agua sobre los taludes del canal significa que el canal no esta disenado adecuadamente y que esta subdimensionado

6 3 3 Erosion entre las estructuras

Cuando hay erosion laminar entre las estructuras se debe sembrar el espacio entre ellas con una cubierta vegetal densa o reducir el espaciamiento

6 3 4 Causa del daño ocurrido

La evaluacion del funcionamiento de las estructuras incluye la causa del dano Por ejemplo la falta de mantenimiento de las estructuras reduce la capacidad de retener o desviar el exceso de agua

El valor del coeficiente de escorrentia C puede aumentar hasta ciento por ciento cuando el perfil de suelo esta muy saturado con agua y cuando la infiltracion esta reducida por la presencia de un subsuelo impermeable

Esa situacion puede ocurrir en periodo continuado de lluvia de muy larga duracion

6 3 5 Incremento de la productividad de la tierra

El objetivo principal de la conservacion y del manejo de los suelos no solo es proteger la tierra sino aumentar su productividad Para evaluar esto el agricultor junto con el extensionista anotara el incremento de rendimiento de los cultivos que se produce por el buen manejo de suelos

Tambien se describiran en detalle las practicas de manejo realizadas (*vea Anexo 10*) en los distintos sectores de la finca con lo cual se mantendra el historial de estos Los resultados (rendimiento y problemas especificos encontrados) despues del primer cultivo permitan ajustar el plan de manejo y eventualmente obligaran a usar practicas de manejo mas intensivas como por ejemplo el uso de mulch importado en el campo Este continuo reajuste de las medidas de manejo permitira mejorar la capa fertil del suelo y alcanzar la maxima productividad de la tierra

6 4 RETROALIMENTACION

Para el Servicio Nacional de Conservacion de Suelos y Aguas es de suma importancia contar con los historiales de las fincas antes de la aplicacion de los sistemas de conservacion de suelos y despues de ella

La informacion permite la retroalimentacion del banco de datos y de las normas tecnicas usadas por el Servicio

A la luz de esta informacion se podran analizar mas a fondo las practicas u obras que son mas efectivas en determinada zona y para determinado sistema de cultivo Tambien sera necesario el disenio de nuevas practicas y de nuevos sistemas integrados de conservacion para la adaptacion cada vez mas fina de la tecnicas propuestas a la realidad de las fincas y de los agricultores

BIBLIOGRAFIA

- MAG FAO 1989 Borrador del Plan Nacional de Conservacion de Suelos 1990-2000 MAG SEPSA
FAO San Jose Costa Rica 50 p
- SENACSA MAG FAO 1989 Consulta Internacional Para Elaborar el Plan Nacional de Conserva
cion de Suelos 6-11 febrero 1989 Documento y Actas San Jose Costa Rica Tomo I II III IV
- SUAREZ F 1982 Conservacion de Suelos IICA San Jose Costa Rica 289p
- TRACY F PEREZ J 1986 Manual practico de Conservacion de Suelos Proyecto de Manejo de
Recursos Naturales Tegucigalpa Honduras 167p

ANEXO 1 LISTA DE LAS MEDIDAS DE CONSERVACION SEGUN CODIGO

CODIGO	NOMBRE DE LA PRACTICA	UNIDAD DE MEDIDA
0101	Levantamiento Topografico	Has
0102	Estudios de Suelo	Has
0103	Planificación Conservacionista de Fincas	Has.
0201	Canal de Guardia	Mts
0202	Acequias de Ladera	Mts
0203	Terrazas de Huerto	Mts
0204	Terrazas de desviacion	Mts
0205	Muros de piedra	Mts
0206	Via de agua empastada	Mts
0207	Caminos de acceso y drenaje	Mts
0208	Cortinas rompevientos	Mts
0209	Surcos en contorno en pastizales	Mts
0210	Establecimiento de cercas	Mts
0301	Canal de desviacion	Mts
0302	Estanque de agua	Mts Cub
0303	Represa de agua	Mts Cub
0304	Diques en contorno (melgas)	Mts
0305	Canal de infiltracion	Mts
0306	Terraza de banco	Mts
0307	Terraza individual	Unidad
0401	No Labranza	Has
0402	Labranza minima	Has
0403	Labranza profunda	Has
0404	Roturacion profunda	Has
0405	Labranzas superficiales (reducidas)	Has
0406	Labranza en contorno	Has.
0407	Siembra en contorno	Has
0408	Barreras vivas	Mts
0409	Barreras muertas	Mts
0410	Rotacion de cultivos	Has.
0411	Cultivos intercalados	Has.
0412	Cultivos en fajas	Has.
0413	Apartos para pastoreo en rotacion	Has
0414	Cobertura muerta (mulching)	Mts
0415	Cultivo de cobertura	Has
0416	Barbecho mejorado	Has
0417	Sistemas agroforestales	Has
0418	Enmiendas organicas animales	Has
0419	Compost	Mts cub
0420	Abono verde	Has.
0421	Fertilizacion y enmiendas minerales	Kg/Ha
0501	Control de carcavas	Has
0502	Control de deslizamiento	Has
0503	Control de inundacion	Has
0504	Rectificacion de estructuras de conservacion	Mts
0505	Labranza para drenaje	Has
0601	Toma de agua	Unidad
0602	Desaguadero por caneria	Mts
0603	Desaguadero lateral	Mts
0604	Muros de contencion (o saltos)	Unidad
0605	Aprovechamiento de manantial	Unidad
0606	Sistema deiego	Mts
0607	Ubicacion de bebederos	Unidad

ANEXO 2: SOLICITUD OFICIAL DEL AGRICULTOR

Fecha _____ 198 _____

Nombre de finca o propietario _____

Código finca | _ | _ | _ | _ | _ | _ |

A. PEDIDO PARA LA ASISTENCIA TÉCNICA 1/

- | | |
|--|---|
| <p>1 Levantamiento de campo para desarrollar</p> <p>a) Un mapa topográfico ()</p> <p>b) Un mapa agrológico ()</p> <p>c) Un plan para la conservación de agua ()</p> | <p>d) Un plan de sistematización de la finca para</p> <p>i) Control de escorrentía ()</p> <p>ii) riego y drenaje ()</p> <p>iii) ()</p> |
| <p>2 Sistematización de campo para</p> <p>a) Control de erosión ()</p> <p>b) Riego y drenaje ()</p> | <p>c) Control de inundación ()</p> <p>d) Recuperación de Tierra degradada ()</p> |
| <p>3. Asesoramiento sobre el manejo de suelo por</p> <p>a) Uso de fertilizantes o enmiendas ()</p> <p>b) Rotación de cultivos ()</p> | <p>c) Uso de materia orgánica ()</p> <p>d) cultivos de cubierta o en franjas ()</p> <p>e) otros ()</p> |

Firma y fecha _____

Agricultor o propietario Extensionista a cargo Aprobado Director del Servicio

DIRECCION: _____

Teléfono: _____

Teléfono 55-18-50

B. DESCRIPCION DE LA FINCA: (Has.)

- | | | |
|--|---|---|
| <p>1 Ubicación _____</p> <p style="text-align: center;">(aldea o barrio)</p> | <p>Distancia: (Ciudad más Cercana) _____</p> | <p>Zona o distrito _____</p> |
| <p>2. Topografía:</p> <p>plana ()</p> <p>ondulada ()</p> <p>quebrada ()</p> | <p>3. Suelos</p> <p>superficial ()</p> <p>muy profundo ()</p> <p>profundo ()</p> | <p>4. Vegetación o uso</p> <p>barbecho ()</p> <p>al presente ()</p> <p>pasto de _____ ()</p> <p>cultivo de _____ ()</p> |
| <p>5. Rotación de cultivos</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Invierno - Verano</p> | <p>6. Problemas de suelos y agua</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | |

C. REGLAMENTOS:

- El Propietario de la finca debe ser responsable
- a) Consentir el mantenimiento de las estructuras construídas sin modificarlas para que se logre su funcionamiento para que la conservación de suelos y aguas sea lograda.
 - b) Completar las obras complementarias según la instrucción recibida del Servicio.
 - c) Informar al Servicio sobre los resultados de la asistencia técnica y expresar sus comentarios
- 1/ El Proyecto no es responsable por las consecuencias adversas causadas por la negligencia del propietario al no cumplir los deberes técnicos en la aplicación de las prácticas de conservación y manejo de suelos y aguas

ANEXO 3: EJEMPLO DE FORMULARIO PARA ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

SERVICIO NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELO Y AGUA FORMULARIO PARA ANALISIS DE COSTO — BENEFICIO

A. Gastos de Producción de Cultivos

Cultivo	Superficie		Ha.	Mz.	Cultivo	Superficie		Ha.	Mz.
	Unidad de Medida	Cantidad				Valor Unitario	Valor Total		
Costos Directos									
Mano de Obra									
Familiar	Jornal								
Contratada	Jornal								
Insumos									
Semilla									
Fertilizantes									
Pesticidas									
Costos Indirectos									
Alquileres									
Intereses									
Seguros									
Transporte									
COSTO TOTAL									

B. Producción Agrícola

Ingreso y destino de la producción (5)

Cultivo 3)	Mes		Area 1)		Unidad 2)	Producc. Vendida		Producc. Consumida		Valor Total
	Siembra	Cosecha	Mz	Ha.		Cantidad	Valor	Cantidad	Valor 4)	
Total										
Otros Ingresos	Alquiler Maquinaria									
	Alquiler Tierras									
	Alquiler Animales									
	Otros									
TOTAL										

1) Marcar con X si es Ha o Ha.

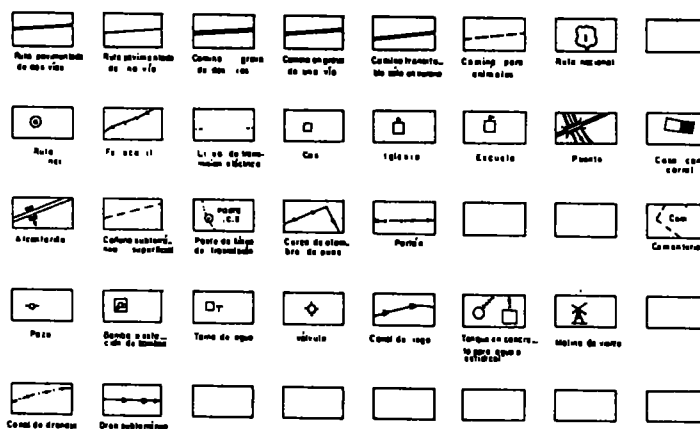
2) En Kg. fanegas, sacos, cargas, etc.

3) En caso de dos siembras anotarlas por separado

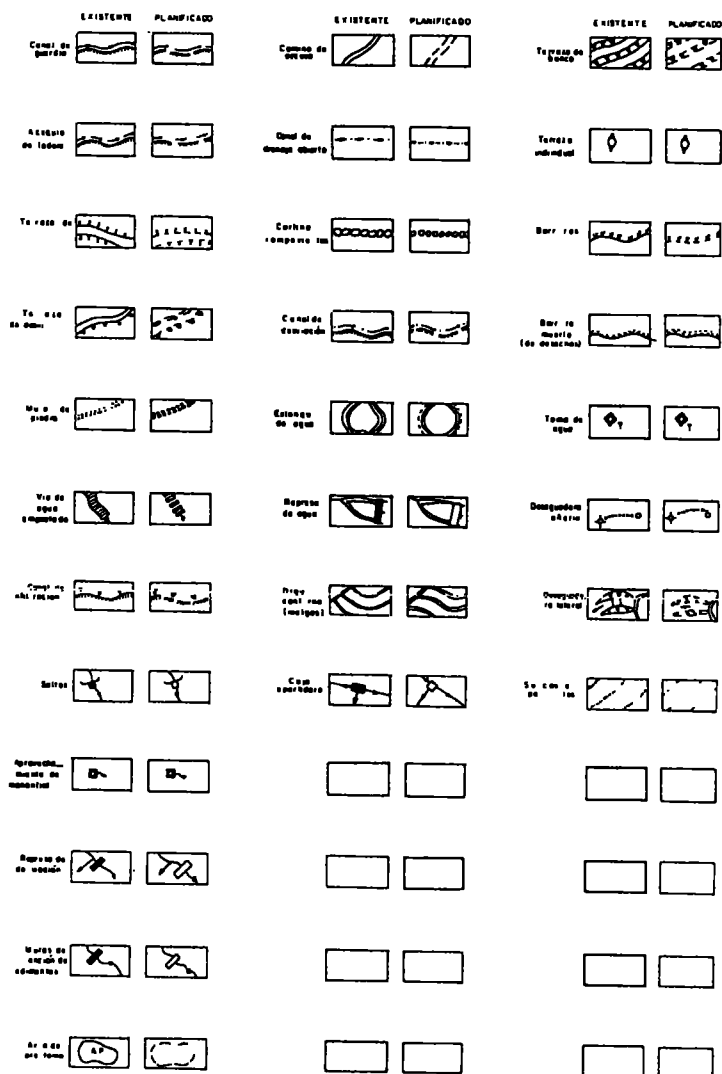
4) Se valora a precio de mercado y se estima en oficina

5) Periodo Agrícola pasado

5.2 INFRAESTRUCTURA FISICAS



5.3. PRACTICAS DE MANEJO AGROCONSERVACIONISTA



ANEXO 5

PROCEDIMIENTOS PRACTICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA A NIVEL DE FINCA

Para la planificación conservacionista a nivel de finca es recomendable tener un estudio detallado de suelos, lo cual significa que se harán por lo menos una observación cada 2 ha.

Este trabajo deberá ser efectuado por un especialista de suelos⁴). En caso de no disponer de especialista, el extensionista prodecerá de la siguiente forma.

El técnico conservacionista hará con el agricultor un recorrido por la finca o área a tratar, y procederá a marcar el mapa base⁵) según el siguiente procedimiento:

- 1- Dividirá la finca o área a tratar en secciones que tengan igual rango de pendiente, de acuerdo con el cuadro (xxxxxxx) de la Metodología de Capacidad de Uso de la Tierra. Por ejemplo: < 8%, < 15%, < 30%. Para esto se puede utilizar un clinómetro o un nivel de mano.

A cada una de las secciones así identificadas, se les asignará una letra mayúscula: A, B, C, D, etc. (Ver figura 5.1).

- 2- Una vez dividida la finca o área a tratar en las diferentes clases de pendiente, se procederá a evaluar los demás parámetros en los diferentes sectores: erosión sufrida, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, toxicidades, drenaje, riesgo de inundación, zonas de vida, período seco, neblina y viento

- 3- En cada sección se harán un mínimo de 2 observaciones completas o evaluaciones por hectárea. Una observación completa debe permitir la categorización de los 7 parámetros arriba mencionados (Ver fig No.5.2).

- 4- Para realizar una observación completa, el extensionista escogerá un punto representativo para una área de 0.5 ha. y procederá de la siguiente manera:

- a- Determinará el grado de erosión, la pedregosidad y el riesgo de inundación de esta pequeña área, usando los criterios definidos en el párrafo 3.1.6.

- b- Procederá a evaluar los parámetros del suelo, para lo cual se requiere observar el perfil y sus capas. Este se realiza con un barrero o un palín para hacer un hueco. Se perforará hasta que aparezca alguna capa que impida la penetración de las raíces de los cultivos, como suelen ser rocas, gravas, capas endurecidas, y así se determinará la profundidad efectiva. El drenaje, la textura superficial y del subsuelo se determinan también, según los criterios definidos en el párrafo 3.1.6.

- c- Cada observación completa se anota sobre una hoja (ver machote adjunto, cuadro 5.1, y el ejemplo, cuadro 5.2), con la referencia del punto anotado sobre el mapa base de capacidad de uso.

- 5- Cuando se han completado todas las observaciones, se procede a definir para cada observación la unidad de capacidad de uso. (Ver figura No. 5.3).

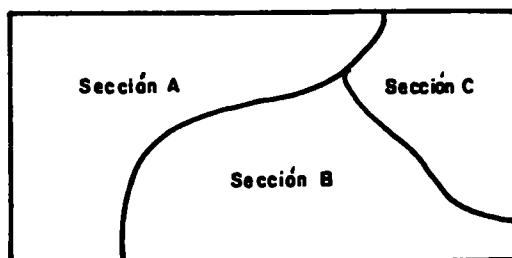
- 6- Seguidamente, se procede a agrupar sobre el mapa las áreas que corresponden a las mismas unidades de capacidad de uso para obtener así el mapa de capacidad de la finca. (Ver figura No. 5.4).

⁴ La Dirección de Planificación del Uso de la Tierra, dispone de un Departamento de Cartografía.

⁵ Ver párrafo 3.2.2.

PENDIENTE

- A 15-30 % IVe₁
 B 3-8 % IIe₁
 C 30-60 % VIe₁

**AREA 3 Has**

- A 1.0 Has
 B 1.5 "
 C 0.5 "

FIG 5.1 División del área a tratar en clases de pendiente, representadas por A, B y C

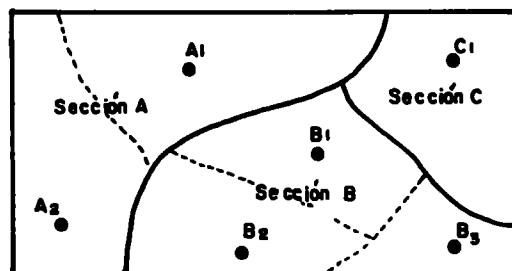


FIG 5.2 Ubicación de las observaciones o puntos de muestreo en las 3 secciones de pendiente (1 cada 0.5 Has) Con sus respectivos áreas de influencia (líneas fraccionadas)

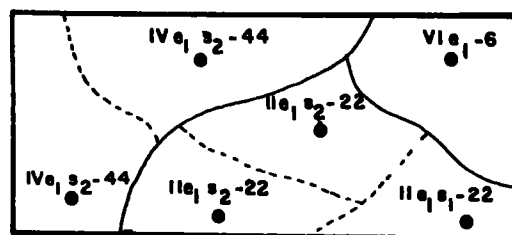


FIG.5.3 Definición de la unidad de capacidad de uso para cada punto de muestreo

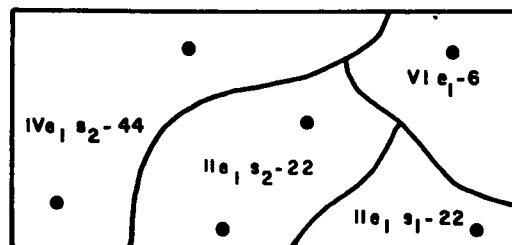


FIG.5.4 Delimitación de las unidades de capacidad de uso, por unión de áreas con la misma capacidad de uso.

CUADRO 5.1

200

Provincia: _____ Dirección Regional M.A.B. _____

Cantón _____ Agencia de extensión: _____

Distrito: _____ **Técnico Senacsa** _____

[illegible]

CUADRO 5 2

Código de la finca	00 34 1	Provincia	GUANACASTE	Dirección Regional M.A.G.	PACIFICO SECO
Propietario	JUAN SANCHEZ O.	Cantón	LIBERIA	Agencia de extensión	LIBERIA
Superficie total	11 ha	Distrito	CANAS DULCES	Técnico Senacsa	X X X

[illegible]

ANEXO 6

SERVICIO NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Acuerdo realizado en fecha ./ ./

entre:

El agricultor o
asociación o "usuario"
y el Servicio
Nacional del técnico

Nombre (. .) Firma (. .)

Nombre (. .) Firma (. .)

Ambas partes suscriben la presente carta específica que regirá las siguientes cláusulas:

PRIMERA. Objetivo
La ejecución del Plan de Conservación y Manejo de Suelos y aguas en la finca.

SEGUNDA. De las responsabilidades del Servicio de Conservación

- i. El Servicio dará la asistencia técnica en la implementación y el seguimiento del Plan de conservación y manejo de los suelos en la finca.
- ii. La factibilidad del uso de la maquinaria del Servicio en la finca será decidida por el especialista del Servicio.
- iii.
- iv

TERCERA. De las responsabilidades del usuario

- i. El usuario se compromete a participar físicamente a la ejecución de todo el Plan.
- ii. Suministrará la mano de obra necesaria para la ejecución oportuna del Plan.
- iii. Si fuera el caso, proveerá el combustible necesario para la operación de la maquinaria así como un lugar seguro bajo techo para ésta (galpón).
- iv. Registrará todos los datos según las instrucciones del Servicio, lo cual facilitará la evaluación real de las obras de conservación y manejo realizadas.
- v. Mantendrá constantemente las obras establecidas.
- vi. Permitirá que las obras en su finca sirvan para la capacitación de otros agricultores y técnicos.
- vii.
- viii.

ANEXO 7

SISTEMA DE CLASIFICACION DE FERTILIDAD DEL SUELO (FCC) (FERTILITY CAPABILITY CLASIFICATION, BUOL Y SANCHEZ, 1975.)

A. *El sistema FCC*

Este sistema está compuesto de tres categorías: tipo de textura de la capa superior del suelo, tipo de substrato (textura del subsuelo) y 15 modificadores, incluyendo varios cambios de la versión original (Buól y Sanchez, 1975), lo cual conllevó a esta segunda aproximación. Las clases dentro de cada nivel de categoría se definen líneas abajo. La combinación de los tres niveles de categoría forman una unidad de sistema FCC.

B. *Tipo*

Se refiere a la textura de la capa arable o de los 20cm del suelo, cualesquiera de los dos sea más superficial.

- S: Capa superior del suelo arenosa: arenas francas y arenas (por la definición del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).
- L: Capa superior del suelo franca: < 35 % de arcilla pero no incluye arena franca o arena.
- C: Capa superior del suelo arcillosa: > 35% de arcilla.
- O: Suelos orgánicos: > 30% de materia orgánica hasta una profundidad de 50 cm o más.

C. *Tipo de substrato (Textura del subsuelo)*

Se emplea solamente cuando existe un cambio de textura marcado a partir de la superficie, o si se encuentra una capa dura que impide el crecimiento de las raíces de los primeros 50 cm del suelo.

- S: Subsuelo arenoso: textura similar al del tipo.
- L: Subsuelo franco: textura similar al del tipo.
- C: Subsuelo arcilloso: textura similar al del tipo.
- R: Roca u otra capa dura que impide el desarrollo de las raíces.

D. *Modificadores*

Cuando se indica más de un criterio para cada modificador, solo uno necesita ser conocido. El criterio que se menciona en primer lugar es el deseable y debería emplearse si los datos están disponibles. Los otros criterios siguientes se presentan para casos en que no sea posible cuantificar el primer criterio.

- g: (gley): suelo o moteadura con un chroma < 2 dentro de los 60 cm de la superficie del suelo y debajo de todos los horizontes A, o suelo saturado con agua durante > 60 días en la mayoría de los años.
- d: (seco): regímenes de humedad del suelo ústicos, arídicos o xéricos (sub-suelo seco > 90 días acumulativos por año, entre 20 a 60 cm de profundidad), o estación seca pronunciada mayor de 3 meses.
- e: (baja capacidad de intercambio catiónico): se aplica sólo a la capa arable o a los 20 cm superficiales, el que sea más superficial: CICE < 4 meq/100 gr de suelo determinado por la suma de bases + aluminio extraído por 1N KC1 (CIC efectiva), o CIC < 7 meq/100 gr de suelo determinado por la suma de cationes a pH 7 o CIC < 10 meq/100 gr de suelo por suma de cationes + Al + H a pH 8.2.
- a: (toxicidad de aluminio): > 60% CIC efectiva saturada con Al en los primeros 50 cm de la superficie del suelo, o > 67% de la CIC saturada con acidez, determinada por la suma de cationes a pH 7 en los 50 primeros cm de la superficie del suelo, o 86% de la CIC saturada con acidez, determinada por la suma de cationes a pH 8.2 en los primeros 50 cm o un pH en H₂O (1:1) < 5.0 en los primeros 50 cm, excepto en suelos orgánicos en donde el pH debe ser menos de 4.7
- h: (ácido): 10-60% de la CIC efectiva saturada con Al en los 50 cm de la superficie del suelo, o pH en H₂O (1:1) entre 5.0 y 6.0.
- i: (alta fijación de P por hierro): relación % Fe₂O₃ libre 1% de arcilla > 0.15 y más de 35% de arcilla, o matices de 7.5 YR o más rojos y estructura granular Este modificador se emplea sólo en los tipos arcillosos (C); se aplica solamente a la capa arable o a los 20 cm de la superficie del suelo, cual sea más superficial.

- x: (minerales amorfos): pH > 10 en NaF 1N o prueba de NaF positiva en el campo, ú otras evidencias indirectas de dominantes del alófono en la fracción arcillosa.
- v: (vertisol): arcilla plástica muy pegajosa: > 35% de arcilla y > 50% de arcilla expandibles 2:1, o fuerte contracción y expansión de la capa superior del suelo.
- k: (bajas reservas de K): < 10% de minerales meteorizados en la fracción limo y arena de los 50 cm superficiales del suelo, o un contenido de k intercambiable < 0.20 meq/100 gr o K < 2% de la suma de bases; si las bases son < 10 meq/100 gr
- b: (reacción básica): CaCO₃ libre dentro de los primeros 50 cm del suelo (efervescencia con HCl), o pH < 7.3.
- s: (salinidad): > 4 mmhos/cm de conductividad eléctrica del extracto de saturación a 25 oC dentro del primer metro de profundidad del suelo.
- n: (sódico): > 15% de la CIC saturada con Na dentro de los 50 cm superficiales del suelo.
- c: (cat. clay): pH H₂O (1.1): < 3.5 después de secado y suelo moteado con jarosita de matices de 2.5 y o más amarillos e intensidades de 6 o más, presentes dentro de los 60 cm de la superficie del suelo.
- r: (grava): una virgulilla (,) denota 15-35% de grava o de partículas más gruesas (> 2 mm) por volumen en cualquier tipo de textura o substrato (ejemplo: S'L gravoso, arena sobre franco; SL, arenoso sobre franco gravoso); dos virgulillas (") denotan más de 35% de grava o partículas más gruesas (> 2 mm) por volumen en cada tipo de textura o tipo de substrato (ejemplo: LC", franco sobre arcilloso esquelético. LC", franco gravoso sobre arcilloso esquelético).
- %: (pendiente): cuando es deseable indicar la pendiente del suelo en el sistema FCC, la pendiente en % puede ser colocada entre paréntesis después del último modificador condicionante (ejemplo: Sb (1-6%): suelo uniformemente arenoso calcáreo, con 1-6% de pendiente).

Los suelos son clasificados de acuerdo con estos parámetros, y se determina si la característica está presente o no. La mayoría de los límites cuantitativos son criterios presentes en la taxonomía de EE.UU. Las unidades FCC enumeran el tipo de textura y el tipo de substrato (si es diferente) en mayúsculas, y los modificadores en minúsculas, el modificador de grava como virgulilla (') y la pendiente, si se desea, entre paréntesis. Por ejemplo, muchos Oxisoles pertenecen a la categoría FCC C a e i k (esto significa un suelo arcilloso, con toxicidad de Al), baja CIC, alta fijación de P por el fierro, bajas reservas de K). Muchos vertisoles pertenecen a la categoría C d v b (esto significa suelo arcilloso, estación seca, vertisol, calcáreo), mientras que un Entisol aluvial sin limitaciones de fertilidad está simplemente clasificado como L (suelo franco). La ausencia de modificador sugiere que no existe mayor limitación de fertilidad, salvo deficiencia de nitrógeno.

E. Interpretación de la nomenclatura FCC

Hasta ahora, sólo se ha discutido el Sistema FCC y los criterios para colocar suelos dentro del Sistema. La clasificación no constituye un fin. Toda clasificación tiene que transmitir información útil. Hasta el momento, no ha sido posible verificar todas las interpretaciones posibles de categorías FCC, pero algunas de las interpretaciones pertinentes están presentadas aquí. La presentaciones son breves y quizás no reflejan la totalidad de las interpretaciones deseables.

Están escritas en términos no técnicos para que los usuarios de los informes de análisis de suelos puedan entenderlas fácilmente. Tratan de llamar la atención de los usuarios sobre las mayores limitaciones que se encontrarán dentro de una categoría FCC.

1 Interpretación de los tipos de textura y de los tipos de substratos

- S: Índice de infiltración alto, baja capacidad de retención del agua.
- L: Índice mediano de infiltración, buena capacidad de retención del agua, capacidad mediana de infiltración.
- C: Índice bajo de infiltración, buena capacidad de retención del agua, alta escorrentía potencial si es inclinado, labranza difícil; cuando el modificador "i" está presente, estos suelos (Ci) son fáciles de labrar, tienen altos índices de infiltración y baja capacidad de retención de agua.
- O: El drenaje artificial es necesario (excepto para arroz) y se producirá una pérdida de suelo por oxidación de la materia orgánica; posibles deficiencias de micro-elementos, generalmente se requieren fuertes cantidades de herbicidas.

SC, Susceptibles a una severa degradación del suelo por erosión.
 LC, dejando expuesto al subsuelo lo cual no es deseable; se
 LR, tendría que dar una alta prioridad al control de la erosión.
 SR,

2. Interpretación de los modificadores

Si sólo un modificador está incluido en la categoría FCC, las limitaciones siguientes o requisitos de manejo son aplicables. Las interpretaciones pueden diferir cuando dos o más modificadores están presentes simultáneamente o cuando los tipos de textura son diferentes.

- g: Las operaciones de labranza y ciertos cultivos pueden ser afectados.
- d: La humedad es limitante durante la estación seca si el suelo no se irriga; la fecha de siembra tendría que tomar en cuenta la fuerte mineralización del N al comienzo de las lluvias; los problemas de germinación se presentan frecuentemente cuando las primeras lluvias son esporádicas.
- e: Baja capacidad de retener elementos nutritivos para las plantas contra la lixiviación, sobre todo en los casos de K, Ca y Mg; niveles altos de aplicación de estos elementos nutritivos y de fertilizantes nitrogenados tendrían que hacerse en forma fraccionada; peligro potencial de encalado excesivo.
- a: Las plantas sensibles a la toxicidad del Al serán afectadas si no se hace un encalado; la extracción de agua debajo de la profundidad de la incorporación de cal será restringida por falta de desarrollo radicular; las necesidades de cal serán altas, salvo cuando se indica también el modificador e; el modificador a es deseable para una rápida disolución de las rocas fosfatadas; la toxicidad del Mn puede ocurrir en alguno de éstos suelos.
- h: Acidez del suelo baja a mediana; se requiere encalado en el caso de los cultivos sensibles a Al, como algodón y alfalfa.
 Alta capacidad de fijación de P, se requiere altas cantidades de fertilizante fosforado o prácticas especiales de manejo del fósforo; las fuentes y el método empleado en la aplicación del fertilizante fosforado tienen que ser considerados con cuidado; en los suelos C (>35% de arcilla en la capa superficial), estos suelos tienen una estructura granular
- x: Alta capacidad de fijación de P; la cantidad y la fuente más conveniente de P tiene que ser determinada; bajos índices de mineralización del N orgánico.
- v: Capa superior del suelo de textura arcillosa con propiedades de contracción y expansión; la labranza es difícil cuando es demasiado seco o demasiado húmedo, pero los suelos pueden ser altamente productivos; deficiencias de N y P son comunes.
- k: Baja capacidad de suministro de potasio; la disponibilidad de K tendría que ser controlada y los fertilizantes potásicos serán muchas veces necesarios; pueden presentarse desequilibrios entre K, Mg y Ca.
- b: Suelos calcáreos; debe evitarse roca fosfatada y otros fosfatos no solubles en agua; deficiencia potencial de ciertos micro-elementos, principalmente hierro y zinc.
- s: Presencia de sales solubles; requerimiento de drenaje y manejo especial en el caso de los cultivos sensibles a las sales; es importante el uso de variedades tolerantes a las sales.
- n: altos niveles de sodio; requerimiento de prácticas especiales de manejo y de suelos alcalinos, incluyendo el uso de enmiendas como el yeso y drenaje.
- c: Suelo potencialmente ácido sulfatado; no se recomienda el drenaje sin prácticas especiales; se tendría que manejar con plantas tolerantes a un alto nivel de napa freática.

Empleando las normas individuales para cada tipo de textura, tipo de sustrato y modificadores, es posible preparar guías de interpretación para todas las categorías FCC. Es posible tener mejores interpretaciones, cuando se consideran dos o más condiciones del suelo. No existe la necesidad de una lista completa de todas las combinaciones posibles porque solo se encontrará un número limitado de unidades FCC en cualquier área considerada. Al nivel local, sin embargo, la interpretación de las categorías FCC encontradas en relación con los cultivos principales y los sistemas de cultivo específicos utilizados, es una herramienta de extensión valiosa.

El Servicio Nacional de Conservación de Suelos elaboró una matriz de interpretación de las asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica según la clasificación FCC. La información está disponible a través del Banco de Datos RNCR del Servicio.

ANEXO 8: ESPECIFICACIONES Y FORMULAS AMPLIADAS

ANEXO NO. 8.1 CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS OBRAS FISICAS: UN EJEMPLO

Para la introducción de sistemas físicos equilibrados y para conocer las dimensiones necesarias de las obras de conservación se deben tomar en cuenta los siguientes factores (véase párrafo 5.5):

- La topografía (pendiente, distancia entre obras, relación de los taludes)
- El suelo (textura, infiltración y escorrentía, profundidad, relación de los taludes, gradiente de las obras y velocidad permisible del agua)
- El cultivo (distancias entre obras, agua de escorrentía e infiltración, desprendimiento de las partículas del suelo)
- El clima (intensidades de las lluvias, épocas secas)

Estos factores determinan los tipos de obras factibles y son incluidos en las fórmulas con las cuales se estiman los caudales generados por el agua de escorrentía, con las mismas se calculan por ejemplo el radio hidráulico de una zanja de ladera y sus dimensiones (profundidad, ancho). Estas formulas son:

La fórmula racional: $Q = \frac{CIA}{360}$ (párrafo 5.5.1)

La fórmula de continuidad (en canales): $Q = va$

En donde: a = el área de sección transversal del canal
 v = velocidad (permisible) del agua en el canal

La fórmula de Manning: $v = \frac{(R)^{2/3} g^{1/2}}{n}$ (párrafo 5.5.1)

Ejemplo de cálculo

Datos: Area de vertiente: 2 ha
 Suelo: textura franco arcillosa
 Uso de la tierra: pastos
 Pendiente: 30%
 Lluvias: la intensidad para el tiempo de concentración de 10 minutos es: $I_{10} = 100\text{mm/hora}$

Se quiere construir un canal de guardia de sección trapezoidal, para la protección de una finca de café.

Cálculo:

- Caudal $Q = \frac{0.65 \times 100 \times 2}{360} = 0.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$

($c = 0.65$ según pendiente, uso, textura del suelo, véase tabla No.5.2)

- $Q = va$ $v = 0,8 \text{ m/seg (permisible)}$

$$a = \frac{Q}{v} = \frac{0,36}{0,8} = 0,45 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{(R)^{2/3} g^{1/2}}{n}$$

$$n = 0,025 \text{ (suelo)}$$

$$g_{\text{max}} = 0,003 \text{ m/m}$$

$$R^{2/3} = \frac{vn}{g^{1/2}} = 0,365 \text{ m}$$

$$R = 0,22$$

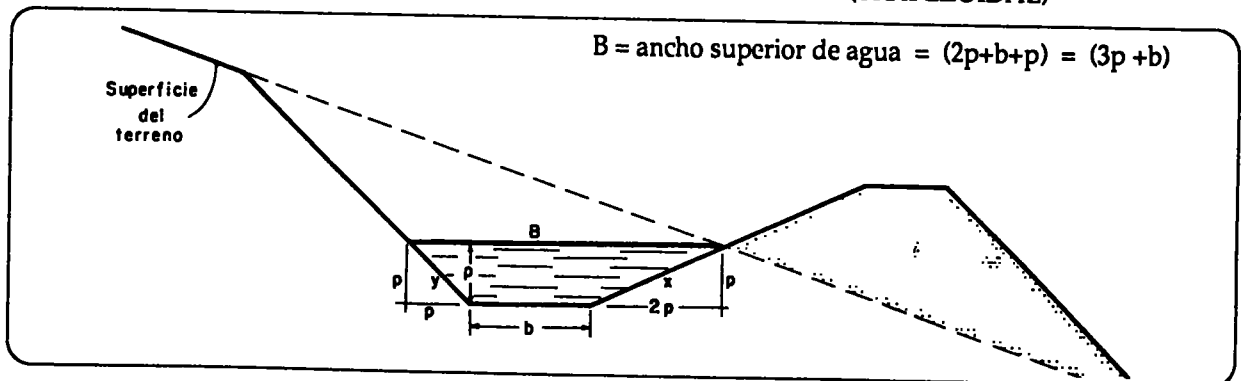
$$R = \frac{a}{p} \text{ (área transversal)} \\ \text{(perímetro mojado)}$$

$$P = 2,05 \text{ m}$$

El talud superior (T_s) tiene la relación 1:1 ($Z = p:p = 1$)

El talud inferior (T_i) tiene la relación 2:1 ($Z = 2p:p = 2$)

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL DE GUARDIA (TRAPEZOIDAL)



Área transversal $a = 0,5p (B + b)$

$$= 0,5p (3p + b + b)$$

$$= 1,5 p^2 + bp = 0,45 \text{ (1)}$$

Perímetro mojado $P = x + b + y$

$$= \sqrt{2p^2 + p^2} + b + \sqrt{p^2 + p^2}$$

$$= 3,14p + b = 2,05 \text{ (2)}$$

y entonces: $b = 2,05 - 3,14p \text{ (3)}$

Sustituir (3) en (1)

$$1,5p^2 + 2,05p - 3,14p^2 - 0,45 = 0$$

$$-1,64p^2 + 2,05p - 0,45 = 0$$

$$p_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \begin{aligned} D &= b^2 - 4ac = 1,25 \\ \sqrt{D} &= 1,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_1 &= 0,28 \text{ m} & y & & b_1 &= 1,16 \text{ m} \\ p_2 &= 0,97 \text{ m} & y & & b_2 &= -0,98 \text{ m} \end{aligned}$$

Los valores de $p_1 = 0,28 \text{ m}$ y $b_1 = 1,16 \text{ m}$ son valores reales para las dimensiones del canal.

Sin embargo para facilitar el establecimiento de los diseños de las obras se trabajará preferiblemente con valores fijos en cuanto a la profundidad y al ancho de las mismas.

En general se trabaja con una profundidad máxima de 0,30 m y anchos fijos como: 0,30m, 0,50m; 1,00 m y 1,50m (ver los anexos 8.2 a 8.13)

Estos cálculos se hacen de manera igual para otros tipos de secciones transversales (canal triangular, parabólico, y otros).

ANEXO NO.8.2: CANAL DE GUARDIA

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,30$ m
- Gradiente $G = 0,20$ a $0,30\%$
- Borde libre $= 2/3p = 0,20$ m.
- Longitud $L =$ (ilimitado)

2. ELEMENTOS DE CANAL

- Ancho del fondo $b =$ (agrandarse para la capacidad del canal Q_c es adecuada).

Pendiente del Terreno "P"
(menor de 15%)(15-35%)(mayor de 35%)

- Talud superior (horizontal:vertical) o su inclinación	$t_s =$	4:1	2:1	1:1
- Talud inferior	$t_i =$	25%	50%	100%
- Ancho superior de agua	$B =$	2:1	2:1	2:1
		(b+6p)	(b+4p)	(b+3p)

3. ESPACIAMIENTO $E = 50$ metros para las praderas

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

		<i>"Pendiente del Terreno P"</i>		
		(< 15%)	(15-35%)	(> 35%)
- Area del flujo de agua "A" = $(b+B)p/2 =$		$(b+b+6p)p/2$	$(b+b+4p)(p/2)$	$(b+b+3p)(p/2)$
		$(2b+1,80)(0,15)$	$(2b+1,20)(0,15)$	$(2b+0,90)(0,15)$
	$A =$	$(0,30b+0,270)$	$(0,30b+0,180)$	$(0,30b+0,135)$
Perímetro mojado "p.m."	$=$	$\sqrt{(p^2+4p^2)+b}$	$\sqrt{(p^2+4p^2)+b}$	$\sqrt{(p^2+4p^2)+b}$
		$+ \sqrt{16p^2+p^2}$	$+ \sqrt{p^2+4p^2}$	$+ \sqrt{p^2+p^2}$
		$= \sqrt{5p^2+b} + \sqrt{17p^2}$	$\sqrt{5p^2+b} + \sqrt{5p^2}$	$\sqrt{5p^2+b} + \sqrt{2p^2}$
		$= \sqrt{0,45+b} + \sqrt{1,53}$	$\sqrt{0,45+b} + \sqrt{0,45}$	$\sqrt{0,45+b} + \sqrt{0,18}$
	$p.m. =$	$(b+1,90)$	$(b+1,34)$	$(b+1,09)$

		<i>Valor del Fondo "b"</i>			
		0,30	0,50	1,00	1,50 m
<i>(Menor de 15% "P"):</i>					
- Area del flujo de agua.					
$A = (0,30b + 0,270)$		0,36	0,42	0,57	0,72 m ²
- Perímetro mojado.					
$p.m. = (b+1,90)$		2,20	2,40	2,90	3,40 m
- Radio hidráulico.					
$R = A/p.m.$		0,163	0,175	0,196	0,21 m
$R^{2/3}$		0,300	0,313	0,330	0,355
- Velocidad del flujo.					
$V = 2,19 R^{2/3}$		0,655	0,685	0,740	0,778 m/seg
- Capacidad del canal.					
$Q_c + VA$		0,235	0,287	0,421	0,560 m ³ /seg

(15-35% de pendiente "P"):

- Área del flujo de agua. $A = (0,30 b + 0,180)$	0,270	0,330	0,480	0,630m ²
- Perímetro mojado. $p.m. = (b + 1,34)$	1,64	1,84	2,34	2,84 m
- Radio hidráulico. $R = A/p.m$	0,164	0,179	0,205	0,22m
$R^{2/3}$	0,300	0,318	0,348	0,366
- Velocidad del flujo. $V = 2,19 R^{2/3}$	0,658	0,697	0,762	0,803 m/seg
- Capacidad del canal. $Q_c = AV$	0,177	0,230	0,365	0,506m ³ /seg

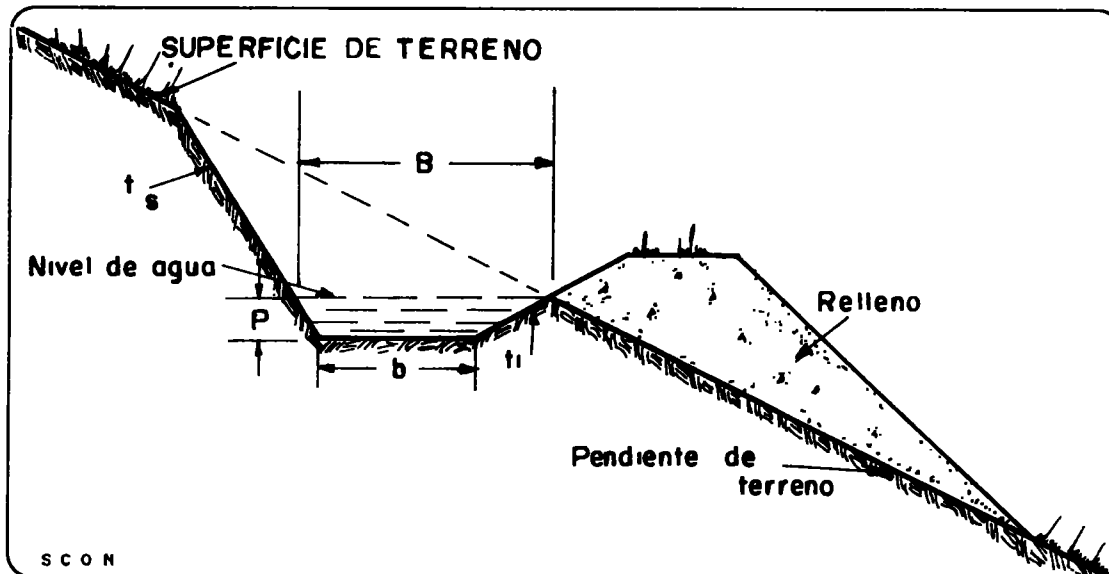
(Mayor de 35% de pendiente "P"):

- $A = (0,30b + 0,135)$	0,225	0,285	0,435	0,585m ²
- $p.m. = (b + 1,09)$	1,39	1,59	2,09	2,59m
- $R = A/p.m$	0,16	0,179	0,208	0,225m
$R^{2/3}$	0,30	0,318	0,351	0,371
- $V = 2,19 R^{2/3}$	0,657	0,697	0,769	0,813
- $Q_c = AV$	0,139	0,198	0,334	0,475m ³ /seg

NOTA. Asumiendo que la gradiente de canal "G" =0,30% y la rugosidad del canal "n" =0,025, la velocidad de flujo "V" =

$$\frac{R^{2/3} G^{1/2}}{n} = \frac{R^{2/3} (0,003)^{1/2}}{(0,025)} = \frac{(0,0547) R^{2/3}}{(0,025)} = 2,19 R^{2/3}$$

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



Conociendo la cantidad de escorrentía Q_c que debe ser desviada por el canal de guardia, se busca el mismo valor como Q_c del canal y luego se determina el b .

Ejemplo:

- El Q_c de una vertiente es de 0,160m³/seg, en pendiente de 15 a 35 por ciento. La capacidad del canal Q_c de 0,177 m³/seg y con b valor del fondo de 0,30 metros es suficiente para manejar este valor Q_c .
- El ancho superior B del agua es de $(b + 4p)$ o sea $(0,30) + (4)(0,30)$ que es igual a 1,50 metros con talud superior de 2:1

ANEXO 8.3: VIA DE AGUA EMPASTADA



1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,30\text{m}$
- Gradiente $G = \text{inclinación del terreno}$
- Borde libre $= 2/3 (p) = 0,20\text{m}$
- Longitud $L = (\text{ilimitado})$

2. ELEMENTOS DE CANAL

- Ancho del fondo $b = (\text{se agranda para que la capacidad del canal } Q_c \text{ sea adecuada}).$
- Taludes (horizontal a vertical) $= 3:1$
- Ancho superior de agua $B = b + 6p = (b + 1,80)$

3. _____

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

	(a) Valor del Fondo "b" de la Sección Trapezoidal						
	0,30	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
- Area de flujo. $A = (b+B) (p/2)$ $= (b+b+1,80) (0,15)$ $A = (0,30b+0,270)$	0,36	0,42	0,57	0,72	0,87	1,02	1,17m ²
- Perímetro mojado. $p.m. = (b + 2 \sqrt{p^2+9p^2})$ $p.m. = (b+1,90).$	2,20	2,40	2,90	3,40	3,90	4,40	4,90m
- Radio hidráulico $R = A/p.m.$ $R^{2/3} =$	0,163 0,298	0,175 0,313	0,196 0,337	0,211 0,354	0,223 0,368	0,231 0,376	0,238m 0,384
	Pendiente del Terreno o de la Vía de Agua "G"						
	20%	25%	30%	35%	40%	50%	
$G^{1/2} =$	0,447	0,500	0,547	0,591	0,632	0,707	
$\frac{G^{1/2}}{n} =$	11,175	12,500	13,675	14,775	15,800	17,675	

(con $n=0,04$ para un empastado promedio)

- Velocidad del flujo:

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

$11,18R^{2/3}$
 $12,50R^{2/3}$
 $13,68R^{2/3}$
 $14,75R^{2/3}$
 $15,80R^{2/3}$
 $17,68R^{2/3}$

m/seg

- Capacidad de Canal $Q_c = AV \text{ m}^3/\text{seg}$

Distintos valores de b (metros)	Pendiente del Terreno o de la Vía de Agua "C"											
	20%		25%		30%		35%		40%		50%	
	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c
0,30	3,30	1,20	3,37	1,34	4,08	1,47	4,41	1,59	4,72	1,70	5,28	1,90
0,50	3,49	1,46	3,91	1,64	4,27	1,79	4,62	1,94	4,94	2,07	5,53	2,32
1,00	3,77	2,15	4,22	2,40	4,62	2,63	4,99	2,84	5,34	3,04	5,97	3,40
1,50	3,96	2,85	4,43	3,19	4,85	3,49	5,24	3,77	5,60	4,03	6,27	4,51
2,00	4,11	3,57	4,60	4,00	5,03	4,37	5,43	4,73	5,81	5,05	6,50	5,65
2,50	4,21	4,29	4,71	4,80	5,18	5,28	5,57	5,68	5,95	6,07	6,66	6,79
3,00	4,30	5,03	4,81	5,63	5,26	6,15	5,68	6,65	6,08	7,11	6,80	7,96

(b) Valor del ancho superior "B" de la Sección Parabólica

	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3
- Área del flujo $A = 2/3 (B)(p)$ $= 2/3 (0,30) B = 0,20B$	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,46m ²
- Perímetro mojado $p.m. = (B) + (8/3)(p^2/B)$ $p.m. = (B) + (0,24/B)$ $(0,24/B) =$ $p.m. =$	0,240 1,24	0,200 1,40	0,171 1,571	0,150 1,750	0,133 1,933	0,120 2,120	0,104 2,404m
- Radio Hidráulico $(R = A/p.m.)$ $R^{2/3} =$	0,161 0,300	0,171 0,312	0,178 0,320	0,182 0,325	0,186 0,330	0,188 0,332	0,191m 0,335m

Pendiente del Terreno o de la Vía de Agua "C"

	20%	25%	30%	35%	40%	50%
- Velocidad del flujo $V = C^{1/2} R^{2/3} =$ n	11,18R ^{2/3}	12,50R ^{2/3}	13,68R ^{2/3}	14,75R ^{2/3}	15,80R ^{2/3}	17,68R ^{2/3}

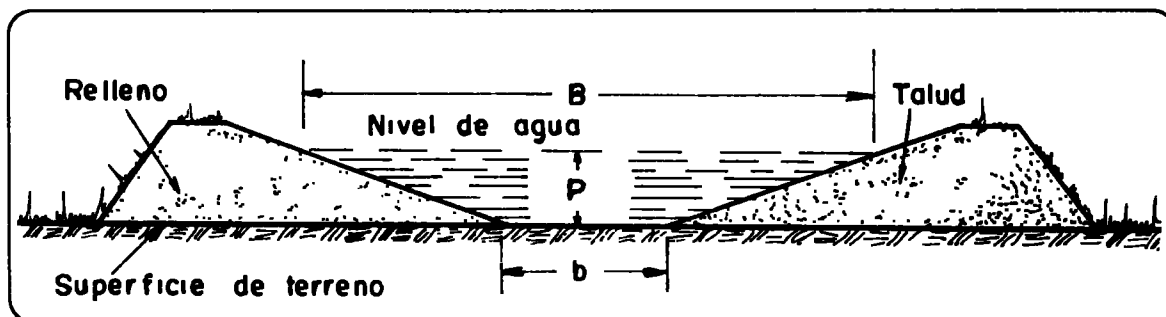
(Fórmula derivada usando $n=0,040$)

- Capacidad de Canal $Q_c = AV \text{ m}^3/\text{seg}$

Distintos valores de b (metros)	Pendiente del Terreno o de la Vía de Agua "C"											
	20%		25%		30%		35%		40%		50%	
	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c	V	Q_c
1,0	3,35	0,67	3,75	0,75	4,10	0,82	4,43	0,89	4,74	0,95	5,30	1,06
1,2	3,49	0,84	3,90	0,94	4,27	1,02	4,60	1,10	4,93	1,18	5,52	1,32
1,4	3,49	0,98	3,90	1,09	4,27	1,20	4,60	1,29	4,93	1,38	5,52	1,54
1,6	3,63	1,16	4,06	1,30	4,45	1,42	4,79	1,53	5,14	1,64	5,75	1,84
1,8	3,69	1,33	4,13	1,49	4,51	1,63	4,87	1,75	5,21	1,88	5,83	2,10
2,0	3,71	1,48	4,15	1,66	4,54	1,82	4,90	1,96	5,25	2,10	5,87	2,35
2,3	3,74	1,72	4,15	1,90	4,54	2,08	4,89	2,25	5,24	2,41	5,86	2,70

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS

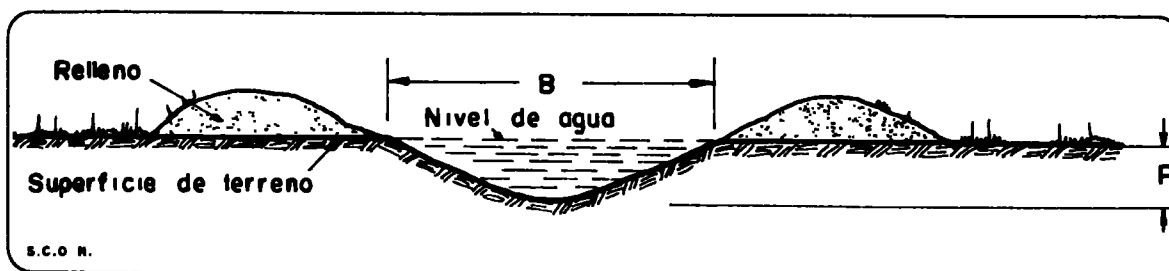
"SECCION TRAPEZOIDAL"



La velocidad del flujo de agua a lo largo de la vía de agua es fijada por su gradiente que es la pendiente P del terreno. Con un ancho b del fondo del canal de 0,30 metros, la velocidad es de 3,30 metros por segundo en pendiente de 20 por ciento y se aumenta hasta 5,28 metros por segundo en pendiente de 50 por ciento. Por eso para prevenir la erosión del canal, se debe empastarlo permanentemente con pasto seleccionado que resista la velocidad máxima V del flujo de agua. Será necesario reducir la alta velocidad de escorrentía cuando la velocidad es superior o igual a 2,5m/seg. Se establecerá una serie de barreras de contención en piedras o pasto con una serie de gabetas (saltos o revestido).

Para determinar el ancho b de la vía de agua adecuada para recibir la escorrentía captada por las estructuras de conservación, se debe escoger el valor Q_c que es igual o mayor que la cantidad de escorrentía total del sistema.

"SECCION PARABOLICA"



Cuando la sección de la vía de agua es una parábola, se escogerá el valor del B para una capacidad Q_c adecuada. Como se aprecia en la tabla, se seleccionarán valores del B entre 1 y 2,3 metros los cuales permitirán transportar caudales desde un mínimo de 0,671 m³/seg hasta un máximo de 2,70 m³/seg. Las secciones propuestas son aptas para evacuar escorrentía desde una área mínima de 3,7 ha hasta una área máxima de 15,1 ha, usando para esta estimación valores de 0,8 para el coeficiente de escorrentía y de 80 mm/h para la intensidad de lluvia. El rango de áreas de vertiente servidas por las secciones propuestas se adapta bien a las condiciones de Costa Rica. Los valores de B seleccionados son aceptables por los agricultores.

Todas las velocidades, sin embargo, son superiores a 0,25 m/seg y por lo tanto, los desagües empastados requieren de medidas adicionales de protección para evitar erosión y su destrucción.

ANEXO NO.8.4: TERRAZAS DE DESAGUE

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,30 \text{ m}$
- Gradiente $G = 0,20\%$ (en suelos gruesos)
 $0,30\%$ (en suelos finos)
- Longitud del canal $L = 400\text{m}$

2. ELEMENTOS DE CANAL

- | | (gruesas) | (finas) |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| - Taludes (horizontal a vertical) = | 5:1 | 4:1 |
| o su inclinación | 20% | 25% |
| - Ancho superior de agua | $B = 3,00 \text{ m}$ | $10p \text{ } 8p$
(2,40 m) |

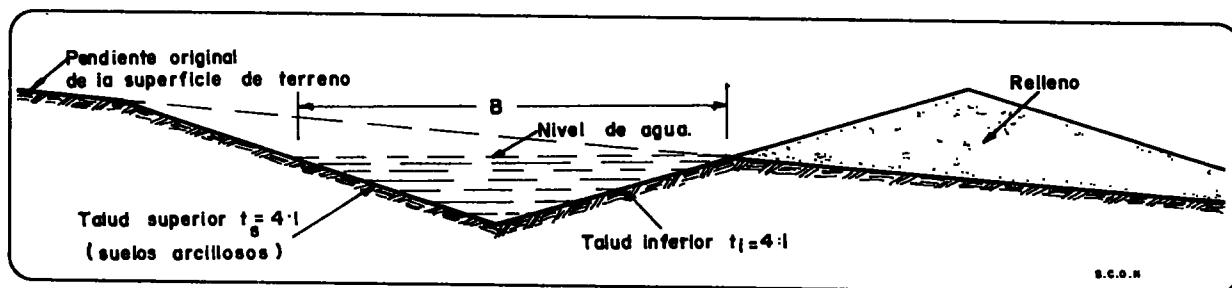
3. ESPACIAMIENTO $E =$

"Pendiente del terreno"			
(menor 2%)	(2-5%)	(5-10%)	(10-15%)
50 m	30m	25 m	20m

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

- | | (suelos gruesos) | (suelos finos) |
|---|--|---|
| - Area del flujo de agua
$A = (B)p/2$ | $5p^2$
0,45m ² | $4p^2$
0,36m ² |
| - Perímetro mojado
$p.m.$ | = $2 \sqrt{(5p)^2 + p^2}$
= $2 \sqrt{26p^2}$
10,198p
3,05 m | = $2 \sqrt{(4p)^2 + p^2}$
= $2 \sqrt{17p^2}$
8,246p
2,47 m |
| - Radio hidráulico
$R = A/p.m.$ | = 0,1475 m | 0,1475 m |
| $R^{2/3}$ | = 0,279 | 0,277 |
| $\frac{G^{1/2}}{n}$ | = $\frac{0,0447}{0,02}$
= 2,235 | $\frac{0,0547}{0,02}$
2,735 |
| - Velocidad de flujo
$\frac{G^{1/2} (R^{2/3})}{n}$ | = 0,623 m/seg | 0,757 m/seg |
| - Capacidad de canal
$Q_c = VA$ | = 0,280 m ³ /seg | 0,272 m ³ /seg |

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



La inclinación de los taludes de este tipo de terraza es suave para facilitar la pasada de los equipos agrícolas sin destruir la sección de la terraza.

Aunque la terraza puede tener una sección adecuada para desviar cualquier cantidad de escorrentía en distintos espaciamientos $\underline{E}$ entre las terrazas, el valor $\underline{E}$ es limitado por el largo de pendiente del terreno. En zona húmeda con períodos de lluvia prolongados, y con precipitación anual de 3 a 4 mil milímetros, el espaciamiento $\underline{E}$ no debe exceder de 50 metros en pendientes menores de 2 por ciento o según la especificación recomendada.

Con $\underline{E}$ igual a 50 metros, la cantidad de escorrentía entre las terrazas de 400 metros de longitud, es calculada por la fórmula de

$$\begin{aligned} Q_e &= 0,00286 \text{ Cla} \times \underline{E} \\ &= \frac{0,00286 (0,60) (80) (400) \times \underline{E}}{10.000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= 0,00549 \times \underline{E} \\ &= 0,27 \text{ m}^3/\text{seg} \end{aligned}$$

Similarmente, con $\underline{E} = 30\text{m}$,

$$Q_e = 0,16 \text{ m}^3/\text{seg}$$

ANEXO 8.5: ACEQUIA DE LADERA

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,30\text{m}$
- Gradiente $= 0,20\%$ (hasta 0,50%)
- Longitud del canal $L = 200\text{m}$

2 ELEMENTOS DE CANAL

		"Pendiente del Terreno P"		
		(10-15%)	(15-35%)	(35-50%)
- Talud superior (horizontal a vertical) o su inclinación	$t_s =$	4 1	2 1	1 1
- Talud inferior	$t_i =$	25%	50%	100%
- Ancho superior de agua.		2:1	2:1	2:1
	$B =$	6p	4p	3p m
	$=$	1,80	1,20	0,90 m
3. ESPACIAMIENTO	$E =$	20m	15m	10m

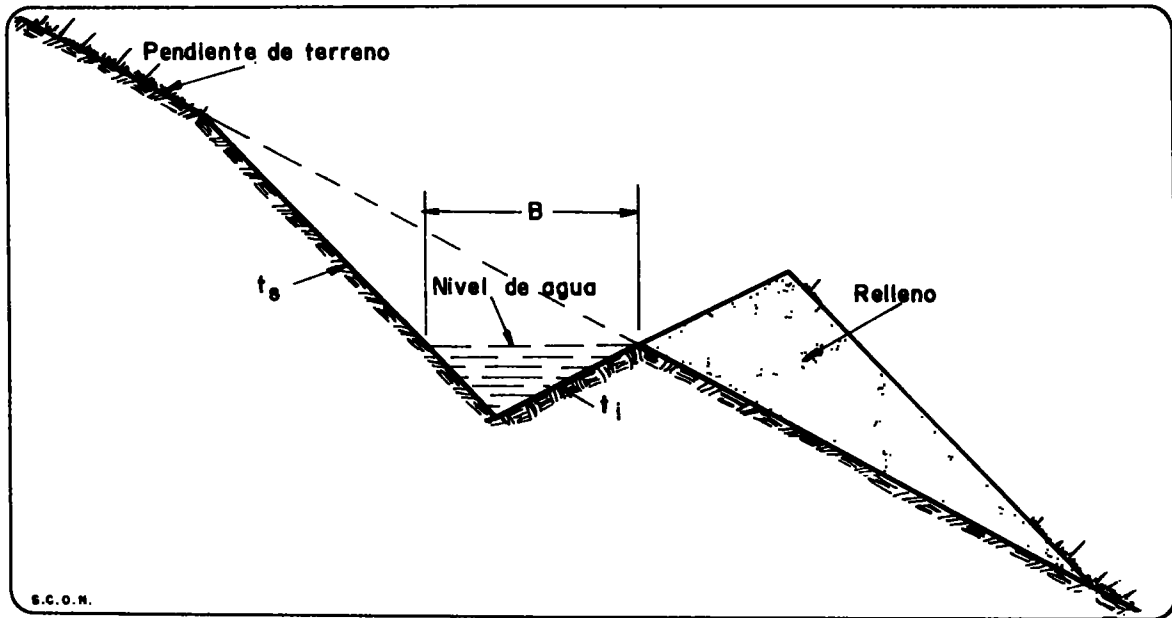
4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

- Area del flujo de agua $A = (B)p/2$	$=$	$3p^2$	$2p^2$	$1.5p^2$ m ²
	$=$	0,27	0,18	0,135
- Perímetro mojado p.m	$=$	$\sqrt{17p^2 + 5p^2}$	$\sqrt{5p^2 + 5p^2}$	$\sqrt{2p^2 + 5p^2}$
p.m	$=$	$(4,12)p + (2,23)p$	$(2,23p) + (2,23p)$	$(1,41)p + (2,23)p$
p.m	$=$	1,90	1,34	1,09 m
- Radio hidráulico. $R = A/p.m.$	$=$	0,142	0,134	0,123 m
- Velocidad del flujo $V = 1,79R^{2/3}$	$=$	0,486	0,468	0,443 m/seg
- Capacidad de canal $Q_c = VA$	$=$	0,1312	0,0842	0,0598 m ³ /seg

NOTA. Asumiendo la gradiente de canal "G" = 0,002 y la rugosidad del canal "n" = 0,025 la velocidad de flujo "V" =

$$\frac{R^{2/3} G^{1/2}}{n} = \frac{R^{2/3} (0,002)^{1/2}}{(0,025)} \text{ o } V = \frac{0,0447 R^{2/3}}{0,025} = 1,79 R^{2/3}$$

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



La capacidad Q_c de la acequia varía según la inclinación del talud t_s . Los elementos del canal como profundidad de agua P y la gradiente de canal G se mantienen constantes.

Con una longitud de la acequia de 200 metros, la cantidad de escorrentía entre las acequias es calculada por la ecuación:

$$\begin{aligned}
 Q_e &= 0,0028 C_{Ia} \times E \\
 &= \frac{0,0028 (0,80) (80) (200) \times E}{10.000} \\
 Q_e &= 0,003584 \times E
 \end{aligned}$$

Con base en esta fórmula, el valor de escorrentía esperada según el espaciamiento recomendado es:

$\frac{E}{Q_e}$	20	15	10	(m)
	0,07	0,05	0,035	(m ³ /seg)

Los valores de Q_c presentados según las especificaciones y elementos recomendados son adecuados para la escorrentía Q_e citada.

ANEXO 8.6: TERRAZA DE HUERTA O DE ESCALONES

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,20\text{m}$
- Gradiente $= 0,20\%$ o 2cm de caída cada 10m horizontal.
- Longitud del banco $L = 200\text{m}$
- Pendiente invertida del banco $= 50\%$ max.

2. ELEMENTOS DE LA TERRAZA

"Pendiente de Terreno P"

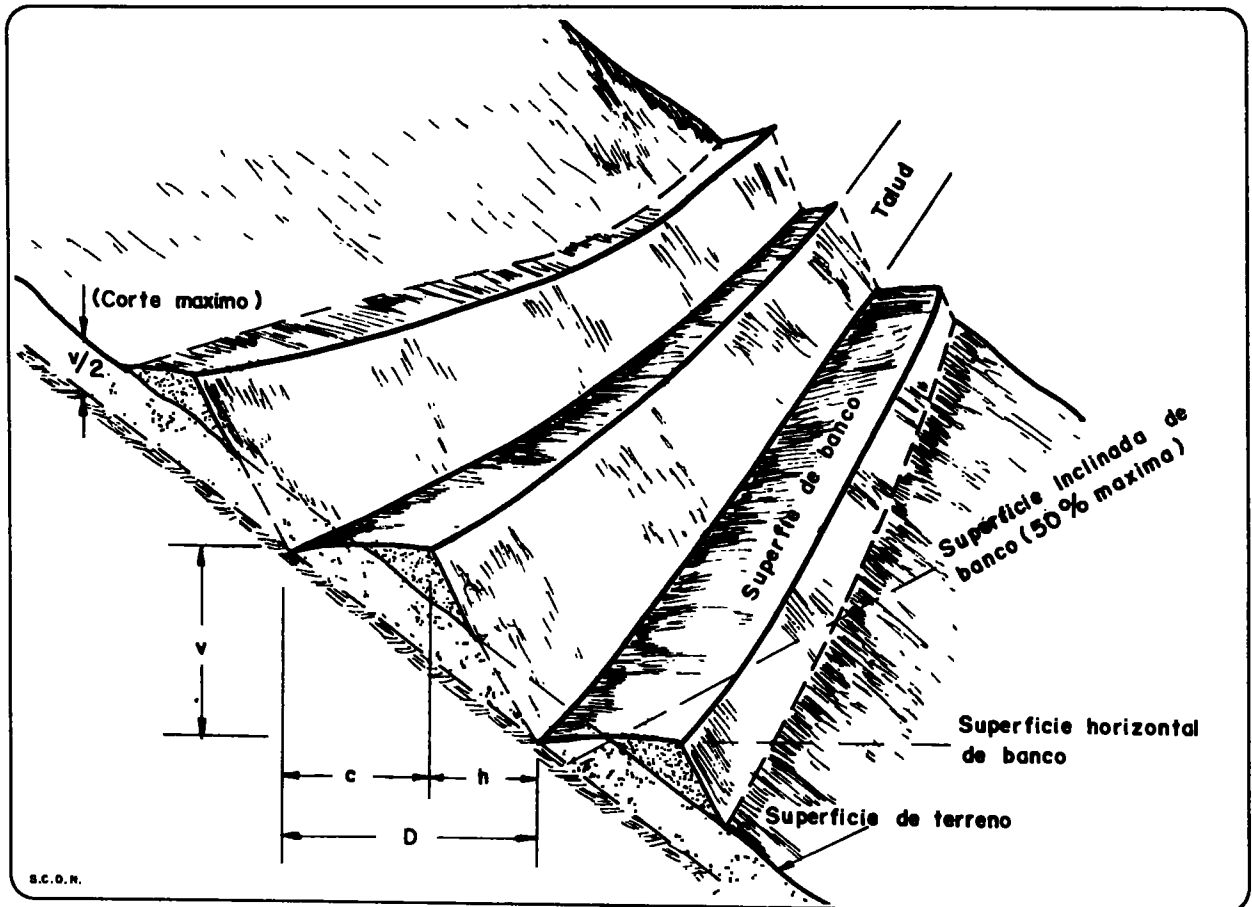
		30%					35-50%
- Talud (horizontal a vertical) o su inclinación	$=$	2:1					1:1
		50%					100%
- Altura del talud (profundidad efectiva del suelo) o intervalo vertical	$v =$	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90 m
- Ancho del talud	$h =$	1,00	1,40	1,80	0,50	0,70	0,90 m
- Ancho total de la terraza o distancia horizontal: $D = (v) 100/P$	"P"						
	30%	1,66	2,33	3,00			m
	35%.				1,42	2,00	2,57m
	40%				1,25	1,75	2,25m
	45%				1,11	1,55	2,00m
	50%				1,00	1,40	1,80m
- Ancho cultivable o de banco: $c=D-h$	"P"						
	30%	0,66	0,93	1,20			m
	35%.				0,92	1,30	1,67m
	40%				0,75	1,05	1,35m
	45%				0,61	0,85	1,10m
	50%				0,50	0,70	0,90m

3. ELEMENTOS HIDRAULICOS

"Pendiente de Terreno P"

		30%		35-50%
- Ancho superior de agua	$B=$	$2p+2p$		$P+2p$
	$=$	0,80m		0,60m
- Area del flujo de agua	$A = Bp/2$	$=$	$(0,80)(0,20)/2$	$(0,60)(0,20)/2$
	$=$	$0,08\text{m}^2$		$0,06\text{m}^2$
- Perímetro mojado..p.m.	$=$	$\sqrt{p^2+4p^2} + \sqrt{p^2+4p^2}$		$\sqrt{p^2+p^2} + \sqrt{p^2+4p^2}$
	$=$	$(2,23)p + (2,23)p$		$(1,41)p + (2,23)p$
	$=$	$0,446 + 0,446$		$0,282 + 0,446$
	$=$	0,892		0,728 m
- Radio hidráulico	$R = A/p.m.$	$=$	0,0896	0,0824 m
	$R^{2/3}$	$=$	0,200	0,189
- Velocidad de flujo	$V = 1,79R^{2/3}$	$=$	0,358	0,338 m/seg
	con $n = 0,025$			
- Capacidad del banco	$Q_c = AV$	$=$	0,028	0,020 m ³ /seg

4. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



Los anchos de banco de la terraza de huerta están fijados por la profundidad de excavación, teniendo en cuenta que esa profundidad no debe exceder la mitad de la profundidad efectiva del suelo para que la superficie del banco tenga la capa superficial de suelo indispensable para el crecimiento de los cultivos. Con profundidad efectiva de 90 cm, el ancho total del banco varía desde 2.00 metros hasta 3.00 metros en pendientes de terreno de 45 a 30 por ciento donde se permite sembrar los árboles en cada una de ellas. La cantidad de escorrentía que cae sobre el banco de 3 metros es estimada por

$$\begin{aligned}
 Q_e &= 0,0028 C I a \\
 &= \frac{0,0028 (0,80) (80) (3 \times 200)}{10.000} \\
 &= 0,01075 \text{ m}^3/\text{seg}
 \end{aligned}$$

ANEXO 8.7: BARRERA DE PIEDRA

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,20\text{m}$
- Gradiente $= 0,20\%$
- Longitud de la barrera $L = 150\text{m}$
- Borde libre $= 0,10\text{m}$

2. ELEMENTOS DE LA BARRERA

- Talud superior. vertical
 - Altura de la barrera $0,30\text{ m}$
 - Ancho superior de agua $B=p(100)/P$
- | "Pendiente del Terreno P" | | | | | |
|---------------------------|------|------|-------|------|------|
| | 0% | 20% | 30% | 40% | 50% |
| B= | 2,00 | 1,00 | 0,666 | 0,50 | 0,40 |

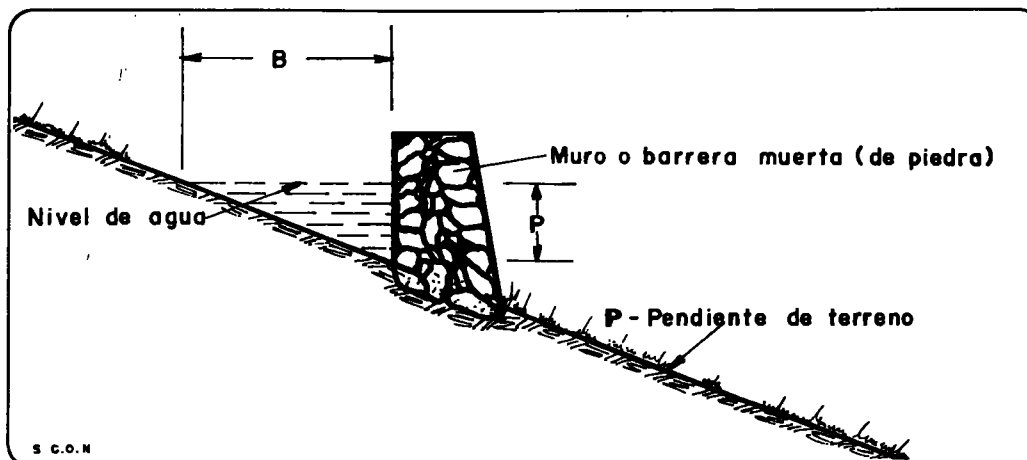
3 ESPACIAMIENTO

- | E | | 20m | 10m | 5,0m | 5,0m | 5,0m |
|---|--|-----|-----|------|------|------|
| = | | | | | | |

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

- Area de flujo de agua.
 $A = Bp/2$ $= 0,20 \quad 0,10 \quad 0,066 \quad 0,050 \quad 0,040\text{m}^2$
- Perímetro mojado
 $p.m. = (p) + \sqrt{p^2 + B^2}$ $= 2,20 \quad 1,38 \quad 0,894 \quad 0,738 \quad 0,647\text{m}$
- Radio hidráulico
 $R = A/p.m.$ $= 0,090 \quad 0,072 \quad 0,073 \quad 0,067 \quad 0,061\text{m}$
 $R^{2/3}$ $= 0,201 \quad 0,1741 \quad 0,1762 \quad 0,166 \quad 0,156$
- Velocidad de flujo
 $V = 1,79 R^{2/3}$ $= 0,359 \quad 0,311 \quad 0,315 \quad 0,297 \quad 0,265\text{m/seg}$
con $n = 0,025$
- Capacidad de barrera
 $Q_c = AV$ $= 0,072 \quad 0,031 \quad 0,021 \quad 0,015 \quad 0,011 \text{ m}^3/\text{seg}$

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



Según la ecuación $Q_e = 0,0028 (c)(I)a$, la fórmula puede reducirse en términos de E , usando C igual a 0,75; la intensidad de lluvia I de 85mm/hora y la longitud de la barrera de 150 metros. Con estos valores, la ecuación está simplificada por $Q_e = 0,00267 E$.

Desde que Q_c debe ser igual o superior a Q_e , el valor de espaciamiento E entre las barreras está calculado poniendo que $Q_e = Q_c$, o $E = \frac{Q_c}{0,00267}$

ANEXO 8.8: CANAL DE INFILTRACION

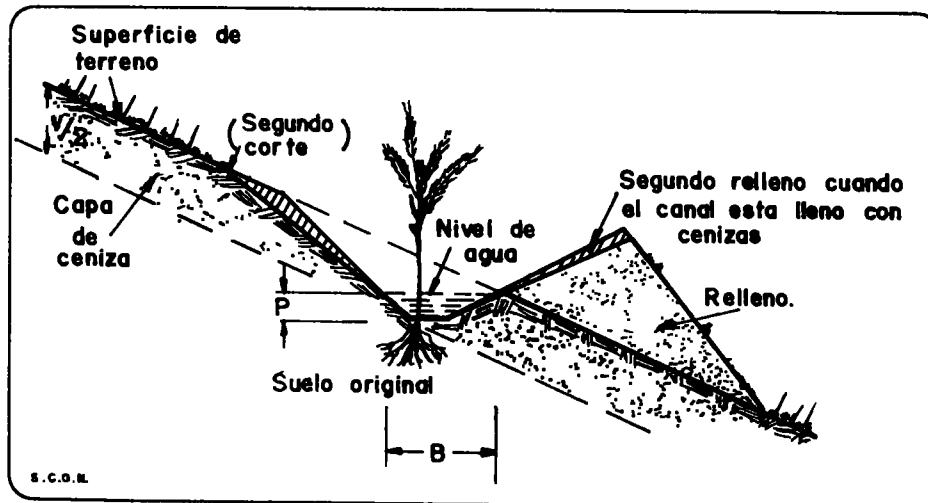
1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua p = variable según el espaciamiento E entre los canales.
- Sección transversal = parabólica
- Gradiente = a nivel
- Longitud L = 200 m

2 ELEMENTOS HIDRAULICOS

	"Valor del ancho superior de agua B"				
	1,80	2,10	2,30	2,80	3,30 m
- Area del flujo $A=(2/3) B(p)$	1,18p	1,38p	1,51p	1,84p	2,17p
- Volúmen de agua captado $V_c = (A) (L)$ $= (A) (1)$	1,18p	1,38p	1,51p	1,84p	2,17p m ³ /m de largo

3. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



El volúmen de escorrentía que entra al canal es igual a $V_e = C_p e (a) / 1.000$, en el cual $C = 100\%$ en suelos volcánicos (cenizas) sin cubierta vegetal.

- P_e = 100 milímetros de precipitación máxima diaria.
- a = área de vertiente entre los canales = $(E)(L)$, en metros cuadrados.

Para que el canal tenga capacidad adecuada, se trata que V_e sea igual a V_c , y se desarrolla una ecuación en términos de E (espaciamiento) y p (profundidad como la siguiente):

$$V_e = (1,00)(100)(E)(1) / 1.000 \text{ m}^3 \text{ por metro de largo.}$$

$$V_e = 0,1E$$

Con $V_e = V_c$, esta ecuación se reduce en forma: $0,1E = A$. Con base a esta fórmula, se calcula el espaciamiento E en distintas profundidades p .

	"Valor del ancho superior de agua B"				
	1,80	2,10	2,30	2,80	3,30 m
$E=10A$.					
- Valor del E con $p=0,50\text{m}$ =	5,90	6,90	7,60	9,20	10,90 m
- Valor del E con $p=1,00\text{m}$ =	11,80	13,80	15,20	18,40	21,80 m

Para no causar erosión, el E preferible según la pendiente será:

- E máxima = 10 metros con pendiente de 35 a 50%
- = 15 metros con pendiente de 15 a 35%

ANEXO 8.9: TERRAZA DE BANCO

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 0,20\text{m}$
- Gradiente $= \text{a nivel}$
- Longitud de banco $L = 200\text{ m}$

2. ELEMENTOS DE LA TERRAZA

- a) Talud (horizontal a vertical) en Suelos Gruesos
o su inclinación

2:1
50%

	15%			"Pendiente del Terreno P"			25%		
				20%					
- Altura del talud (profundidad efectiva de suelo) o intervalo vertical. v	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90m
- Ancho del talud h	1,00	1,40	1,80	1,00	1,40	1,80	1,00	1,40	1,80m
- Ancho total de la terraza o distancia horizontal. $D=(v)100/P=$	3,33	4,66	6,00	2,50	3,50	4,50	2,00	2,80	3,60m
- Ancho cultivable o de banco. $c= D - h..=$	2,33	3,26	4,20	1,50	2,10	2,70	1,00	1,40	1,80m

- b) Talud (horizontal a vertical) en Suelos Finos 1 1
o su inclinación

100%

	15%			"Pendiente del Terreno P"			25%		
				20%					
- Altura del talud (profundidad efectiva de suelo) o intervalo vertical v	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90m
- Ancho del talud h	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90	0,50	0,70	0,90m
- Ancho total de la terraza o distancia horizontal $D = (v)100/P =$	3,33	4,66	6,00	2,50	3,50	4,50	2,00	2,80	3,60m
- Ancho cultivable o de banco $c= D - h$	=2,83	3,96	5,10	2,00	2,80	3,60	1,50	2,10	2,70m

3. ELEMENTOS HIDRAULICOS

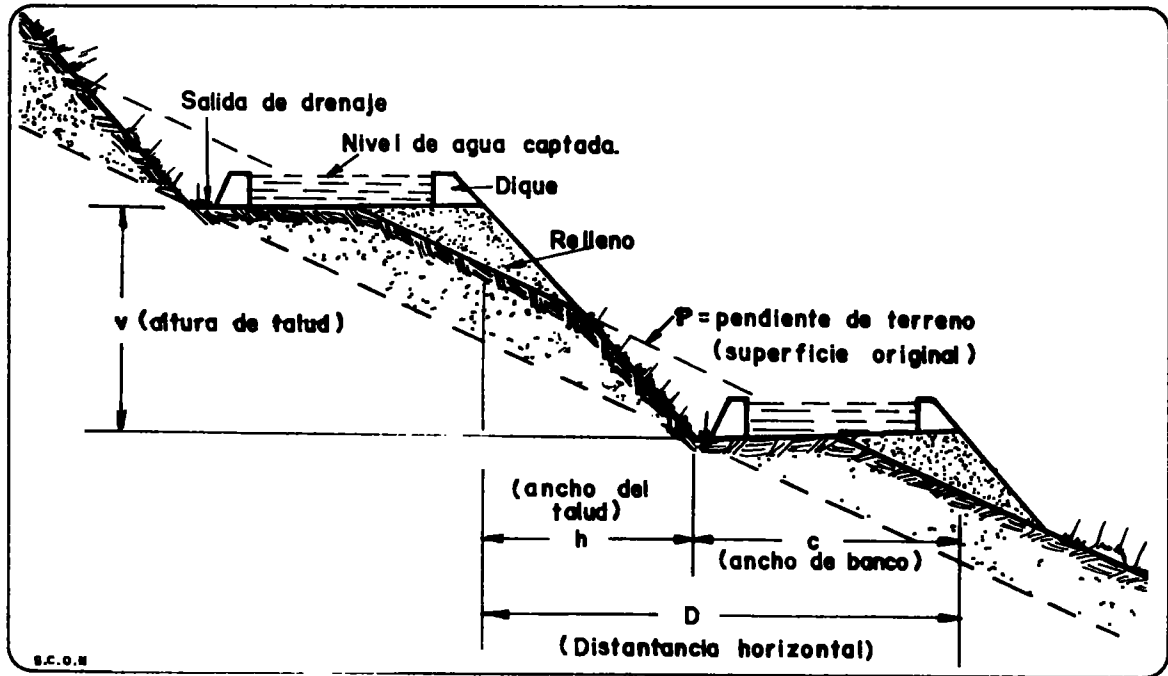
- a) Capacidad del banco (con talud 2:1)
 $V_c=(c)(L)(p)$

$=40c = 93 \quad 130 \quad 168 \quad 60 \quad 84 \quad 108 \quad 40 \quad 56 \quad 72\text{m}^3$

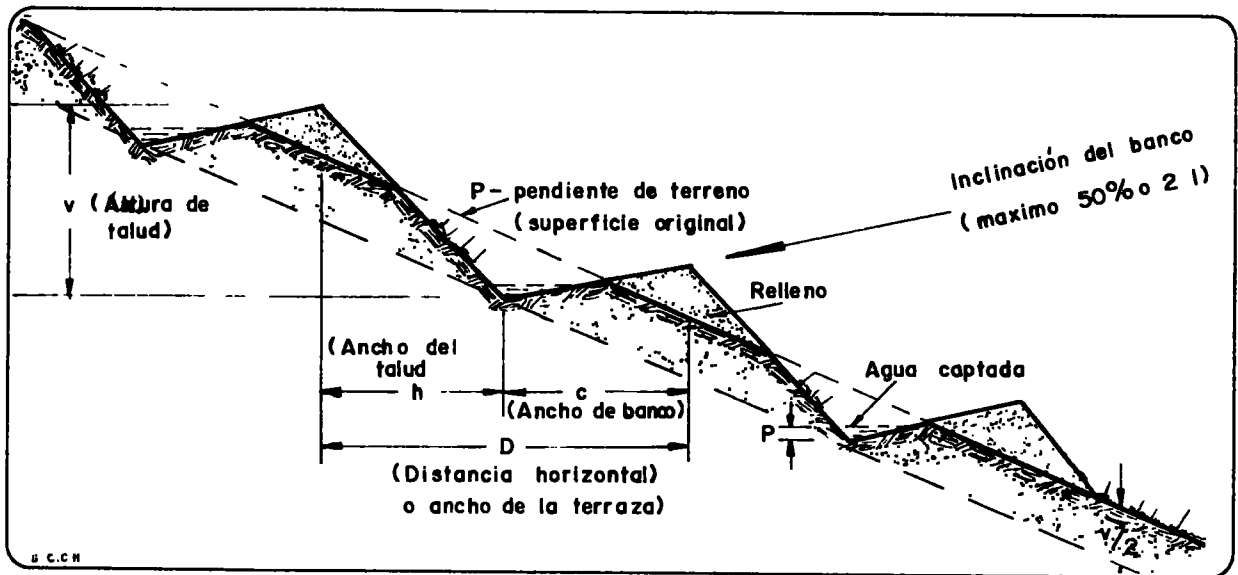
- b) Capacidad del banco (con talud 1.1)
 $V_c=(c)(L)(p)$

$=40c = 113 \quad 158 \quad 204 \quad 80 \quad 112 \quad 144 \quad 60 \quad 84 \quad 108\text{m}^3$

4 SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



"Sección Transversal de las Terrazas de Banco a Nivel"



"Sección Transversal de las Terrazas con Bancos en Pendientes Invertidas"

La inclinación del talud y la profundidad máxima de excavación del suelo son factores limitantes para el diseño del ancho de las terrazas de banco.

Considerando la erodibilidad del suelo, el talud debe ser más suave (2:1) en los suelos arenosos. En suelos arcillosos, el talud puede ser más inclinado (1:1), lo cual deja un ancho de banco (área cultivable) más amplio.

Con el fin de retener la parte más fértil de suelo en la superficie de los bancos de las terrazas, la excavación máxima de tierra no debe ser mayor que la mitad de la profundidad efectiva del suelo (zona de desarrollo de las raíces de las plantas).

Los elementos diseñados de la terraza se usan como referencias para determinar las dimensiones de la terraza en distintas pendientes de terreno, profundidad efectiva y textura del suelo.

Para verificar si la capacidad del banco es adecuada para captar la lluvia que cae sobre la terraza, la ecuación: $V_e = C P_e a / 1000$ da el volumen de escorrentía retenido sobre el banco a nivel; donde C es igual a 100 por ciento, el $P_e = 100$ milímetros de precipitación máxima diaria y a es la superficie horizontal del talud y del banco (L D) en metros cuadrados.

La fórmula simplificada puede escribirse bajo la forma:

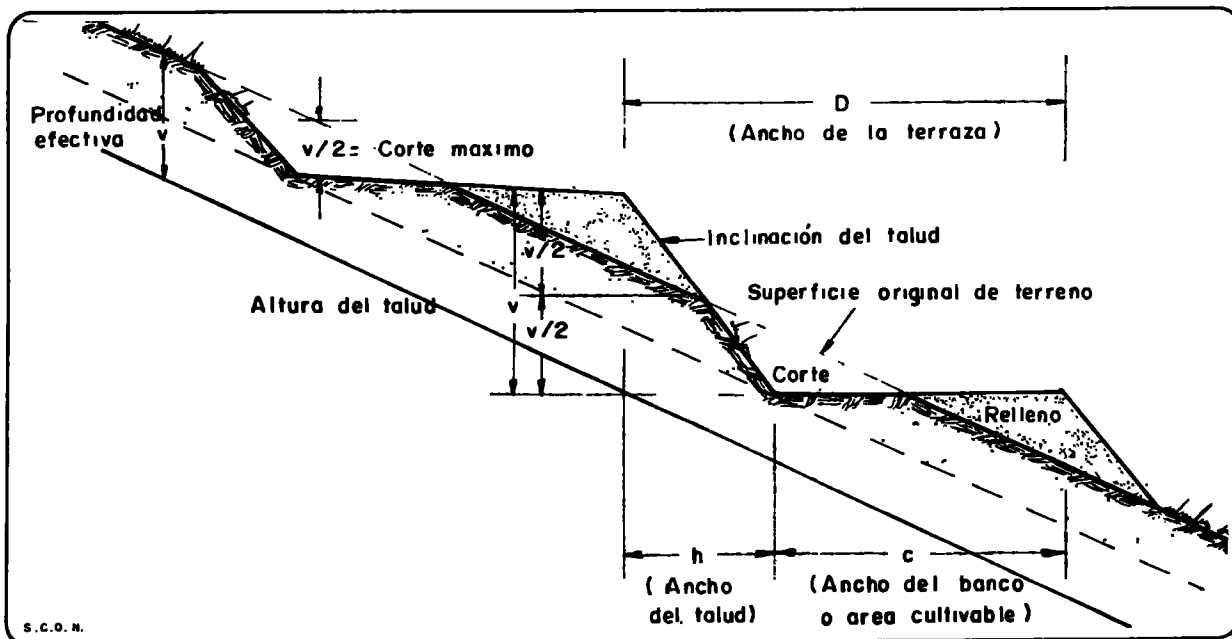
$$V_e = \frac{(1,00)(100)(200)}{1000} \times D$$

$$\text{o } V_e = 20D \text{ en metros cúbicos}$$

a) Volumen de Escorrentía sobre terrazas con taludes de 1.1 o 2:1

		"Pendiente de Terreno" "P"								
		15%			20%			25%		
- Con D =		3,33	4,66	6,00	2,50	3,50	4,50	2,00	2,80	3,60m
Ve =		66	93	120	50	70	90	40	56	72 m ³

Estos valores justifican que la capacidad de banco V_c es mayor que V_e , y que por lo tanto, la capacidad del banco es adecuada.



Uso de elementos de las Terrazas de Banco

ANEXO 8.10: TERRAZA INDIVIDUAL

1 ELEMENTOS CONSTANTES

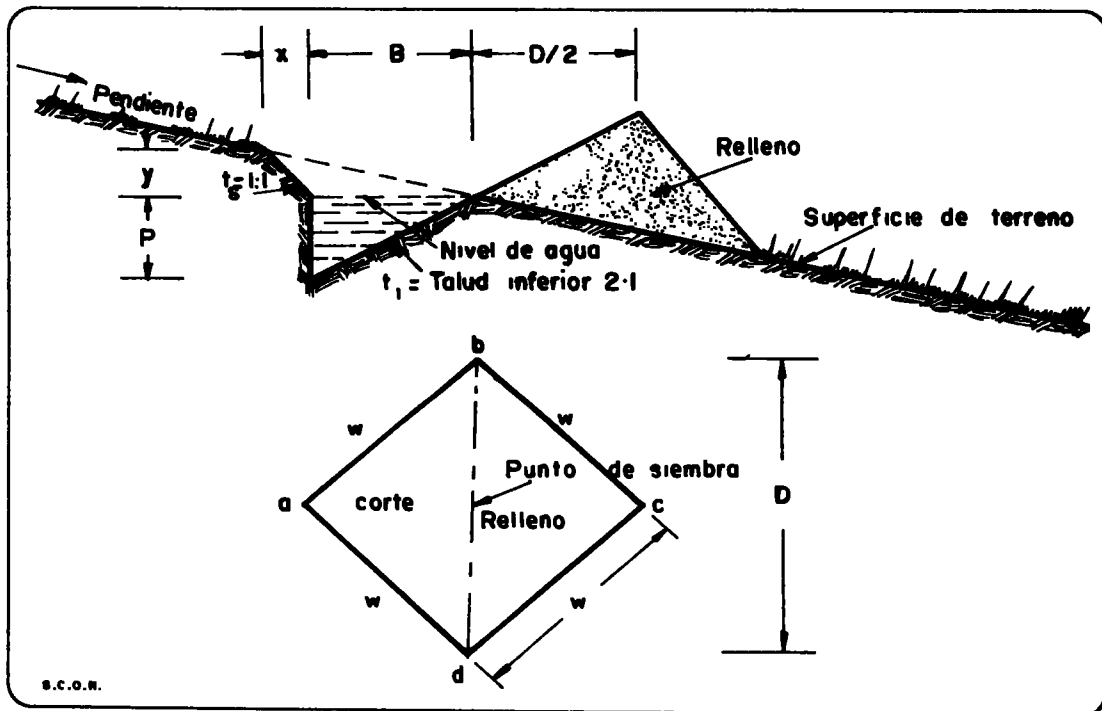
- Sección horizontal. forma cuadrada con lado w de 1 metro mínimo.
- Distancia diagonal del cuadrado abcd $D = \sqrt{w^2 + w^2}$
 $= \sqrt{2} = 1,44\text{m}$

2. ELEMENTOS DE LA TERRAZA

(En la parte central de la terraza a lo largo de la pendiente del terreno y al lado del punto de siembra)

- Ancho superior de agua
 $B = D/2 = 1,44/2 = 0,72\text{ m}$
- Profundidad de agua, (con talud inferior $t_1 = 2:1$)
 $2/1 = B/p$
 $o p = B/2 = 0,72/2 = 0,36\text{ m}$
- Capacidad de la terraza
 $V_c = \frac{(1/2)(BD)p}{2}$
 $= BDp/4 = (0,72)(1,44)(0,36)/4$
 $= 0,093\text{m}^3$

3. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



Vista superficial

Antes de calcular el volumen de lluvia V_e que cae sobre el banco de las terrazas individuales, es necesario estimar los parámetros y y x ; y luego la superficie a de la ecuación $V_e = CPea/1000$.

"Pendiente del Terreno P"

	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Con $w = 1$ y $B = D/2$ $= 0,72$						
- Valor del "y" $y = \frac{(B)(P)}{100}$	0,25	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43
puesto que $P = \frac{Y}{B}(100)$						
- Valor del "x" con $t_s = 1$. $x = y =$	0,25	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43
- Valor del (x+B) =	0,97	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15
Superficie a $a = \frac{(x+B)(D)}{2} + \frac{(D/2)(D)}{2}$						
o $a = D/4 (2x+2B+D)$ $= (0,36)[(2x)+(2,88)]$ $a = (0,72x) + (1,037)$	1,21	1,23	1,26	1,29	1,31	1,346
- El Volúmen de lluvia máximo $Ve = CPe(a)/1000$, donde $= (0,60)(100)(1,346)/1000$ $= 0,080$ metros cúbicos	C coeficiente de escorrentía=0,60 Pe precipitación máxima diaria=100mm a superficie horizontal de la terraza de huerta en metros cuadrados.					
- Con Vc calculada de 0,093 significa que la terraza tiene capacidad adecuada.						

ANEXO 8.11: MELGAS EN CONTORNO

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Profundidad de agua $p = 5$ a 10cm (melgas niveladas)
10 a 15cm
(melgas sin nivelación)
- Gradiente $G =$ a nivel
- Longitud $L = 200$ m máximo
- Altura del dique $= 20$ cm máximo

2. ELEMENTOS HIDRAULICOS

a) Melgas a Nivel (con profundidad de agua p uniforme)

		<i>"Pendiente del Terreno P"</i>				
		0,1%	0,5%	1%	1,50%	2%
- Ancho de las melgas						
$B=20/P$	$=$	200	40	20	13	10m
(con $p=10$ cm)						
$B=10/P$	$=$	100	20	10	7	5m
(con $p = 5$ cm)						

Usando la fórmula: $\frac{P}{B/2} = p (100)$; donde p es la profundidad de excavación

b) Melgas sin nivelación (con profundidad de agua no uniforme)

- Ancho de las melgas						
$B = 10/P$	$=$	100	20	10	7	5m
(con $p = 10$ cm)						
$B = 15/P$	$=$	150	30	15	10	8m
(con $p = 15$ cm)						

Usando la fórmula: $\frac{P}{B/2} = p (100)$; donde p es la profundidad máxima de agua

3. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS

El diseño de la profundidad máxima de agua en las melgas permite la construcción de diques no muy altos (no mayor de 20 centímetros).

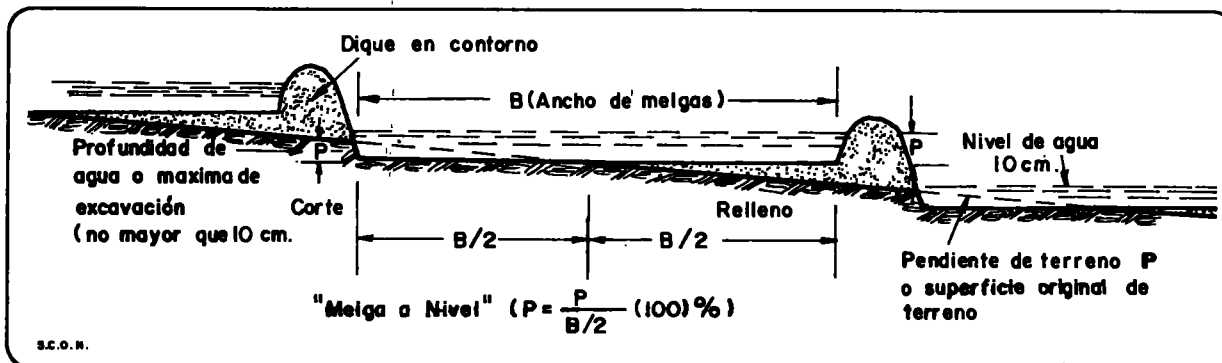
El ancho de las melgas B fue calculado con base a la fórmula de la pendiente para mantener la profundidad de agua p como 10 centímetros máximo en melgas niveladas y 15 centímetros en melgas sin nivelar

La profundidad de agua debe ser la deseable para el crecimiento del cultivo, y para prevenir la excavación excesiva del suelo en la nivelación de las melgas. En pendientes mayores de 2 por ciento, las melgas son más angostas y existen inconvenientes para la preparación del terreno.

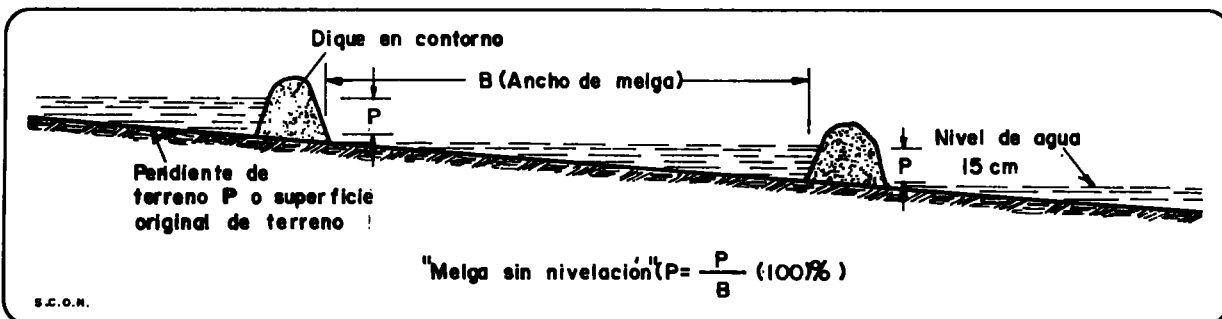
Considerando estos hechos mencionados, se escoge el valor del B con p igual a 10 o 5 centímetros en distintas pendientes del terreno. En cuanto a las melgas sin nivelación, la profundidad mínima de agua es zero en la parte superior de las melgas, según la ecuación:

$$P = \frac{p}{B} (100)$$

La profundidad de agua podría aumentar, teniendo en cuenta que la altura del dique es suficiente sin que ocurriera desbordamiento de agua sobre los diques.



"SECCION TRANSVERSAL DE LAS MELGAS EN CONTORNO"



ANEXO 8.12: REPRESA DE CONSERVACION DE AGUA

1. ELEMENTOS CONSTANTES

- Altura de la represa $H < 5$ m
- Cresta 2,5 m mínimo.
- Taludes (horizontal: vertical) 2:1 (talud inferior)
3:1 (talud superior)
- Altura entre el nivel del flujo de inundación y la cresta 0,50 m + 0,15m (ola de agua)
- Largo de la represa L= no tiene limitaciones

2. ELEMENTOS HIDRAULICOS

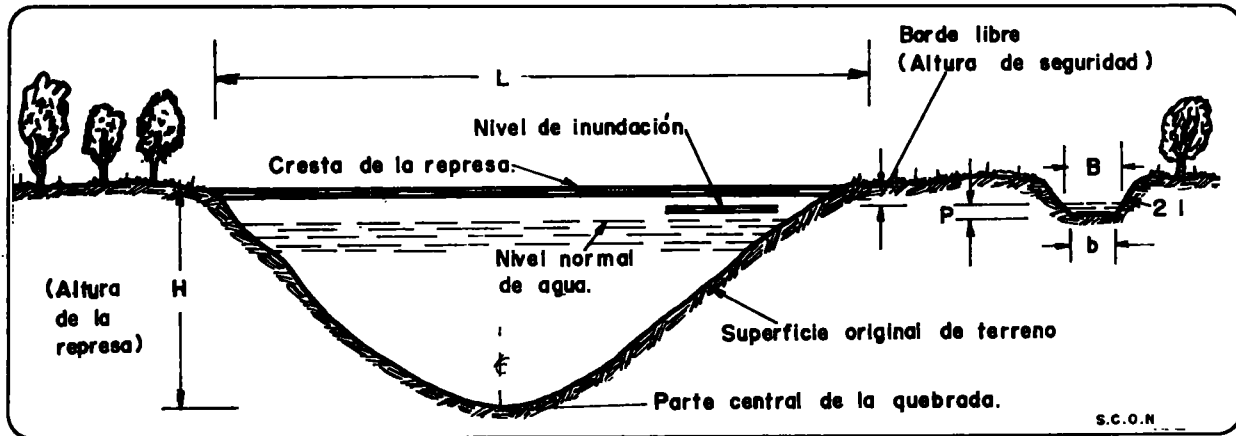
- Volúmen de relleno
(Dividir la represa en tajadas con [igual espesor h o de un metro)
 $V_r =$ = Suma total de los volúmenes
($V_1 + V_2 + V_3 + \dots$) en m^3 de cada tajada.
- Volúmen de almacenamiento de agua (usar el mapa topográfico de escala 1:500 con contorno a intervalo de 0,50 m)
 $V_a =$ = Suma total de los volúmenes de cada tajada
($v_1 + v_2 + v_3 + \dots$) de 0,50 m de distancia vertical o altura entre las líneas en contorno. (m^3)
- Superficie del espejo de agua a nivel del flujo normal.
 $A_a =$ = Superficie rodeada por la línea en (calculado con el contorno (usar el mapa topográfico) planímetro) que corresponde al nivel normal de agua. (Hectáreas)

3. ELEMENTOS DEL VERTEDERO

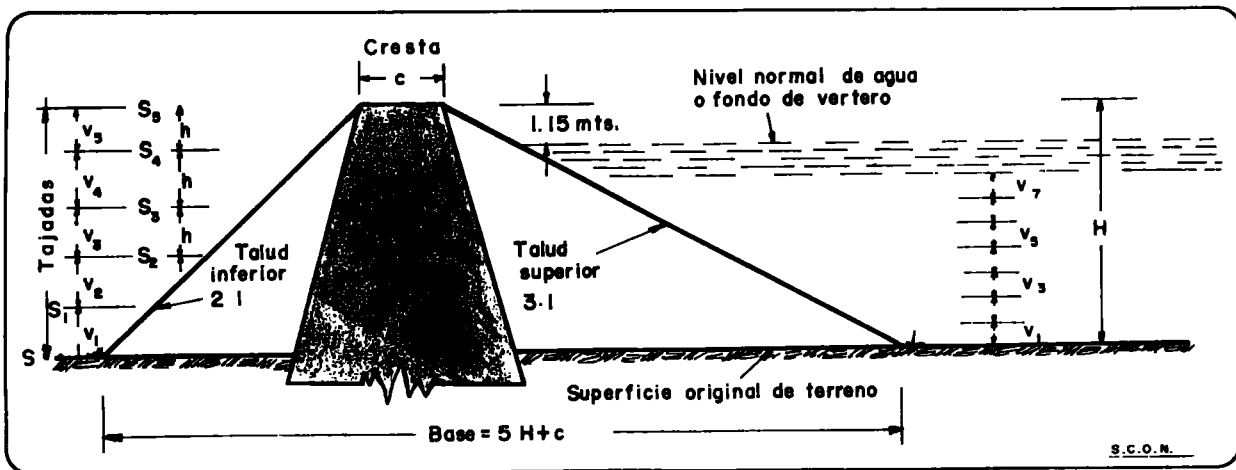
- Ancho b del fondo = variable según la cantidad de esorrentía Q_e . (m)
- Profundidad máxima del flujo de agua $p = 0,50$ (m)
- Taludes (horizontal. vertical) = 2:1
- Ancho superior de agua
 $B = (b + 4p)$ = $(b + 2)$ (m)
- Area del flujo
 $A = \frac{(b+B)p}{2}$ "Valores del b"
2,00 3,00 4,00 5,00 6,00 m
- $A = (b + 1,00)0,50$ = 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50
- Capacidad del canal
 $Q_c = VA$ = 0,90 1,20 1,50 1,80 2,10 m^3/seg

(con velocidad de agua de 0,60 m/seg)

4 SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS



"Vista de la Sección Longitudinal de la Represa"



"Vista Sección Transversal de la Represa (parte central de la quebrada)"

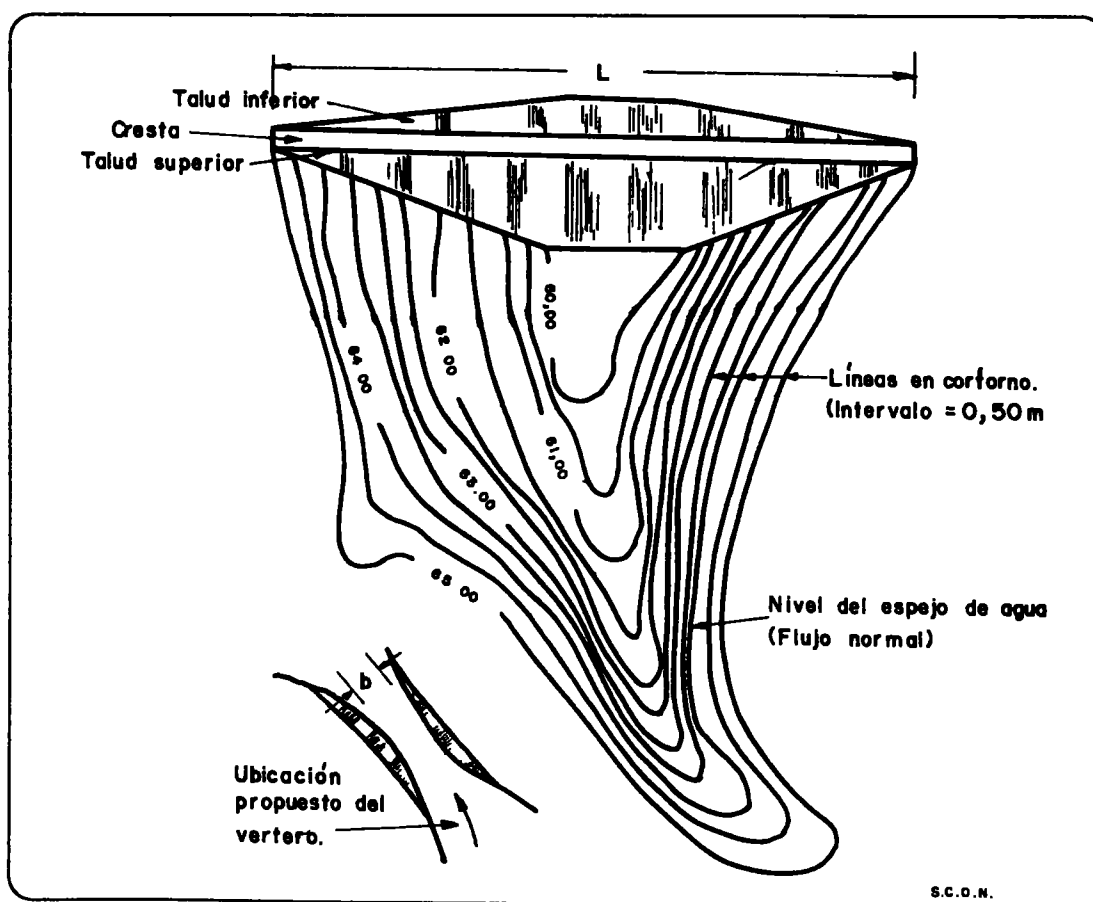
- Volúmen V_1 de relleno para la construcción de la represa (para la primera tajada) =

$$\frac{(S_0 + S_1)}{2} (h) \quad m^3$$

Siguiendo el mismo procedimiento $V_2 = \frac{(S_1 + S_2)}{2} (h) \quad m^3$

donde: S_0, S_1, S_2, S_3 etc. son las superficies horizontales de cada tajada.

- Se procede igual para el volúmen de agua en cada tajada: v_1, v_2, v_3, v_4 etc.



"Mapa Topográfico del Reservorio de la Represa"

- a) En cuanto a la capacidad del vertedero, se escoge el valor b (fondo del canal) que le da una capacidad adecuada Q_c , con la cual este caudal es igual o mayor que la cantidad de escorrentía Q_e de la vertiente (cuenca) de la represa. La escorrentía se estima usando la fórmula racional:

$$Q_e = \frac{C I a}{360} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

- b) Con base al valor V_e , la altura de la represa H es determinada para que el V_e sea igual o mayor que V_a (Volúmen de almacenamiento)

El volúmen de escorrentía esperada V_e de una cuenca en el caso de una represa se calcula con la fórmula:

$$V_e = C P_e a / 1000 \text{ (m}^3\text{)}$$

donde

C	=	coeficiente de escorrentía (valor según la característica de la vertiente)
P_e	=	precipitación máxima diaria (mm)
a	=	superficie de la vertiente (m ²)

ANEXO NO. 8.13: MURO DE CONTENCION (PIEDRAS GRANDES O GABIONES)

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Altura del flujo de agua H = 0,30m máxima
- Ancho de la cresta del vertedero L = variable según la escorrentía.

2. _____

3. ESPACIAMIENTO

Suponiendo que el espejo de agua (con profundidad H de 0,30 m sobre la cresta del vertedero), coincide con la base del muro precedente, el espaciamiento E entre los muros es:

		<i>"Pendiente del lecho de la cárcava"</i>			
		2%	5%	10%	16%
E	$= \frac{(H+h)}{P} =$			$\frac{(0,30 + 0,50)}{P}$	
E	$=$	40	16	8	5 m

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

- Capacidad del vertedero rectangular

		<i>"Ancho de la Cresta L"</i>				
		1,00	1,50	2,00	2,50	3,00 m
a)	Fórmula de Francis:					
Q_c	$= 1,84 LH^{3/2}$					
	$= 0,301 (L)$	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90 m ³ /seg
con	$H = 0,30m$					
	$H^{3/2} = 0,164$					
(Vertedero con ribete filado)						

b)	$Q_c = 2,96 LH^{3/2}$					
	$= 0,486 (L)$	0,48	0,72	0,97	1,21	1,46 m ³ /seg
con	$H=0,30m$					
(Vertedero con ribete liso)						

5. SECCION TRANSVERSAL Y USO DE LOS ELEMENTOS

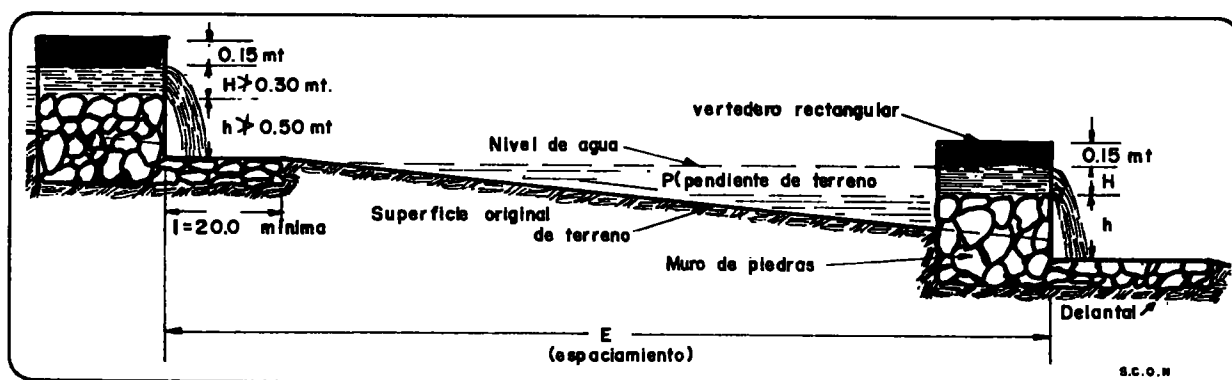
La escorrentía de la vertiente de la cárcava se determina por la ecuación racional:

Suponiendo que el	Q_e	$=$	(0,0028) $C I a$
	C	$=$	0,80 (según las características de la vertiente)
	I	$=$	80mm/hr (en base a las curvas de duración e intensidad de lluvia en la zona con duración igual al tiempo de concentración T_c de la vertiente)

La ecuación simplificada es:

Q_e	$=$	(0,0028)(0,80)(80) a	$=$	<i>"Superficie de la vertiente a"</i>
			2	5
			8	10 hectareas
	$=$	0,179(a)	$=$	0,358 0,896 1,430 1,790m ³ /seg

Si la vertiente abarca 5 hectáreas, con L de 3 metros de ancho (vertedero con ribete filado), es suficiente para desbordar la escorrentía de 0,896 m³/seg



"Vista de lado del muro de contención"
(parte central de la cárcava)

ANEXO N.º.8.14: ACEQUIAS DE DRENAJE

1 ELEMENTOS CONSTANTES

- Nivel diseñado de la napa freática debajo de la superficie del terreno (para cultivos anuales)
- Conductividad hidráulica (permeabilidad de suelo muy lenta) $y = 0,50m$
 $K = 0,001 \text{ m/hr}$
 $= 0,00027 \text{ m/seg}$
- Profundidad del estrato impermeable debajo de la superficie del terreno $H = (y+H_1)$
- Altura de carga de presión sobre el estrato impermeable:
 - a) a nivel de napa freática H_1
 - b) a nivel del agua de la acequia H_2

2. ELEMENTOS DE DRENAJE

- a) Coeficiente de drenaje Q

$$Q = CPe = (0,50)(100) = 50 \text{ mm/24 horas}$$

donde:

$$C = \text{coeficiente de infiltración} = 0,50 \text{ (según el tipo de suelo)}$$

$$Pe = \text{precipitación diaria máxima} = 100 \text{ mm}$$

3. ESPACIAMIENTO E

Según la suposición de DUPUIT, el espaciamiento E entre las acequias de drenaje se calcula con la ecuación:

$$E = \sqrt{\frac{Q}{4K(H_1^2 - H_2^2)}}$$

donde: H_1 y H_2 son alturas de carga de presión (m)
 K = la conductividad hidráulica (m/seg)
 Q = coeficiente de drenaje (m/seg)

4 ELEMENTOS HIDRAULICOS

- a) Escorrentía subsuperficial Q_s

La fórmula derivada por ISRAELSEN puede ser usada para determinar el valor de escorrentía subsuperficial que entra en las acequias de drenaje:

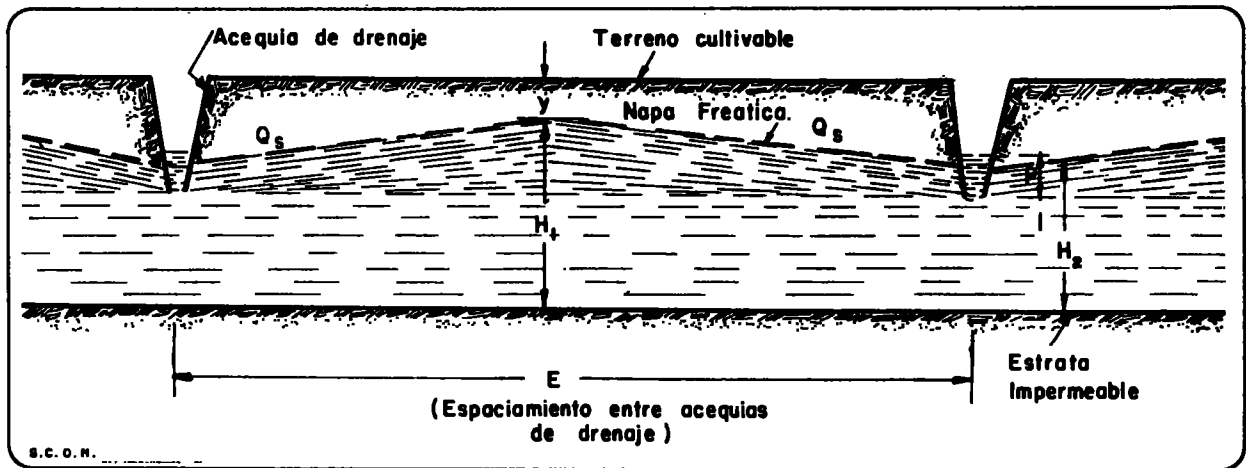
$$Q_s = \frac{2LK(H_1^2 - H_2^2)}{E^2} \quad \text{donde: } L = \text{longitud de la acequia}$$

- b) Escorrentía superficial Q_e

Se aplica la fórmula racional $Q_e = C_i A$ para calcular la escorrentía superficial que entra a la acequia de drenaje a través de una acequia de colector

- c) Acequia de drenaje

La capacidad de la acequia para desviar el total de escorrentía Q_t , ($Q_t = Q_s + Q_e$) se calcula usando la fórmula $Q_c = VA$, con una sección triangular y una velocidad estimada por la fórmula de MANNING. Q_c debe ser igual o mayor a Q_t .



"Sección Transversal de las acequias de drenaje"

ANEXO NO.9: COSTOS DE LAS MEDIDAS DE CONSERVACION

9.1 MEDIDAS AGROCONSERVACIONISTAS Y DE MANEJO DE SUELO

Los costos de las distintas prácticas están incluidos en las secciones pertinentes del Capítulo 4.

9.2 CALCULO DE LA CANTIDAD DE EXCAVACION DE TIERRA EN LA CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACION

A. Canal de guardia

La figura A9.1 ilustra la sección transversal del canal que consiste de las secciones A (área del flujo de agua) y A_c (área de corte superior), las cuales en suma darán la cantidad total de excavación transversal A_e.

a) El valor del A se obtiene en el cuadro A9.1 que varía según la base del canal b y el talud superior t_s y se calcula en el anexo 8.2.

CUADRO A9.1:
"VALOR DEL ÁREA DEL FLUJO DE AGUA A EN DISTINTOS RANGOS DE PENDIENTE DE TERRENO"

Pendiente de terreno	Talud superior recomendado	"valor de base de canal <u>b</u> "						
		0,30	0,50	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0 m
15 - 35 %	2:1	0,27	0,33	0,48	0,63	0,78	1,08	1,38 m ²
> 35%	1.1	0,23	0,29	0,44	0,59	0,74	1,04	1,34 m ²

b) El valor del A_c varia según el ancho superior de agua B y el talud superior t_s y está calculado por la ecuación

$$A_c = B h/2.$$

Para talud superior de 1.1 2:1

$$A_c = BC/2$$

 con un ancho superior $B=(b+0,90)$ $B=(b+1,20)$

c) Cálculo del valor C
 Para talud superior de 1.1, $h/c= 1/1$ o $h=C$, puesto que

$$P = \frac{h(100)}{(B+C)}; \text{ por sustitución, } C = \frac{BP}{(100-P)}$$

**CUADRO NO.A9.2: "VALOR DE C SEGÚN LA PENDIENTE
P Y EL ANCHO B"**

Pendiente del terreno

P= (100-P)=		40% (60%)		45% (55%)		50% (50%)		55% (45%)		60% (40%)	
b	B=(b+0.90)	(BP)	C	(BP)	C	(BP)	C	(BP)	C	(BP)	C
0,30	1,20m	(48)	0,8	(54)	0,9	(60)	1,2	(66)	1,5	(72)	1,8
0,50	1,40	(56)	0,9	(63)	1,1	(70)	1,4	(77)	1,7	(84)	2,1
1,0	1,90	(76)	1,3	(86)	1,6	(95)	1,9	(105)	2,3	(114)	2,9
1,5	2,40	(96)	1,6	(108)	1,9	(120)	2,4	(132)	2,9	(144)	3,6
2,0	2,90	(116)	1,9	(131)	2,4	(145)	2,9	(160)	3,6	(174)	4,4
3,0	3,90	(156)	2,6	(176)	3,2	(195)	3,9	(215)	4,8	(234)	5,9
4,0	4,90	(196)	3,2	(221)	4,0	(245)	4,9	(270)	6,0	(294)	7,4

d) Cálculo del valor A_c

Usando la fórmula de área triangular

$A_c = Bh/2$ o $A_c = BC/2$ para $t_s = 1.1$

CUADRO A.9.3: "VALOR DE AC SEGÚN EL ANCHO B Y C"

-Pendiente del terreno

	P=	40%	45%	50%	55%	60%
B	B/2	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
1,20	0,60	0,48	0,54	0,72	0,90	1,08
1,40	0,70	0,63	0,77	0,98	1,19	1,26
1,90	0,95	1,24	1,52	1,80	2,19	2,76
2,40	1,20	1,92	2,28	2,88	3,48	4,32
2,90	1,45	2,76	3,48	4,21	5,22	6,38
3,90	1,95	5,07	6,24	7,61	9,36	11,50
4,90	2,45	7,84	9,80	12,00	14,70	18,13

e) Cálculo del valor de corte de tierra o excavación A_e de la sección transversal de canal.

$A_e = A + A_c$ en metros cuadrados

CUADRO A9.4: "VALOR DE AC SEGÚN EL ANCHO "B"

-Pendiente del terreno

b	P= A= 0,30b + 0,135	40% Ae	45% Ae	50% Ae	55% Ae	60% Ae
0,30	0,23	0,71	0,77	0,95	1,13	1,31
0,50	0,29	0,92	1,06	1,27	1,48	1,76
1,00	0,44	1,68	1,92	2,24	2,63	3,20
1,50	0,59	2,61	2,87	3,47	4,07	4,91
2,00	0,74	3,50	4,22	4,94	5,96	7,12
3,00	1,04	6,11	7,28	8,65	10,40	12,54
4,00	1,34	9,18	11,14	13,34	16,04	19,47

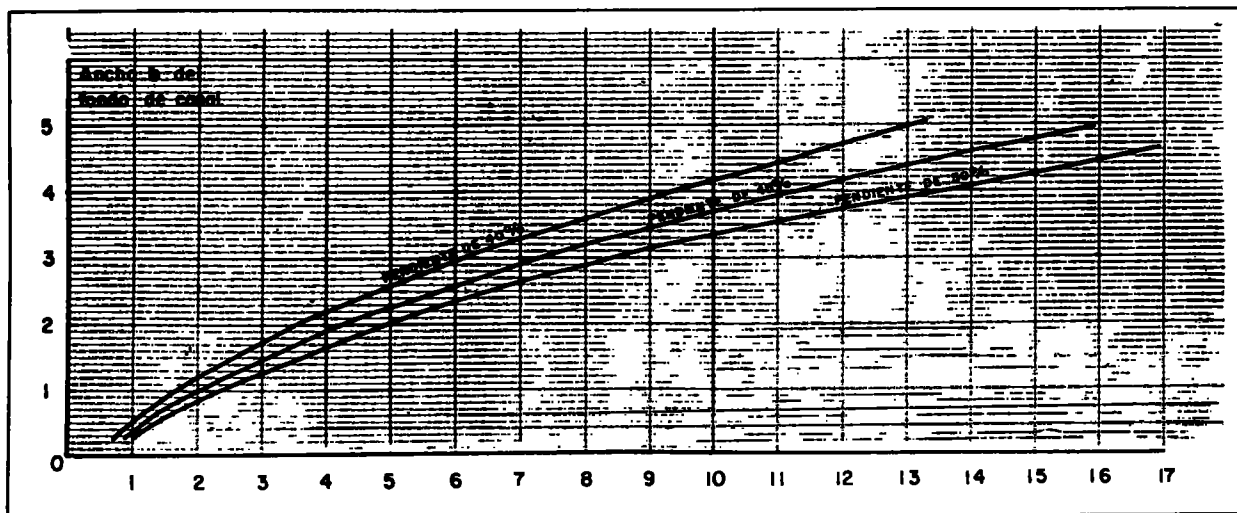
El gráfico A9 1 fue derivado del Cuadro A9 4. puede usarse para determinar rápidamente el volumen de excavación de tierra V_e (m³) en cada metro de largo del canal de guardia con talud superior de 1.1 en pendiente P de 40% a 50%.

f) La mano de obra en días hombres 1/ por 100 metros de canal se calcula como sigue (con talud superior de 1:1).

Pendiente	40%	45%	50%	55%	60%
b					
0,30	2.3	2.6	3.2	3.8	4.4 días hombre
0,50	3.1	3.5	4.2	4.9	5.9 días hombre
1,00	5.6	6.4	7.5	8.8	10.7 días hombre
1,50	8.8	9.6	11.5	13.5	16.4 días hombre
2,00	11.7	14.1	16.5	19.9	23.7 días hombre
3,00	20.7	24.3	28.8	34.7	41.8 días hombre
4,00	30.6	37.1	44.5	53.5	65.2 días hombre

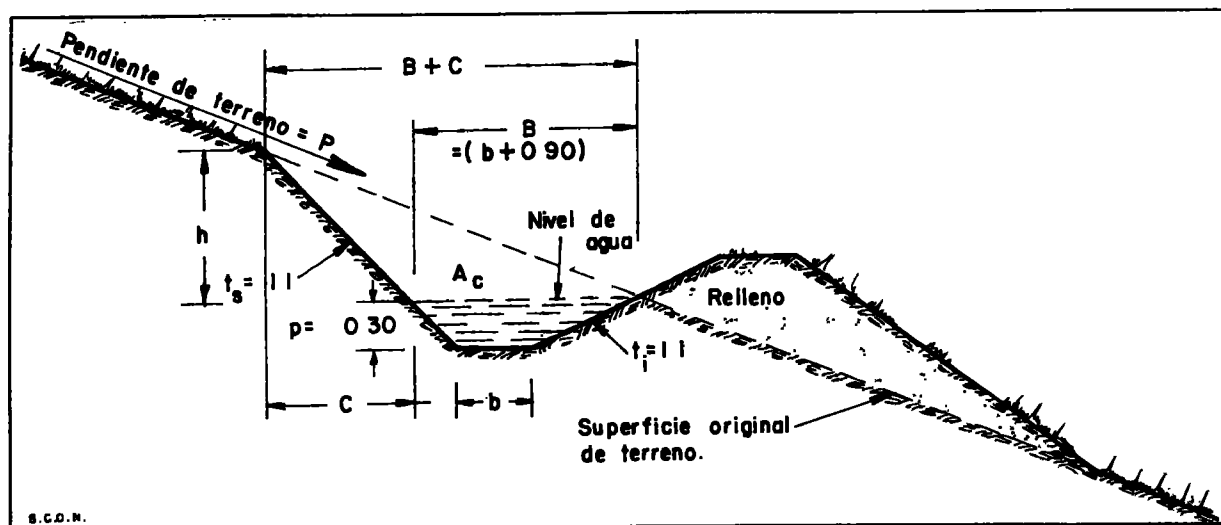
1/ La tasa de construcción fue calculada con base a 3m^3 por día hombre.

Gráfico A.9 1 Cantidad de suelo excavado según el ancho del canal para la construcción del canal de guardia en distintas pendientes de terreno.



Excavación de suelo en metros cúbicos por metro de largo de canal

Figura A.9 1 "Sección Transversal del Corte del Canal de Guardia"



A = Área del flujo de agua
Ac = Área de corte sobre el nivel de agua
Ae = Área total de excavación de la tierra en metros cúbicos.

B. Acequia de ladera

La figura A9.2 ilustra la sección transversal de la acequia de ladera que consiste de las secciones **A** (área del flujo de agua) y **Ac** (área de corte superior) las cuales en suma darán la cantidad total de excavación transversal **Ae**.

- a) El valor de **A** se obtiene en el cuadro A9.5 que varía según el ancho superior **B** de agua y el talud superior **ts** y se calcula en el anexo 8.5.

CUADRO A9.5: "VALOR DEL FLUJO DE AGUA A EN DISTINTOS RANGOS DE PENDIENTE DE TERRENO"

Pendiente terreno	Talud superior recomendado	Ancho superior de agua B	Áreas del flujo de agua A
< de 20%	4:1	1,80 m	0,27m ²
20 - 40%	2:1	1,20 m	0,18m ²
> 40%	1:1	0,90 m	0,13m ²

- b) El valor del **Ac** varía según el ancho superior de agua **B** y el talud superior **ts**; y está calculado por la ecuación $Ac = Bh/2$.

Para talud superior de:		1:1	2:1	4:1
Ac	=	BC/2	BC/4	BC/8
Y el ancho superior B	=	0,90	1,20	1,80

- c) Cálculo del valor **C**.

Para talud superior de	=	1:1	2:1	4:1
h	=	C	C/2	C/4
Y puesto que P	=	$h(100)/(B+C)$		
por sustitución C	=	$BP/(100-P)$	$BP/(50-P)$	$BP/(25-P)$

CUADRO A.9.6: "VALOR DE **C SEGÚN LA PENDIENTE **P** Y ANCHO **B**"**

i) Pendiente del terreno P (100-P)	=	40% (60%) (BP) C (36,0) 0,60	45% (55%) (BP) C (40,5) 0,73	50% (50%) (BP) C (45) 0,90
Con ancho B = 0,90m				
ii) Pendiente del terreno P (50-P)	=	25% (25%) (BP) C (30) 1,20	30% (20%) (BP) C (36) 1,80	35% (15%) (BP) C (42) 2,80
Con ancho B = 1,20m				
iii) Pendiente de terreno P (25-P)	=	10% (15%) (BP) C (18) 1,20	15% (10%) (BP) C (27) 2,7	20% (5%) (BP) C (36) 7,2
Con ancho B = 1,80m				

d) Cálculo del valor A_c y A_e Usando la fórmula de área triangular: $A_c = Bh/2$ CUADRO A.9.7: "VALOR DE A_c SEGÚN EL ANCHO B Y C "

Pendiente: del terreno	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Talud Superior $h =$ $A_c =$		4:1 $C/4$ $BC/8$ $B/8 = 0,225$			2:1 $C/2$ $BC/4$ $B/4 = 0,30$			1:1 C $BC/2$ $B/2 = 0,45$	
$A_c =$	0,27	0,61	1,62	0,36	0,54	0,84	0,27	0,33	0,41
Area de flujo = A		0,27m ²			0,18m ²			0,13m ²	
Excavación = total A_e	0,54	0,88	1,89	0,54	0,72	1,02	0,40	0,46	0,54

 $(A_e = A + A_c)$ CUADRO NO.A9.8: "COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ACEQUIAS
DE LADERA A MANO, POR HÉCTAREA"

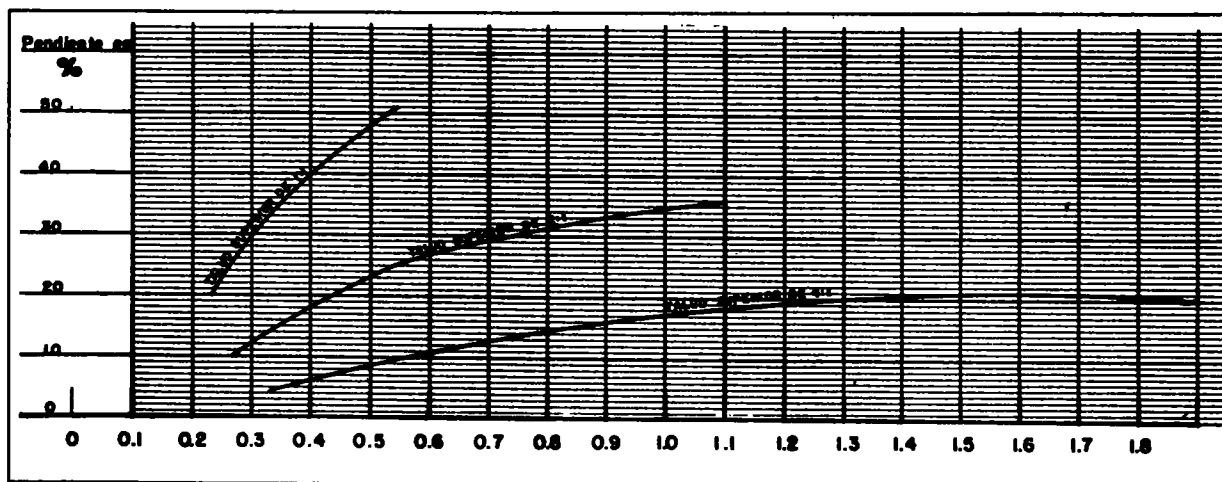
1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Pendiente del terreno	Espacia- miento	Ancho Superior de aguas de Aguas	Talud Superior	Longitud	Area de Flujo	Area de Excava- ciones	Volumen de Exca- vaciones	Días Hombre	Costo Mano de obra
Porciento %	m E	m B	ts	m/ha L	m ² A	m ³ /m Ae	m ³ /ha Ve	D.H.	mil ₡/ha
10						0,54	216	72	21,6
15	20	1,8	4.1	400	0,27	0,88	352	117	35,2
20						1,89	756	252	75,6
25						0,54	324	108	32,4
30	15	1,2	2:1	600	0,18	0,72	432	144	43,2
35						1,02	612	204	61,2
40						0,40	320	106	32,8
45	10	0,90	1:1	800	0,13	0,46	368	122	36,8
45						0,54	432	144	43,2
50									

Nota: - 300 colones por jornal o
- 100 colones por metro cúbico
(excavación a mano)

Con base a una hectárea de 200 m de
largo por 50 m de ancho.

(8)=(5)*(7)
(9)=(8)/3
(10)=(9)*300

GRÁFICO A.9.2: "CANTIDAD DE SUELO EXCAVADO SEGÚN LA PENDIENTE DEL TERRENO Y EL TALUD SUPERIOR"



Excavación de suelo en metros cúbicos por metro de largo de la acequia de ladera.

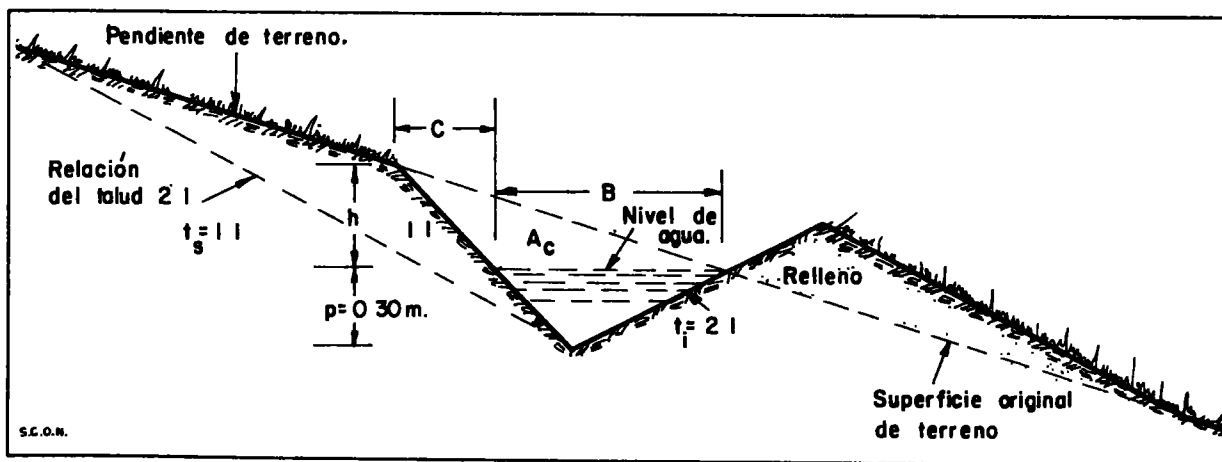


Figura A.9.2: "Sección Transversal de la acequia de ladera"

C. Terraza de desagüe

El procedimiento para calcular el volumen de excavación de suelo en la construcción de la terraza de desagüe es el mismo que para la acequia de ladera. Se estima.

- a) El valor del A con taludes de 4:1 y profundidad de agua p de 0,30 m

El área del flujo de agua A es igual a $BP/2$
o $A = (8p) P/2$, $A = 0,36 \text{ m}^2$

- b) El valor del A_c es igual a $Bh/2$;
o $A_c = BC/8$ y $A = 0,3C$

- c) El valor del C es igual a $BP/(25-P)$;

puesto que $P = h(100)/(B+C)$, y $h=C/4$ para talud 4.1. El cálculo se facilita en forma de tabulación:

Pendiente	P=	2%	5%	10%	15%
(25-P)	=	(23%)	(20%)	(15%)	(10%)
BP	=	4,8	12	24	36
C	=	0,21	0,60	1,60	3,60

d) El volúmen de corte por hectárea.

El cuadro A9.9 demuestra el procedimiento para calcular el corte A_c , volúmen de suelo y la mano de obra para la construcción de las terrazas de desagüe a mano.

CUADRO A.9.9: "VOLÚMEN DE EXCAVACIÓN Y DÍAS-HOMBRES POR HECTÁREA"

Pendiente del terreno	Espaciamiento	Número de terrazas	Corte super de suelo	Volúmen por metro	Largo total	Volúmen total	Mano de obra
P (%)	E (m)	N	A_c (m ²)	A_e (m ³ /m)	L (m)	V_c (m ³ /ha)	D.H Día hombre
(menor 2%)	50	1	0,063	0,42	200	84	28
(2 - 5 %)	30	1	0,18	0,54	200	108	36
(5 - 10%)	25	2	0,48	0,84	400	336	112
(10 - 15%)	20	2	1,08	1,44	400	576	192

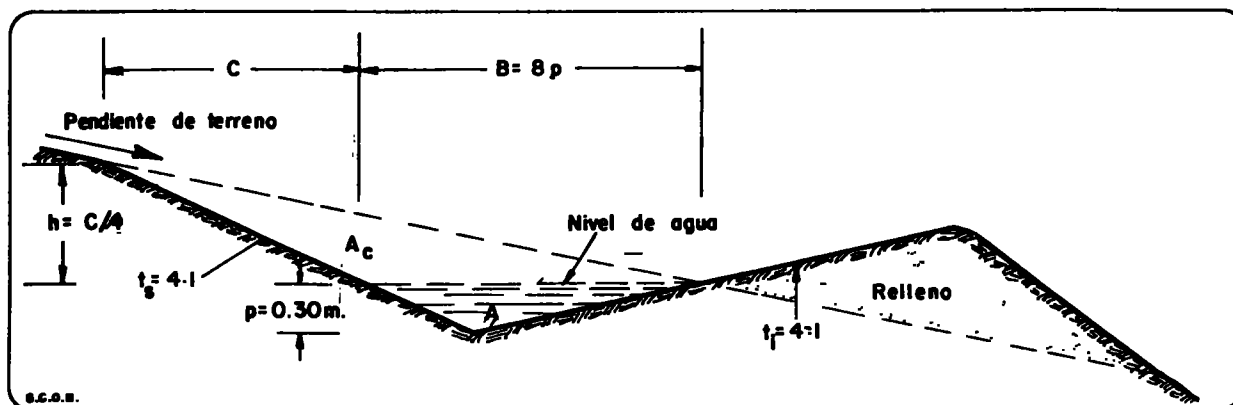


Figura A.9.3: "Sección Transversal del Corte de la terraza de desagüe"

D. Terraza de banco

La construcción de la terraza tiene sus limitaciones por que después de la excavación debe quedar la capa productiva del suelo o parte del suelo superficial sobre el banco. Para obtener esa condición de suelo arable, la profundidad máxima del corte de suelo no debe ser mayor a la mitad de la profundidad efectiva del suelo que es igual que la mitad del talud vertical $V/2$.

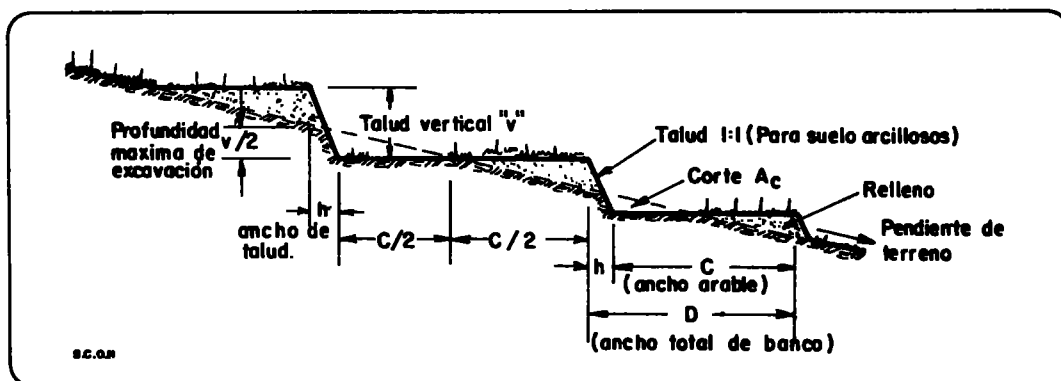


Figura A.9.4. "Corte del suelo A_c de la sección transversal de la terraza"

- i) El cuadro A9.10 indica el procedimiento para calcular el área de corte A_c en pendiente de 15%, 20%, y 25%, usando una profundidad efectiva de suelo de 50 cm (V) y un talud de 1 1.

CUADRO A.9.10: "CÁLCULO DEL CORTE DE SUELO"

-Pendiente de terreno P	=	15%	20%	25%
- $P = \frac{V}{D} (100)$				
o $D = \frac{V}{P} (100)$; $D = 50/p$	=	3,30	2,50	2,00 m
-Ancho arable $c = D - h$				
$c = D - 0.50$	=	2,80	2,00	1,50 m
(con $h = 50\text{cm}$ para talud 1 1)				
-Área de corte $A_c = (C/2) (V/2) 1/2$				
$A_c = CV/8$	=	0,175	0,125	0,937m ² /m

- ii) Para calcular el volumen de suelo a remover por hectárea en la construcción de las terrazas de banco y los hombre-días necesarios, se sigue el procedimiento ilustrado en el Cuadro A 9.11

CUADRO A.9.11: "CÁLCULO DEL COSTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS TERRAZAS DE BANCO (TALUD 1:1; PROFUNDIDAD EFECTIVA DE SUELO DE 50CM) A MANO, POR HECTÁREA:

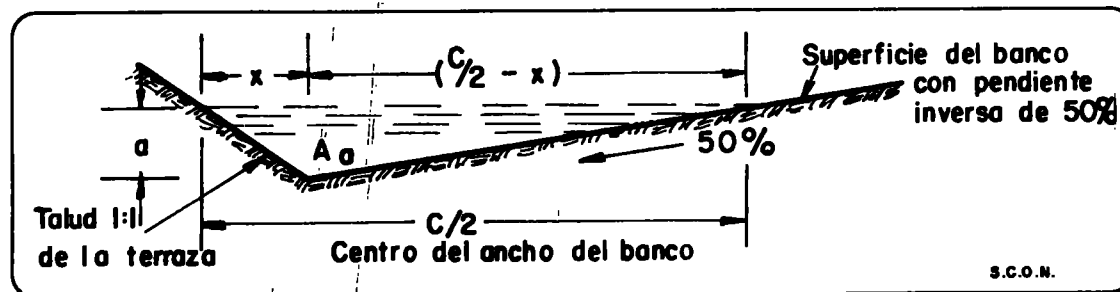
- Pendiente del terreno:	15%	20%	25%	
- Número de terrazas por hectárea (de 200 metros por 50 metros)				
$N = \frac{50}{D}$	=	15	20	25 terrazas
- Longitud total por hectárea				
$L = (200) N$		3000	4000	5000 m
- Volúmen de excavación por hectárea = $V_e = (L) A_c$		525	500	468 m ³ /ha
- Hombre-días $D.H = \frac{V_e}{3}$	=	175	167	156 días-hombre por hectárea
(a 3m ³ por día-hombre)				
- Costo de la construcción a mano	=	52,50	50,50	46,80 mil colones por hectárea
(a 300 colones (U.S.\$3,75) por jornal)				

E) Terraza de buerto

El cálculo de la excavación es similar al de la terraza de banco. Por la inclinación inversa del banco arable de la terraza de huerta, se creó una sección de corte adicional A_a que debe incluirse en el corte A_c para la determinación del corte A_e total.

a) Cálculo del corte A_a adicional.

La sección transversal es una forma triangular donde $A_a = (C/2)(a/2) = C_a/4$



La pendiente inversa se puede expresar como: $50/100 = a/(c/2-x)$; y con talud de 1.1, $x = a$

Simplificando: $50/100 = \frac{a/(c-a)}{2}$, $a = 0,16c$

b) Cálculo del valor c y a :

En distintas pendientes P , el valor del D (ancho total del banco) fue calculado por $P = V(100/D)$. En este ejemplo usar $V = 0,50$ m para la profundidad efectiva de suelo.

CUADRO A.9.12: "VALOR DEL C (ANCHO ARABLE) Y A".

- Pendiente P	=	35%	40%	45%	50%
- Ancho total de la terraza D	=	1,42	1,25	1,11	1,00m
- Ancho del banco $c = D - h$ para talud 1.1, $h = 0,50$ m)	=	0,92	0,75	0,61	0,50m
- $a = 0,16c$	=	0,14	0,12	0,09	0,08m
- Corte superior $A_c = (c/2)(V/2-a)/2$ $= c/4 (0,25-a)$	=	0,025	0,024	0,024	0,021m ²
- Corte adicional $A_a = ca/4$	=	0,032	0,022	0,014	0,010m ²
- Corte total $A_e = A_c + A_a$	=	0,057	0,046	0,038	0,031m ²

c) Cálculo del costo para la construcción de las terrazas de huerta.

i) Número de terrazas por hectárea

(de 200 metros por 50 metros)

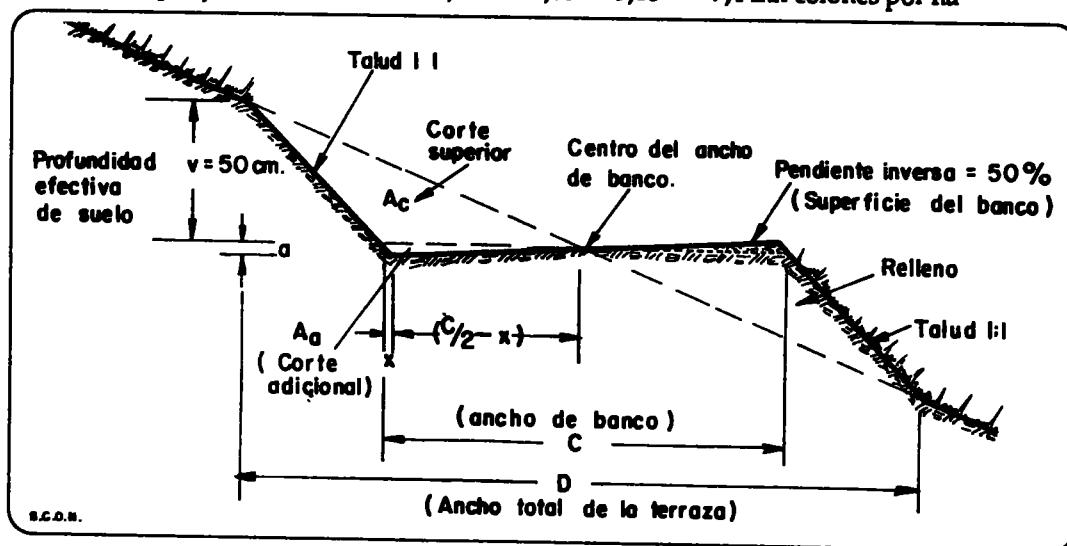
$$N = 50/E = 12 \text{ terrazas por hectárea}$$

(E = espaciamento entre terrazas o hileras de árboles)

($E = 4$ metros para macadamia)

ii) Longitud total por hectárea = $L = (200)N = 2400$ m

iii) Pendiente de terreno P	=	35%	40%	45%	50%
iv) Volúmen de excavación por hectárea $V_e = L (A_e)$	=	137	110	91	74m ³ /ha
v) Hombres-días $D.H = \frac{V_e}{3}$	=	46	37	30	25D.H
vi) Costo de la construcción a mano. (a 300 colones por jornal	=	13,70	11,00	9,10	7,4 mil colones por ha



Nota: El corte total de suelo $A_e = A_c + A_a$

Figura A.9.5: "Sección del Corte Transversal de la Terraza de Huerta"

F) Vía de agua empastada

Considerando que el nivel máximo de agua que escurre a través de la vía llega hasta el nivel de la superficie de terreno, la excavación de suelo es igual que el área del flujo de agua de la sección transversal de la vía. (Ver la parte de diseño de la estructura, Anexo 8.3). El resultado del cálculo del volúmen de la excavación, puede observarse en el cuadro A9.13.

CUADRO A.9.13: "VOLÚMEN DE EXCAVACIÓN Y TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN"

- Ancho superior B de la sección parabólica:	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00m
- Area del corte A_e =	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40 m ²
- Volúmen de excavación de suelo cada 100 metros de largo de la vía.	20	24	28	32	36	40 m ³
- Tiempo de construcción a mano por 100 metros de largo (usando el valor de 3 metros cúbicos por día por hombre)	7	8	10	11	12	14 días

G) Barrera de piedra

La barrera se trata como un muro con una sección trapezoidal de 40cm de altura, 10cm de ancho de la cresta y 30cm de base. La superficie de la sección transversal del muro de piedra es:

$$A_e = \frac{(0,10 + 0,30) (0,40)}{2} = 0,08\text{m}^2$$

En forma tabulada, se calcula el volumen de piedra necesario para construir las barreras en una hectárea.

- Pendiente de terreno P	=	10%	20%	30%	40%	50%	
- Espaciamiento entre hileras de las barreras de piedra. E	=	20	10	5	5	5	m
- Número de hileras por hectárea (de 150 metros de largo por 66 metros de ancho). $N=66/E$		3	6	13	13	13	hileras/ha
- Longitud total de las barreras por hectárea: $L = N(150)$		450	900	1950	1950	1950	m/ha
- Volumen de piedra por hectárea $V_p=L(A_e)$		36	72	156	156	156	m ³ /ha
- Mano de obra D.H. (con base a 1,5 días-hombres cada 10 metros de largo) D.H. = 1,5 L/10 D.H. = 1,5 (N) (150)/10 D.H. = 22,5 N	=	68	135	293	293	293	días-hombre por hectárea

H) Represa de tierra

- i) El vertedero de la represa tiene una sección transversal trapezoidal con base b variable según la cantidad de escorrentía, una altura de 1,15 metros (que consiste de la profundidad de inundación de 50cm y del borde libre de 65cm desde el nivel de inundación hasta la cresta de la represa), y ancho superior B de $(b + 4,60)$ para taludes de 2:1. En forma tabulada, se calcula el corte de suelo cada 100 metros de largo del vertedero en distintos ancho b de la base.

- Base:	b=	2	3	4	5	6	m
- Ancho superior (B = b+4,60)	B=	6,60	7,60	8,60	9,60	10,60	m
- (b + 2,30)	=	4,30	5,30	6,30	7,30	8,30	m
- Corte $A_e = \frac{(B+b)}{2} (1,15)$							
$A_e = (b+2,30)(1,15)(100)$ de longitud	=	495	610	725	840	955	m ³ /100m
-Mano de obra (a 3m ³ por día-hombre)	=	165	203	242	280	318	días hombres cada 100 m

- ii) El volumen de tierra aproximado necesario para construir la represa, se calcula por la fórmula de N.W. Hudson (1975):

$$V_r = 0,216 HL (5 + 5H)$$

donde H = altura máxima de la represa (m)

L = longitud de la cresta (m)

La fórmula fue simplificada usando 2,50m de cresta, y taludes de 3:1 (parte superior) y 2:1 (parte inferior). El volumen de relleno V_r se estima en forma tabulada con distintas alturas de la represa:

-Altura H	=	4	5	6	m
-(5 + 5H)	=	25	30	35	
-(0,216H	=	0,86	1,08	1,30	
- $V_r = (0.216H)(100)(5+5H) =$		2150	3240	4550	m ³ /100m de largo

Construcción

i) por tractor _____ a mano _____ colones por jornal

_____ metros por hora

_____ m³ por hora (_____) x (_____) = _____ d h

_____ d h días hombres

_____ horas Duración _____ d h / 100 metros

3 Represa de Conservación de Agua

- Longitud de la represa L = _____ mt Volúmen de agua almacenado Va = _____ m³
 - Altura. H = _____ mt Superficie de espejo de agua = _____ m²
 - Volúmen de relleno Vr = _____ m³ Profundidad máxima de agua = _____ m

Vertedero

b ancho de base _____ m; profundidad de agua _____ m; taludes t_s _____

t_i _____

4 Prácticas agroconservacionistas

i Barreras vivas (muertas) L = _____ mts

ii Otras prácticas específicas

() () Superficie tratada _____ m²
 () () Superficie tratada _____ m²
 () () Superficie tratada _____ m²

iii Parámetros

- Pendiente terreno P = _____ %
 - Espaciamiento E = _____ mt
 - Labranza mecánica ☐ con bueyes ☐ Manual ☐
 - Espec a sembrar _____ semilla _____ Kg/Ha Peso material Vegetativo = _____ Ton/Ha
 - Distancia de siembra = _____ (entre plantas) X _____ (entre surcos)
 - Cantidad residuos a aplicar = _____ t/Ha

iv Costos

- Tractor _____ horas; _____ \$ por hora = _____ Colones
 - Mano de Obra

(incluye trazado _____ días x _____ hombre = _____ d h ()
 y/o construc) _____ días x _____ hombres = _____ d h ()
 _____ días x _____ hombres = _____ d h ()

- Labor específica por práctica

_____ d h | 100 metros () _____ d h | Ha.
 _____ d h | Ha, () _____ d h | Ha

5 Prácticas de manejo

i Labranzas () _____ Superficie _____ Ha
 () _____ Superficie _____ Ha
 () _____ Superficie _____ Ha

ii Otras prácticas a especificar

() () Superficie tratada _____ m²
 () () Superficie tratada _____ m²
 () () Superficie tratada _____ Ha
 () () Superficie tratada _____ Ha
 () () Superficie tratada _____ Ha
 () () Superficie tratada _____ m²

iii Parámetros

- Labranza mecánica ☐ con bueyes ☐ manual ☐
 - Implemento Subsoladora ☐ Chisel ☐ arado vertedera ☐ arado de disco ☐ rastra ☐
 Kotavictor ☐

- Especie a sembrar _____ semilla: _____ Kg/Ha Peso mat vegetativo _____ ton/Ha.
 _____ semilla _____ Kg/Ha, Peso mat vegetativo _____ ton/Ha

- Rotación prevista _____

Duración _____ años Cultivos Alternativos _____

- Estiércol _____ dosis = _____ ton/Ha

- Compost dosis = _____ kg/mata o _____ ton/Ha.

- Fertilización _____ sacos de NH_4NO_3 /Ha, cultivo _____
 _____ sacos de _____ Ha, cultivo _____
 _____ sacos de _____ Ha, cultivo _____

- Cal cultivo _____ Kgs/Ha cada _____ años
 cultivo _____ Kgs/Ha cada _____ años

iv Costos

- Tractor tipo _____ horas _____ \$/hora = _____ col
 (e implemento) _____
 tipo _____ horas _____ \$/hora = _____ col

- Mano de Obra _____ días x _____ hombre _____ d h ()
 (incluye _____ días x _____ hombre _____ d h ()
 trasplante y/o _____ días x _____ hombre _____ d h ()
 elaboración y/o _____ días x _____ hombre _____ d h ()
 siembra y/o _____ días x _____ hombre _____ d h ()

aplic y o in-
 corporación ,

- Cantidad de Trabajo por práctica

() _____ d.h/Ha () _____ d h/Ha
 () _____ d h/Ha () _____ d h/Ha
 () _____ d h/Ha () _____ d h/Ha

ANEXO NO.11

EL USO DE LOS INSTRUMENTOS PARA CONSERVACION

En los trabajos de conservación de suelos, se hace necesario utilizar diferentes instrumentos de topografía, tales como el nivel A, codal o caballete, nivel de manguera, nivel abney o clinómetro, nivel de ingeniero o equaltímetro entre otros. Además existen otros aparatos que nos sirven para obtener la planimetría y detalles para situarlos en un mapa o plano de la finca en estudio como: la plancheta y la brújula de agrimensor

Algunos de estos instrumentos son muy precisos y seguros para hacer el trazado de las obras de conservación de suelos, pero son de difícil manejo y costosos. Otros que son muy simples y de bajo costo permiten hacer los trazos con una precisión muy aceptable, con materiales baratos y de simple construcción.

El proceso completo de levantamiento topográfico puede dividirse en dos partes: trabajos de campo, que consisten en la toma directa de los datos en la finca y trabajos de gabinete para el cálculo y dibujo de los linderos de la finca y de las obras de conservación correspondientes.

11.1 EL NIVEL "A"

Este instrumento muy sencillo sirve para trazar líneas en contorno o sea curvas a nivel, y también para trazar líneas con cierta pendiente o desnivel.

a. Construcción

Existe 2 tipos de nivel A. el nivel A "rudimentario", que puede ser fabricado rápidamente en el campo con palos y cuerdas, y el nivel A "estandarizado" que vamos a describir a continuación.

La ventaja de este último reside en su precisión para trazar líneas con cierta pendiente.

i. Materiales.

- dos reglas de 1" x 2" x 305,50 cm. de largo
- una regla de 1" x 2" x 236 cm. de largo
- tres tornillos con tuerca de mariposa
- un taladro para perforar los huecos
- una piedra o un peso

ii. Procedimiento.

Se alistan las reglas, perforando los huecos según el siguiente plano (no a escala).

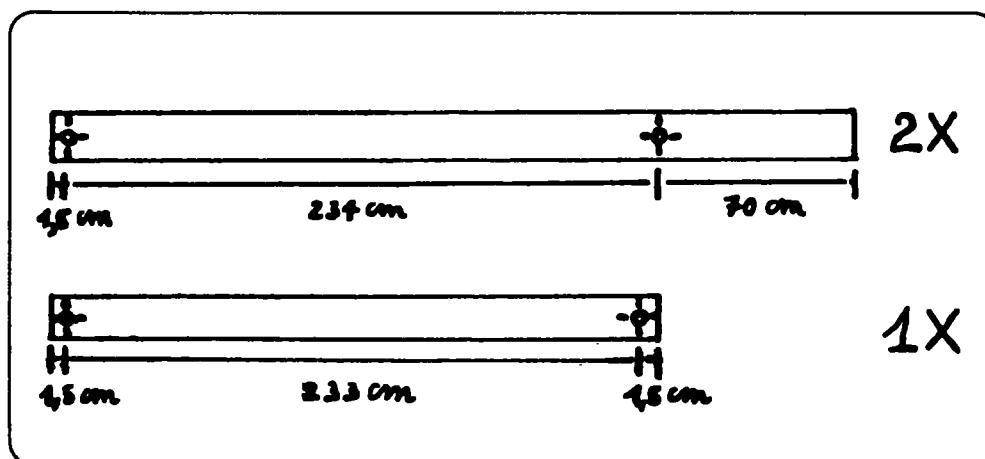


Figura No. A11 1 Medidas de las reglas a utilizar en la construcción del nivel "A"

Luego se unen las dos reglas largas con un tornillo de tal manera que formen una A, a lo cual se añade la última regla por medio de los 2 tornillos.

Una vez el marco listo se amarra la cuerda con el peso al tornillo superior, y el nivel está armado.

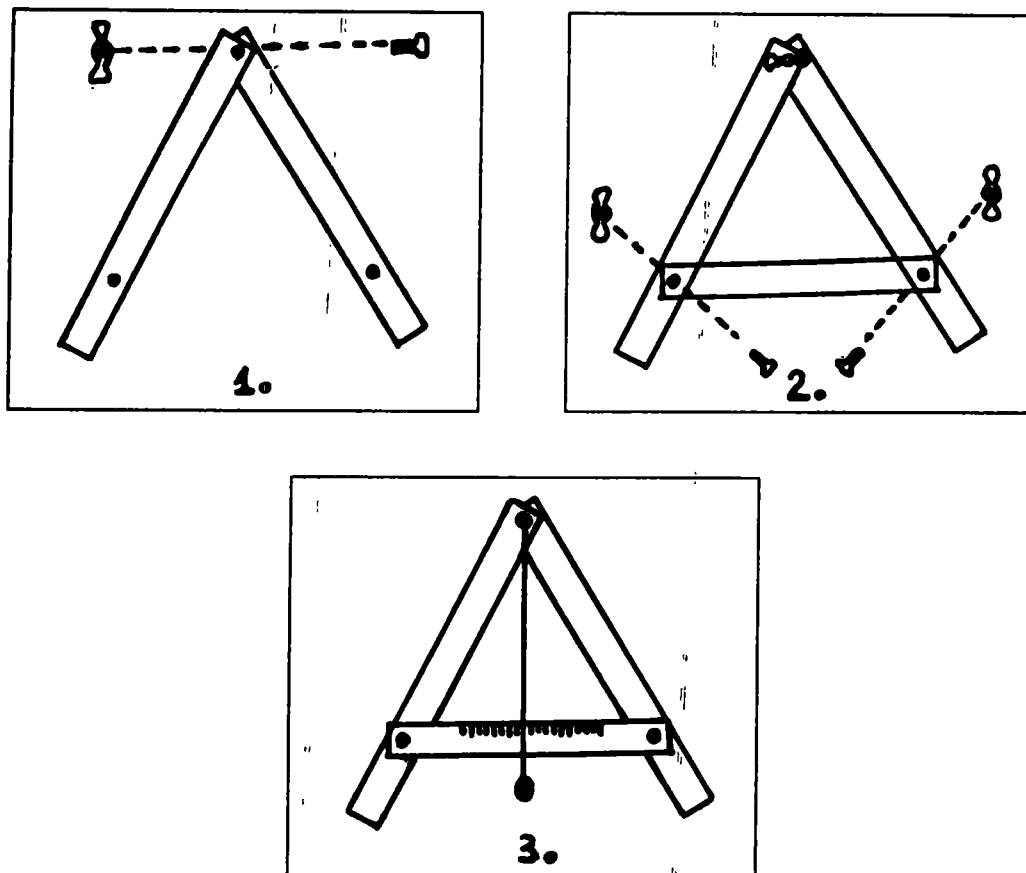


Figura No. A11.2: Etapas de la construcción del nivel "A"

b. Calibración

- i. La calibración inicial consiste en encontrar el punto sobre la regla perpendicular al cordel que corresponde al equilibrio cuando las 2 patas del aparato estén al mismo nivel. Si se ha seguido cuidadosamente las instrucciones de construcción, dicho punto estará exactamente al centro de la regla, a 118 cm de cada extremidad. Si se quiere averiguar el punto, es muy fácil: colócase el instrumento en terreno inclinado. Marque los lugares donde las partes tocan el suelo, y marque el lugar sobre la regla donde la plomada se estabilizó. Luego se le da la media vuelta al instru-instrumento, colocando las patas en las marcas, y se marca el nuevo punto de equilibrio de la plomada. La mitad de la distancia delimitada por los dos puntos marcados corresponde al punto donde el aparato está a nivel.
- ii. La posterior calibración se realiza para poder trazar líneas con desnivel, desde valores de 0,5% hasta 56%, con pasos de 0,5%. En la realidad, las dimensiones y la ensambladura de las reglas han sido calculadas para simplificar el uso del nivel A y dar por cada graduación de 1 cm sobre la regla, un desnivel de 0,5%. Se procede entonces a graduar la regla de cm en cm, de ambos lados del punto de nivel.

c. Justificación

Nuestro instrumento tiene la forma de un triángulo equilátero de 3 m de lado.

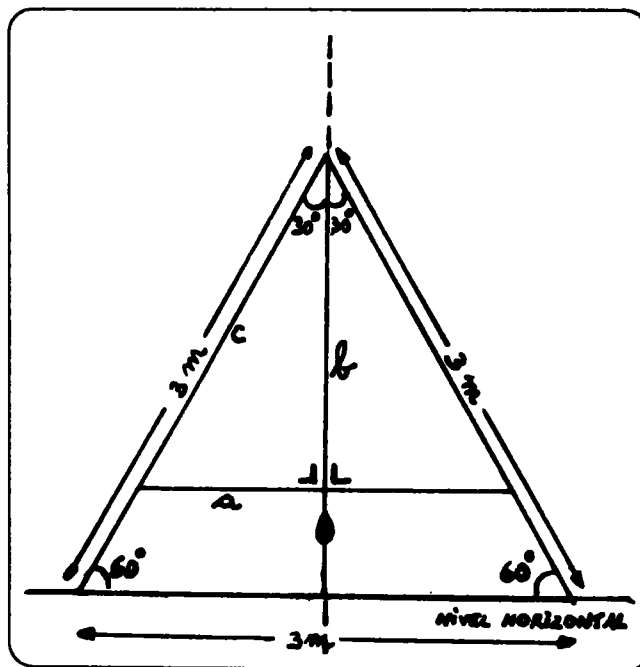


Figura No.A11.3: Nivel "A" sobre terreno plano.

La vertical siempre es indicada por la plomada.

Nos interesamos en la intersección de la plomada con la regla de lectura. De cuánto se va mover la plomada sobre la regla cuando trazamos a 0,5% por ejemplo.

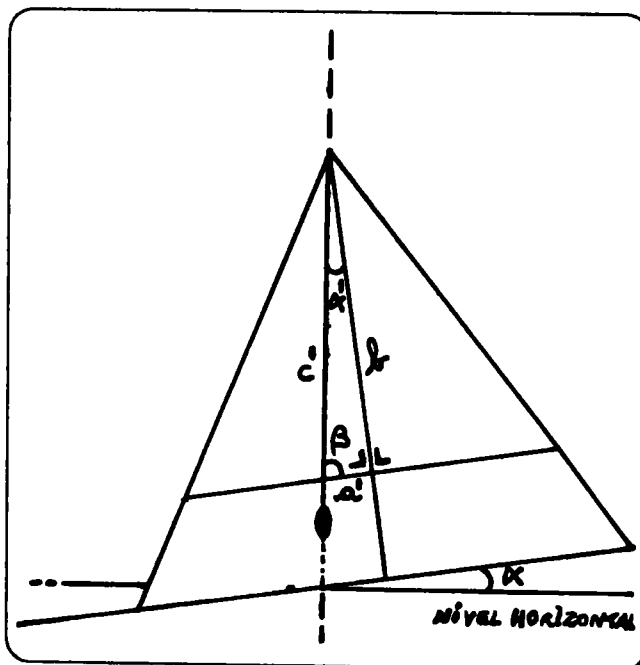


Figura No. A11 4. Nivel "A" sobre terreno inclinado.

Siendo que:

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha^1 \\ a^1 &= \cos B \cdot c^1 \\ b &= \cos \alpha \cdot c^1\end{aligned}$$

$$\text{o sea } c^1 = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$\text{o sea } B = 90 - \alpha$$

Por sustitución: $a^1 = \frac{b}{\cos \alpha} \cos (90 - \alpha) = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$

$$\text{como } \operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{100}$$

$$a^1 = \frac{b \cdot S}{100}$$

Lo cual se quería demostrar

O sea que el desplazamiento sobre la regla es directamente proporcional a la gradiente S y al valor b (distancia del tornillo superior a la regla de lectura cuando el instrumento está a nivel).

Esta distancia vale 2 metros en nuestro nivel para facilitar la lectura.

Por ejemplo: si $S = 0,5\%$ entonces $a^1 = 0,01\text{m} = 1\text{ cm}$
 si $S = 1\%$ $a^1 = 2\text{ cm}$
 etc. hasta un valor máximo de a^1 de 112 cm.

d. Uso del nivel

La lectura de la cantidad de cm desde el punto de nivel dividido por 2 nos da la gradiente en %.

Para trazar una curva a nivel, se empieza en el punto de partida de la curva marcado por una estaca, colocando ahí la primera pata. Con la segunda pata se va buscando la posición que corresponde a la plomada frente a la marca central. Se clava una estaca en el punto encontrado con la segunda pata, a 3 metros de la primera estaca. Para buscar el siguiente punto, se coloca la primera pata en la última estaca y se va buscando el punto con la segunda pata, y así sucesivamente. De esta manera se obtiene la curva a nivel con estacas cada 3 metros.

Para el trazo de líneas con desnivel se procede igual, pero se usa como punto de referencia para lo plomada el que corresponde a la gradiente deseada. Este punto puede ser marcado con un cordel o una liga para que no haya equivocación con las otras graduaciones.

Si la pendiente del terreno es homogénea y el relieve poco accidentado, el nivel nos permite también medir la pendiente del terreno, en el rango de 0 hasta 56%, con una precisión de 0,5%.

11.2. NIVEL DE CABALLETE O CODAL

El codal es un aparato de construcción sencilla y de bajo costo. Se utiliza madera y nivel de carpintero que se coloca en la parte media de una vara horizontal en la cual se colocan dos reglas verticales en los extremos que sirven de patas. Una de estas se deja movable. Es recomendable construir con las dimensiones y ajustes de sus diferentes piezas, a fin de lograr la máxima precisión posible en el trabajo (figura No. A11.5).

Para trazar curvas a nivel, se mantiene la burbuja del nivel en el centro y las dos patas a la misma altura. Variando la medición de una de sus patas, habilita el codal para realizar trazos a diferentes desniveles. Si por ejemplo la regla horizontal mide 2 m, la gradiente más pequeña que se puede trazar es de 5×1000 (0.5%), o sea que corresponde a un deslizamiento de 1 cm en una distancia de 2 m.

Con este instrumento es posible realizar lecturas de pendiente, colocándolo en forma invertida con un nivel de carpintero que nos servirá para nivelarlo en forma horizontal, tomando las medidas del caso, la pendiente sería: $\text{Pendiente} = \frac{x}{2} \text{ en cm}$

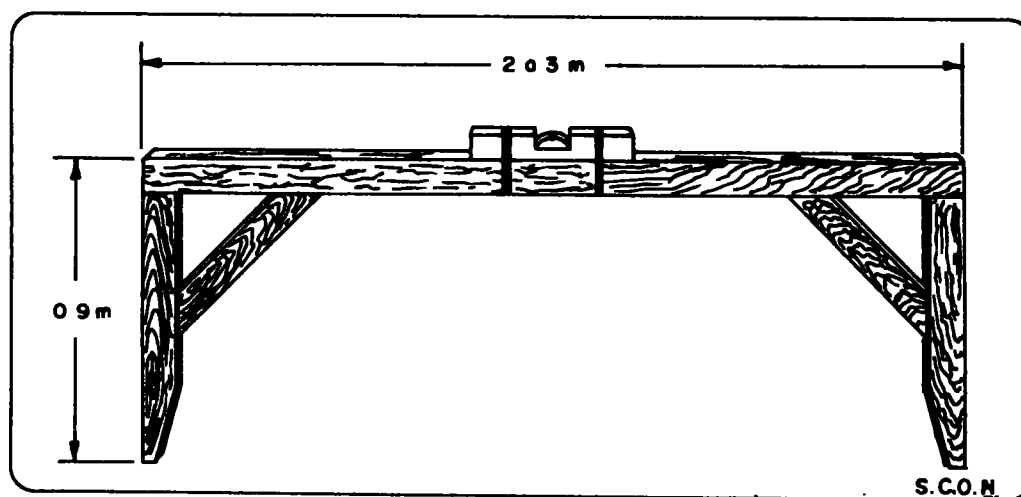


Figura No.A11.5: Nivel de caballete.

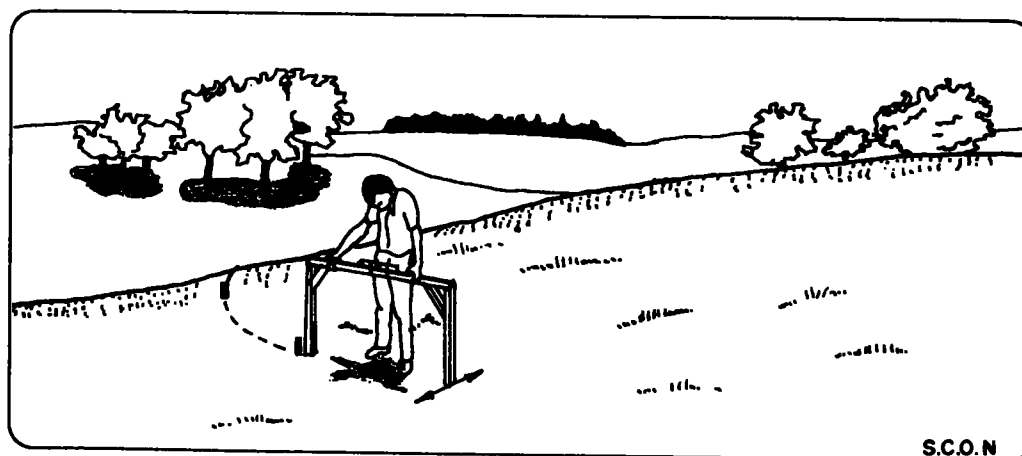


Figura No.A11.6: Posición de uso del caballete.

11.3. NIVEL DE MANGUERA

El nivel de manguera es un instrumento sencillo de medición, utilizado en el trazo de las diferentes prácticas de conservación de suelos. Puede ser construido rápidamente utilizando materiales locales y se maneja con facilidad.

Este tipo de nivel puede ser improvisado localmente con los siguientes materiales:

- 15 metros de manguera plástica de 3/8" de diámetro.
- 2 reglas de madera de 5cm x 2cm x 200cm de largo (preferiblemente de madera resistente a los cambios de temperatura como pochote o laurel).
- 6 gomas metálicas con tornillo.

La manguera está pegada en las dos reglas de madera (ver figura A11.7) dejando 11 metros de largo libre entre ellas. Para usar este instrumento debe existir 10 metros de distancia horizontal entre las dos reglas.

Los 11 metros de largo tienen un metro para compensar el error de distancia horizontal cuando la manguera no se puede enderezar en la pendiente muy empinada o en la presencia de los grandes troncos y tocones a lo largo de la pendiente del terreno.

a) El uso del instrumento

i) Nivelación.

A mano, ponga las dos reglas a nivel y llene la manguera con agua, marcando el punto de nivel de agua como el punto cero de referencia.

Para nivelar un terreno o un canal a construir, colocar una de las reglas en varios puntos hasta que el nivel de agua en la manguera llega al punto cero de referencia.

ii) Determinación de la pendiente del terreno.

Repetir el procedimiento para determinar el punto cero de referencia. Para calcular la pendiente del terreno se usa la fórmula $S = \frac{a}{d} (100)$ (ver figura A11.2)

Mirando la figura A11.4 se ve que en la parte superior del terreno (punto más alto), el nivel de agua en la manguera baja, mientras en la parte inferior (parte más baja), el nivel de agua sube hasta que los dos niveles están en la línea horizontal. La caída x o deslizamiento desde el punto cero de referencia es igual que la subida y .

En comentario a la figura se explica porqué x es igual que y y también el valor de a en términos de x o y .

iii) Valor de deslizamiento x o y para trazar estructuras de conservación.

El cuadro A11.1 se usa para fijar el valor de caída o subida del nivel de agua desde el punto cero de referencia en distintos gradientes del canal. Por ejemplo, si queremos trazar un canal de drenaje o acequia de ladera con pendiente de 2×1000 , o 0,20%, el valor de x que tendría que usarse es 1 cm, con base a la fórmula $S = 0,20 \times \%$.

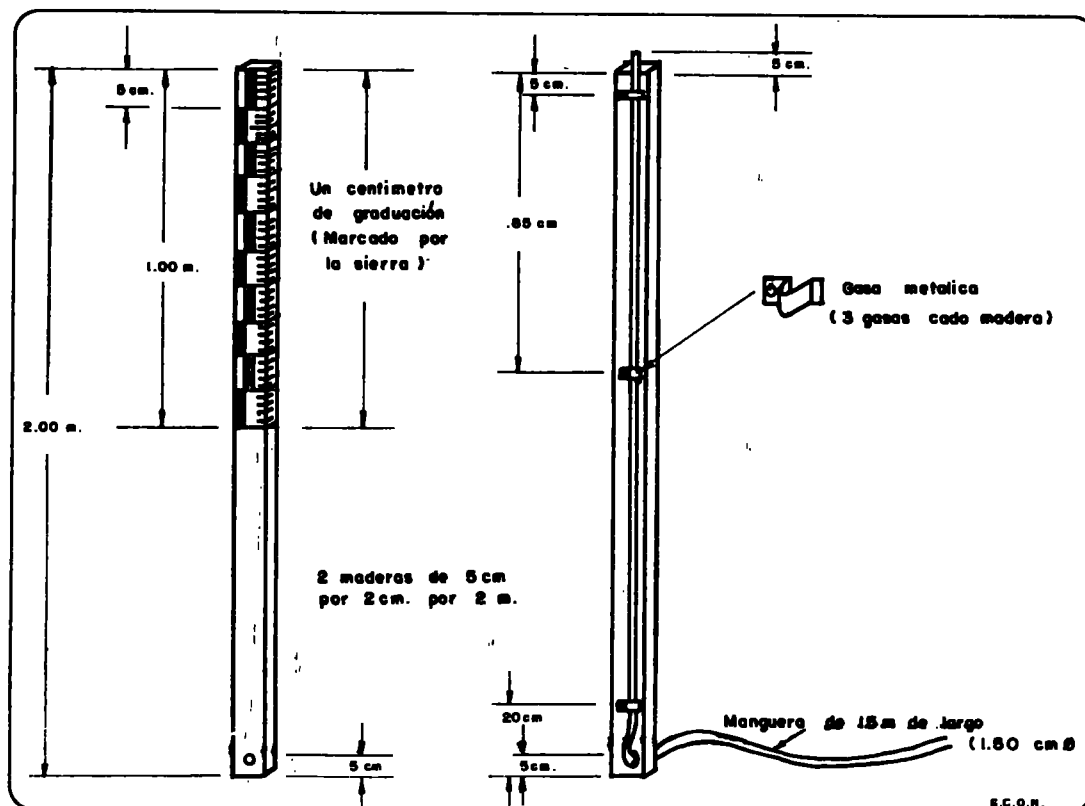


Figura No.A11.7. Materiales para construir el nivel de manguera

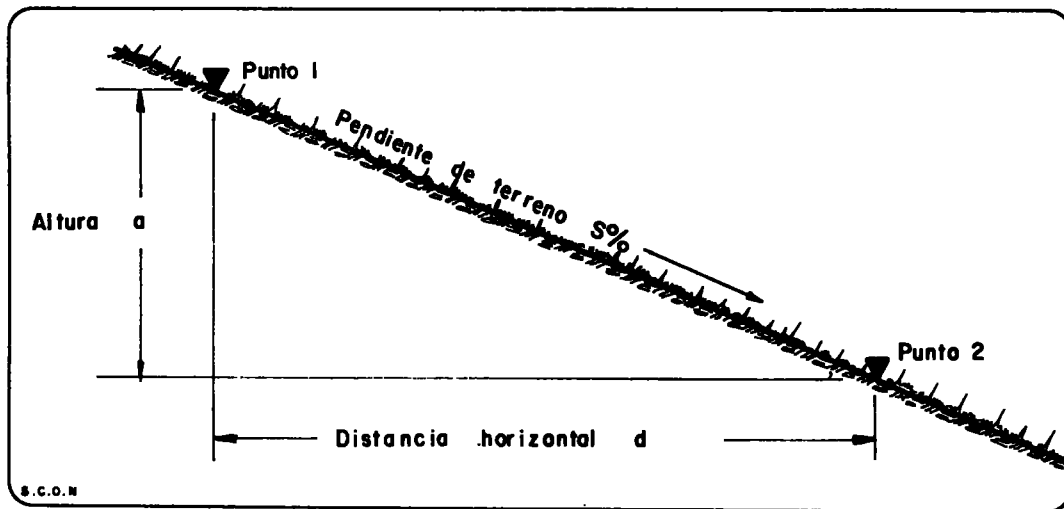


Figura No.A11.8: Inclinación del terreno.

Pendiente del terreno $= S = a/d (100)$ en por ciento (a y d tienen la misma unidad de medición)

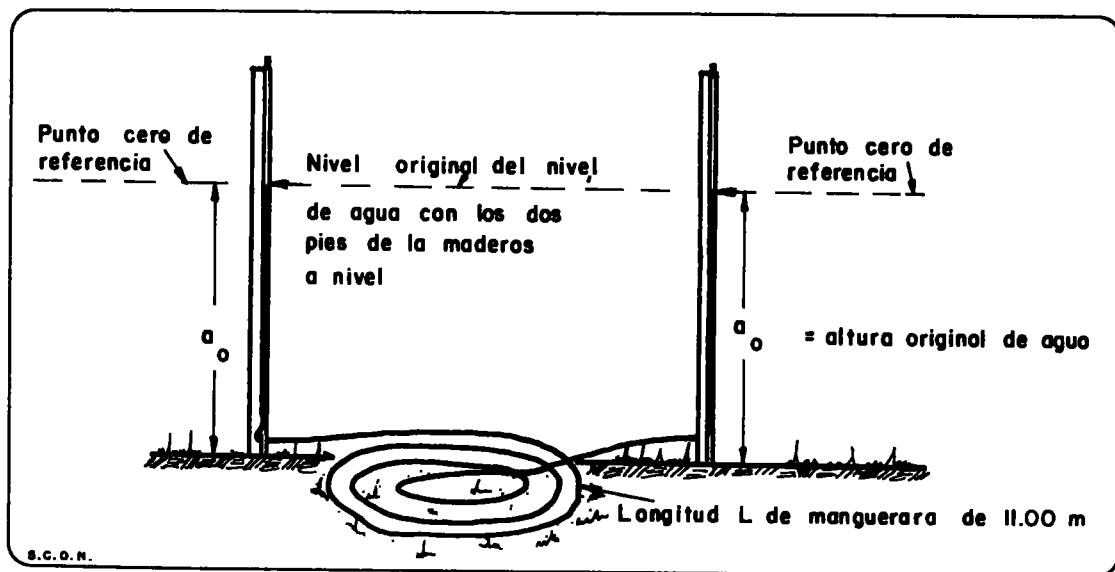


Figura No.A11.9: Posición del Nivel de Manguera sobre un Terreno Plano

Volúmen de agua en la manguera

$$V = (\text{longitud total de agua}) \text{ por } (\text{área transversal de agua})$$

$$= (a_0 + L + a_0) \text{ por } \left(\frac{\phi^2}{4}\right)(3,1416) \text{ ecuación}$$

$$\phi = \text{diámetro interno de la manguera}$$

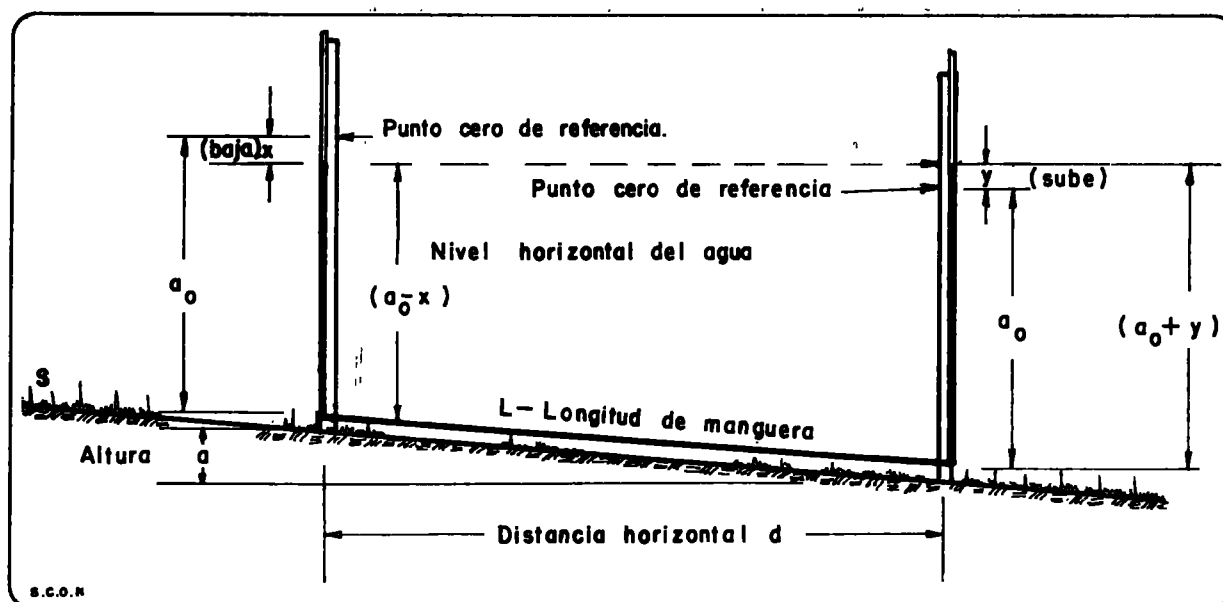


Figura No.A11.10: "Posición del Nivel de Manguera sobre un Terreno inclinado"

En la figura A11.9, el volúmen de agua en la manguera $V = (\text{longitud total de agua})$ por (área transversal de agua)

$$V = [(a_0 - x) + L + (a_0 + y)] \text{ por } (0^2/4)(3,1416) \text{ ecuación 2}$$

Como la ecuación 1 es igual a la ecuación 2, tenemos que:

$$(a_0 + L + a_0) = (a_0 - x) + L + (a_0 + y)$$

$$2a_0 + L = 2a_0 - x + L + y$$

ó $x = y$. Los deslizamientos de agua desde el punto cero de referencia en ambas mangueras son iguales.

En la figura A11.10, el valor de la altura a , se determina por los siguientes procedimientos:

$$(a_0 - x) + a = (a_0 + y)$$

$$a = y + x \text{ ó } a = 2x \text{ ó } a = 2y$$

En la figura A11.10 las pendientes del terreno $S = \frac{a}{d} (100)$ por ciento d

Usando $a = 2x$ y $d = 1000$ cm

la pendiente $S = \frac{2x}{1000} (100)$, $S = 0,20 x \%$ donde x es el deslizamiento en cm.

Para determinar el valor x o y en distintas pendientes del terreno S , o gradientes G , usar el cuadro siguiente.

**CUADRO NO.A11.1: VALOR DE DESLIZAMIENTO X O Y PARA
TRAZAR ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN CON GRADIENTE G**

GRADIENTE G	DESLIZAMIENTO
0,20 %	1 cm
0,30 %	1,5 cm
0,40 %	2 cm
0,50 %	2,5 cm

PENDIENTES	DESLIZAMIENTO
1 %	5 cm
2 %	10 cm
5 %	25 cm
10 %	50 cm
20 %	100 cm

11.4 NIVEL ABNEY O CLINOMETRO

Este instrumento sirve tanto para hacer nivelaciones directas, como para medir ángulos de pendientes, lo que se indica en el vernier en grados y/o porcentajes.

Para la medida de ángulos verticales se enfoca el punto de interés, hasta el tornillo que controla el vernier y la burbuja, moviéndolo hasta lograr la coincidencia del hilo medio de la retícula, el centro de la burbuja y el punto visado en este momento se fija el vernier y se hace la lectura en el círculo vertical, el cual está graduado en porcentaje (%) de pendiente y en grados.

Para trazar curvas a nivel se fija en cero el índice del vernier y se maneja como un nivel de mano. Como es posible ver simultáneamente la burbuja y el objeto visado para su operación, se sostiene el nivel con la mano contra el ojo, mientras se mueve de arriba hacia abajo o viceversa, hasta lograr que la burbuja esté en el centro de la retícula. Cuando se logra esta condición, es entonces cuando se procede a realizar el trabajo de nivelación.

11.5 NIVEL DE INGENIERO O EQUIALTIMETRO

El nivel de ingeniero es un instrumento muy preciso y se utiliza para obtener alturas con respecto a un punto determinado. Este aparato permite dirigir visuales horizontales, por medio de las cuales se pueden trazar curvas de nivel (líneas a contorno y líneas con una gradiente determinada).

Antes de usar este tipo de instrumento, los siguientes son los procedimientos para nivelar rápidamente el instrumento: (figura A11.11)

- i) Ajustar los tres tornillos del instrumento para que ellos estén en la misma altura sobre la base del instrumento.
- ii) Colocar las tres patas del trípode firmemente sobre el suelo nivelando el telescopio de manera que la burbuja del instrumento quede dentro de la marca circular
- iii) Con el eje del telescopio orientado paralelamente a dos tornillos, éstos se deben girar en sentido opuesto (180 grados) hasta que la burbuja esté en el eje vertical del centro de la marca circular
- iv) Posteriormente se debe ajustar el tercer tornillo de manera que la burbuja quede centrada en la marca circular
- v) Finalmente se debe girar el telescopio 180 grados horizontal para verificar si la burbuja queda en el mismo lugar. De lo contrario, el instrumento requiere mayor ajuste.

a) Cómo trazar las líneas en contorno
(figura A11.12)

- i) Nivelar el instrumento.
- ii) Establecer un punto fijo como base de la línea en contorno y leer y anotar su lectura en la mira o estadía.
- iii) Usando la misma lectura del punto fijo, los otros puntos establecidos indican cotas de igual nivel, las cuales representan una línea en curva a nivel. (figura A11.12)
- vi) Cuando se cambia el instrumento de estación, se repite el procedimiento (i).
- v) Para la prolongación de la línea en contorno, se usa la lectura del último punto más cerca como el punto fijo y repetir el procedimiento (iii).

b) Cómo trazar las líneas en gradiente
(Figura A11.13)

- i) Nivelar el instrumento
- ii) Ubicar un punto fijo como el primer punto de la parte superior de la línea a establecer y anotar la lectura de este punto.
- iii) Según la gradiente a utilizar, calcular la cantidad de desnivel en cada 10 metros de distancia horizontal. Suponiendo que la gradiente es 0,10 por ciento (o 1 por mil), el desnivel será 1 centímetro cada 10 metros de distancia. Entonces, para gradiente de 0,50 por ciento, el desnivel será 5 centímetros en 10 metros de distancia.
- iv) El siguiente punto se determina sumando la cantidad de desnivel a la lectura del primer punto para la distancia de 10 metros. En este caso, la lectura debe ser 1,51 metros en la mira, si el primer punto tiene lectura de 1,50 para la gradiente de 0,10 por ciento.

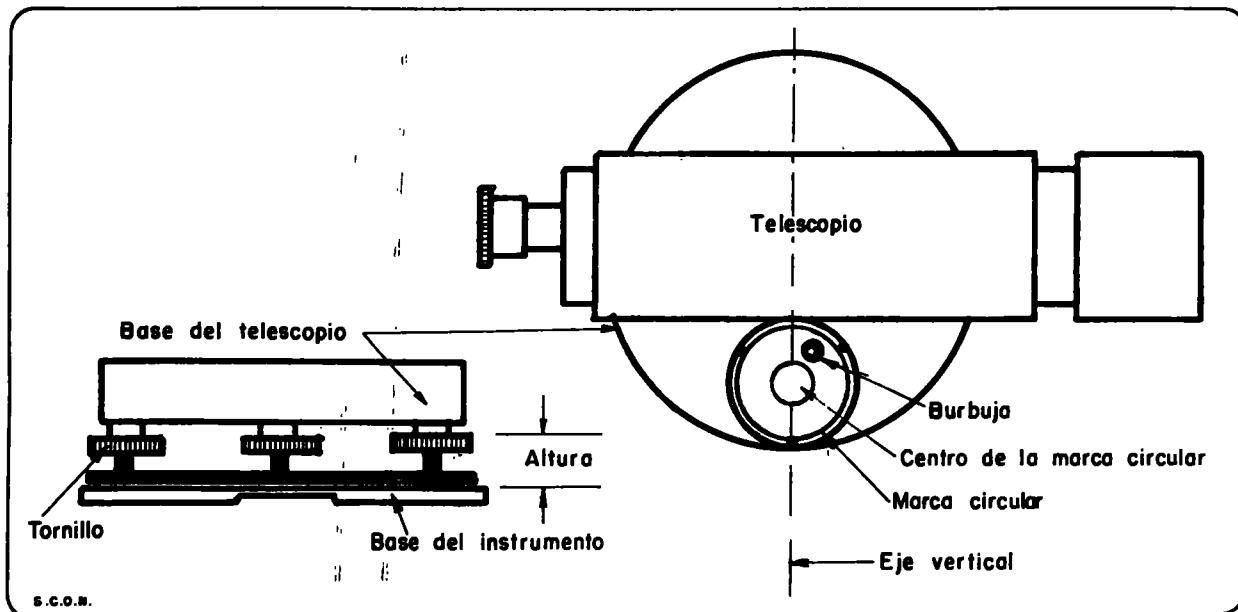
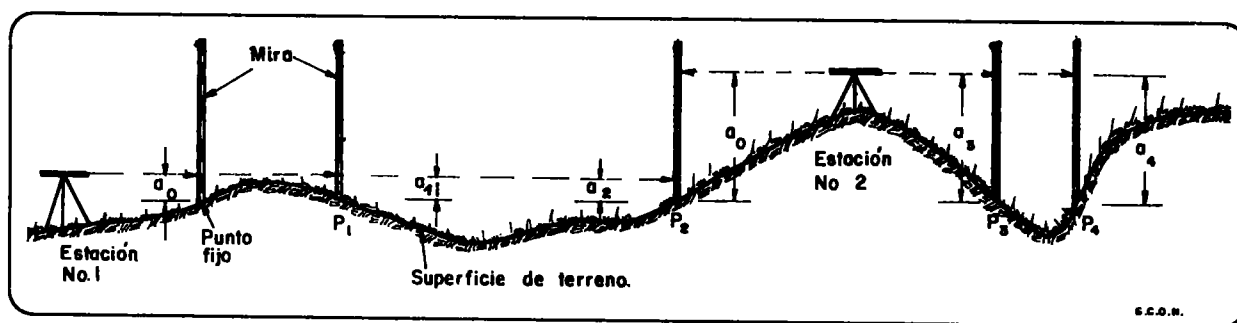


Figura No.A11.11 Nivel de ingeniero



Estación 1 del Instrumento

P_1 y P_2 son puntos a establecer en contorno con lecturas $a_1=a_2=a_0$ donde a_0 = lectura inicial del punto fijo

Estación 2 del Instrumento

P_3 y P_4 son puntos a establecer para continuar la línea en contorno con lecturas $a_3=a_4=a_0$ donde a_0 = lectura inicial del punto 2.

Figura No. A11.12: Trazado de curvas a nivel

- v) El mismo procedimiento se sigue para los otros puntos a establecer cada 10 metros.
- vi) Cuando se cambia el instrumento de estación, se repite el procedimiento (i).
- vii) Para la prolongación de la línea en gradiente, se usa la lectura del último punto como el primer punto y se repite el procedimiento (iv).

c) Cómo establecer cotas en base de un punto de referencia (Figura A11.14)

- i) Nivelar el instrumento.
- ii) Ubicar un punto fijo (un mojón o cabeza de clavo) como punto de referencia con una cota conocida. Cuando el punto no tiene cota, asumir una cota más alta que el área a levantar

Ejemplo: El punto tiene 100 metros de cota sobre el nivel del mar

- iii) Empezando con una lectura de la mira sobre el punto de referencia, se determina la cota de la línea de vista del telescopio como cota de instrumento, sumando la lectura y la cota del punto de referencia.

Ejemplo:

CUADRO NO.A11.2: "CALCULO DE LA COTA DE INSTRUMENTO"

"CALCULO"	"DATOS A TOMAR"			"OBSERVACIONES"
	(cota de instrumento)	(lectura)	(cota del punto visto)	
$(a)=(b) + (c)$	(a)	(b)	(c)	
	101,60	1,60	100,00	
	Estación 1			
				Punto de referencia (un mojón) cuya cota es 100m sobre el nivel del mar

- iv) Para determinar la cota de cualquier punto sobre el terreno, se calcula la diferencia entre la cota del instrumento y la cota del punto. Se repite el mismo procedimiento para los otros puntos y cotas a determinar

Ejemplo: (ver figura A11.14 a)

CUADRO NO.A11.3: "CALCULO DE LA COTA DEL PUNTO VISTADO"

"CALCULO"	"DATOS A TOMAR"			"OBSERVACIONES"
	(cota de instrumento) (a)	(lectura) (b)	(cota del punto visto) (c)	
	101,60 Estación 1			
(c)=(a)-(b)		1,20	100,40	-Punto 2 (un palo de un portón)
-idem-		1,00	100,60	-Punto 3 (tope de una alcantarilla).

- v) Cuando se cambia el instrumento de estación, se repite el procedimiento (i).
vi) Para determinar la cota del instrumento en esta nueva estación, se usa cualquier punto establecido con cota conocida como punto de referencia. Seguir el mismo procedimiento (iii).

Ejemplo: (ver figura A11.14 b)

CUADRO NO.A11.4: "CALCULO DE LA COTA DE INSTRUMENTO CON NUEVA ESTACION"

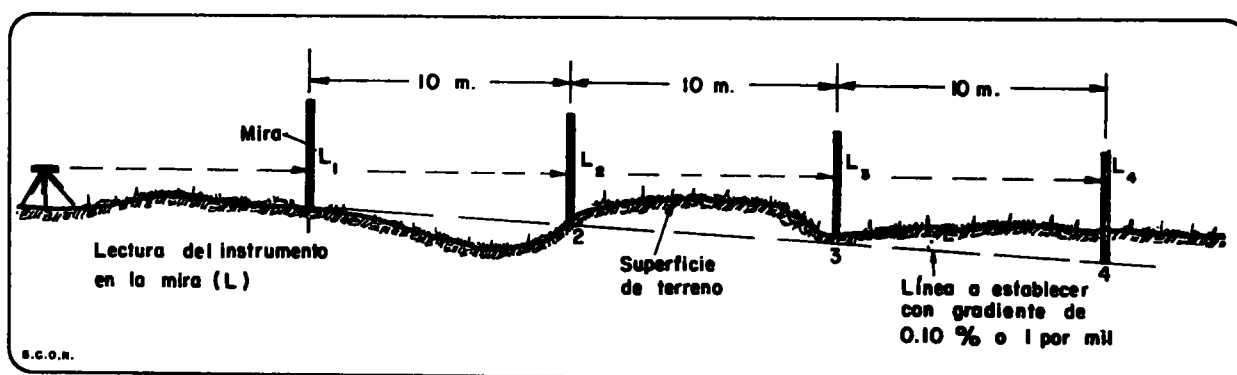
	(cota de instrumento) (a)	(lectura) (b)	(cota del punto visto) (c)	
(a)=(b)+(c)	101,20 Estación 2	0,80	100,40=Punto 2	con cota establecida previamente.

- vii) Con esta nueva cota del instrumento, se sigue el mismo procedimiento (iv) para calcular las cotas de otros puntos.

Ejemplo:

CUADRO NO.A11.5: "CALCULO DE LA COTA DEL PUNTO VISTADO"

"Cálculo"	"DATOS A TOMAR"			"Observaciones"
	(Cota de instrumento) (a)	(lectura) (b)	(cota del punto visto) (c)	
	101,20 Estación 2			
(c)=(a)-(b)		0,20	101,00	Punto 4 (centro de un puente)
		2,10	99,10	Punto 5 (cabeza del canal de drenaje)
		2,55	98,65	Punto 6 (Nivel de agua)
(a)=(b)+(c)	101,85 Estación 3	3,20	98,65	Punto 6
(c)=(a)-(b)	0,15		101,70	Punto 7 (esquina de una casita)
		1,85	100,00	Punto de referencia



- $L_1 = 1,50$ -lectura inicial
 $L_2 = 1,51$ -las lecturas a establecer en los siguientes
 $L_3 = 1,52$ puntos 2, 3, 4, etc., respectivamente para
 $L_4 = 1,53$ la gradiente de 0,10 por ciento (el desnivel es de 0,01m en cada 10m de distancia horizontal entre los 2 puntos).

Figura No.A11.13: Trazado de curvas con gradiente

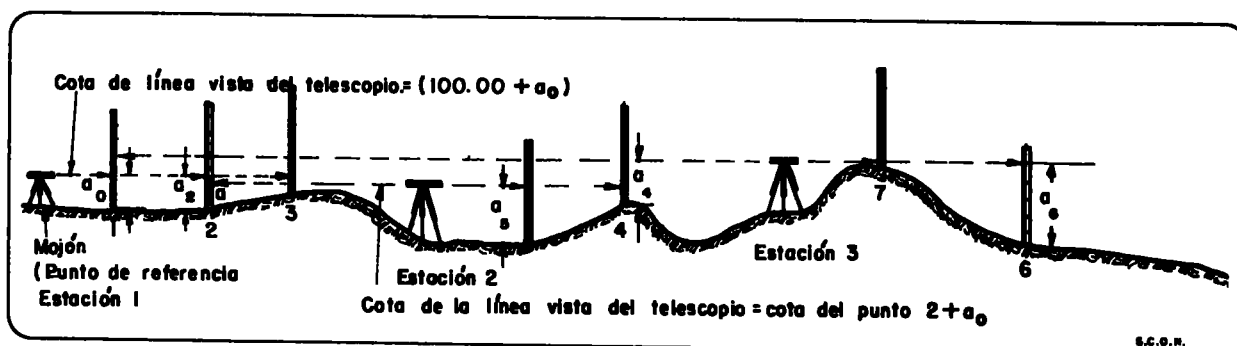


Figura No.A11 14. Establecimiento de cotas en base a un punto de referencia

- (a) $\text{Cota del punto 2} = (100 + a_0) - a_2$
 $\text{Cota del punto 3} = (100 + a_0) - a_3$
 (b) $\text{Cota del punto 4} = (\text{Cota del punto 2} + a_0) - a_4$
 $\text{Cota del punto 5} = (\text{Cota del punto 2} + a_0) - a_5$

Nota: a_0 = lectura inicial del instrumento.
 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$, son lecturas en la mira (o altura entre el punto sobre el terreno y la línea de vista del telescopio).
 100,00 metros es la cota asumida del punto de referencia.

d. Determinación de la pendiente con nivel de ingeniero.

Se sitúa el nivel aproximadamente en la mitad del tramo cuya pendiente se desea determinar. El portamira se desplaza de 25 a 50 metros aproximadamente pendiente arriba y abajo, según lo permita la inclinación del terreno. Se toman lecturas en ambos puntos, tanto de alturas como de distancias horizontales.

La diferencia entre estas dos lecturas dividida entre la distancia de separación entre los dos puntos es la pendiente del terreno, que multiplicada por 100 da la inclinación expresada en porcentaje.

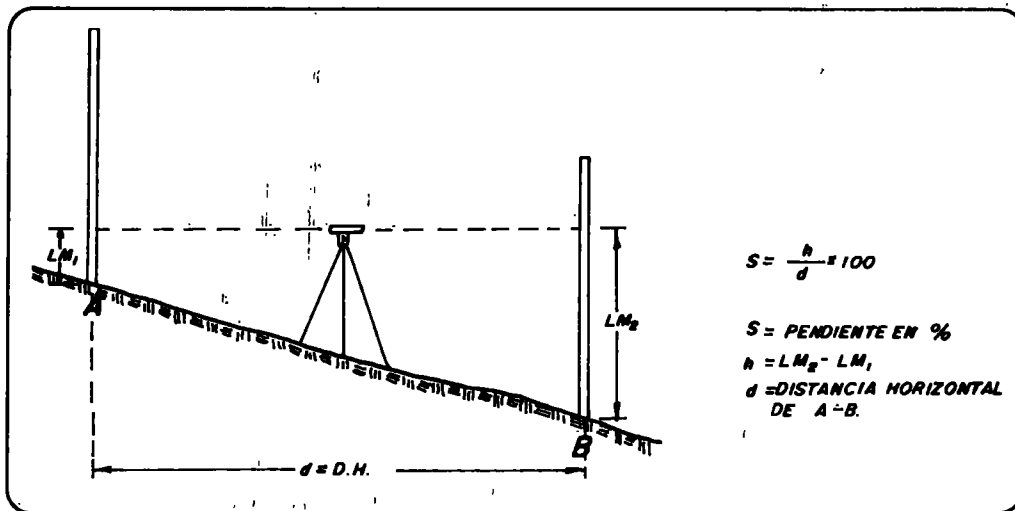


Figura No.A11 15: Determinación de la pendiente con nivel de ingeniero

11.6 LEVANTAMIENTO CON BRÚJULA Y CINTA.

La finalidad de los levantamientos topográficos es determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie de la tierra. Existen varios métodos e instrumentos para este fin, tales como: teodolito y cinta o mira, plancheta y mira, distanciómetro, y brújula y cinta métrica.

El levantamiento planimétrico con brújula y cinta, es un método simple y de bajo costo, con una precisión media en trabajos agrícolas. Este sistema permite representar gráficamente la superficie de una finca y las obras de conservación de suelos trazadas y construidas.

Las partes esenciales de una brújula son: un limbo graduado por rumbos, de 0 a 90 grados en sentidos de norte y sur con los puntos este y oeste invertidos (NE, NW, SE y SW) o acimut con graduación de 0 a 360 grados. Además una línea de mira en la dirección S-N del limbo; una aguja inmantada para indicar el rumbo magnético, con un sobrepeso en el lado sur; un pivote donde va suspendida la aguja; un nivel de burbuja o gota y limbo graduado para obtener pendientes.

La brújula de bolsillo es el instrumento más asequible y de menor costo y usualmente se sostiene con la mano para hacer las observaciones.

1 Métodos para el levantamiento

a. Linderos

En la medición de una finca, se identifica el punto inicial y se toma el rumbo magnético, cuidando de que no hayan objetos de metal cerca de la brújula, ya que incidirían sobre la observación. Siguiendo el lindero se fija el punto siguiente, tomando la distancia de vértice a vértice y se anotan estas lecturas.

La otra observación se hará del punto siguiente (rumbo o acimut y distancia) y así sucesivamente, anotando línea rumbo o acimut y distancia, hasta cerrar en el punto inicial tomado en el lindero.

b. Radiales

El método del levantamiento por radiales consiste en determinar una poligonal interna que puede ser cerrada o abierta, la que será marcada por estacas llamadas estaciones. A partir de estas estaciones se toma el rumbo o acimut a los diferentes puntos del lindero y a los detalles que se quiere incluir dentro del mapa, tales como: postes de luz, caminos, canales, tanques, entre otros.

Siempre se debe tomar la distancia con cinta métrica. Además la poligonal interna debe tener visuales recíprocas de ángulos (acimut o rumbo).

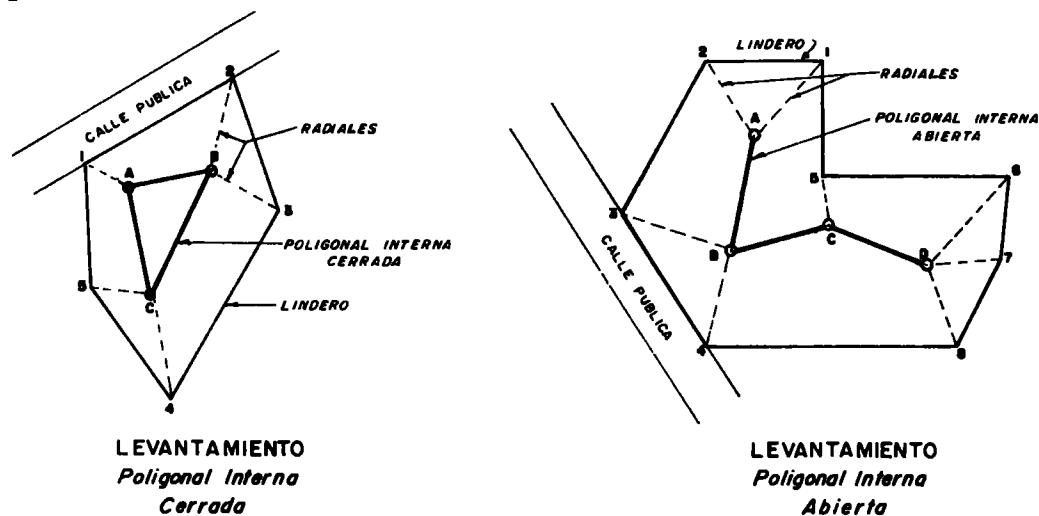


Figura No.a11 16: Ejemplo del levantamiento del método por radiales.

c. Datos de campo

En la libreta de campo, además de los datos tomados, se lleva un croquis aproximado de la finca, como guía a la hora del cálculo y dibujo de gabinete (figura No.A11.17).

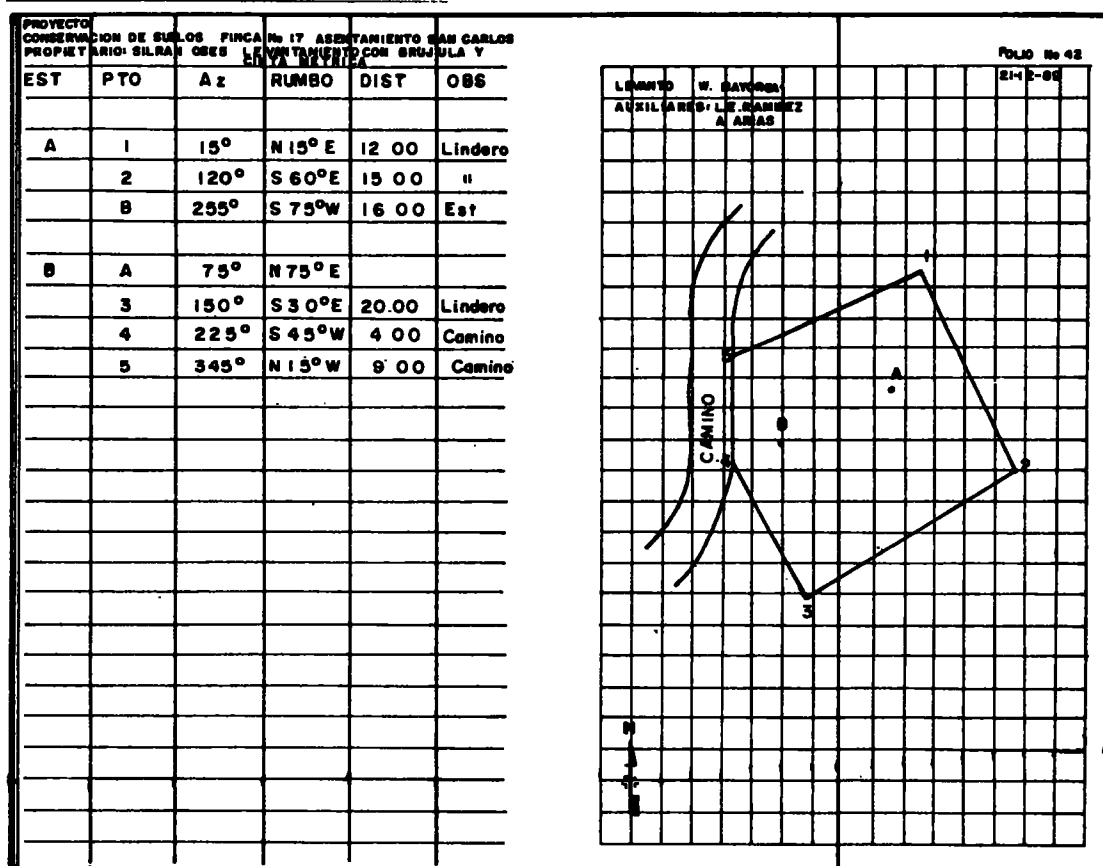


Figura No.A11 17 Ejemplo de anotación y croquis en libreta de campo.

2. Dibujo de mapa.

Cuando la red planimétrica no es muy extensa y el plano o mapa tiene dimensiones reducidas, se puede emplear un transportador para representar los rumbos o acimut con suficiente precisión y las distancias se representarán con el escalímetro (escala a escoger según el tamaño que se necesite).

Cuando una poligonal o finca observada por rumbos o acimut se desarrolle con transportador se procede a fijar a voluntad la posición del punto inicial (primer vértice o estación). A partir de ahí y teniendo el cero al norte o sur (dependiendo del rumbo o acimut), se fija el siguiente vértice, midiendo la longitud. Estos datos se toman de la libreta de campo. Para el siguiente vértice se fija el transportador del modo indicado anteriormente. Este procedimiento se repite hasta que se cierra la poligonal o que se fije el último punto de las radiales.

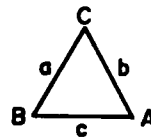
Se debe tener el cuidado de que el cero siempre se posiciona en el norte o en el sur, usando como guía los ejes cartesianos.

3. Fórmulas para longitudes y áreas en una poligonal:

Para obtener el área de una poligonal levantada con brújula y cinta, el cálculo puede ser realizado por el método gráfico (cuadrícula), o en su lugar para tener más precisión, se puede descomponer la poligonal en figuras geométricas, por lo general en triángulos, y trapecios en perímetros irregulares o curvos. En estos casos, existe una serie de fórmulas para obtener las áreas.

- a - Fórmula para averiguar la longitud de un lado de un triángulo, en caso que se conozcan dos ángulos y un lado del triángulo.

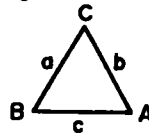
$$b = \frac{c \operatorname{Sen} B}{\operatorname{Sen} C}$$



- b - Área por descomposición de triángulos.

- i- Cuando se descomponen dos lados del triángulo y el ángulo comprendido (se averigua por rumbos o acimut obtenidos con la brújula), el área está dada por la fórmula:

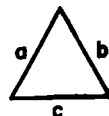
$$A = 1/2 a.b. \operatorname{Sen} C$$



- ii- Si se conocen los tres lados de un triángulo, que en el levantamiento de campo fueron medidos con cinta, la superficie está dada por la fórmula:

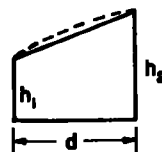
$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Donde s es el semiperímetro o sea $s = 1/2 (a+b+c)$



- iii- Regla del trapezoide para áreas de perímetro irregular o curvo: ésta se aplica en los casos de levantamiento en linderos que colindan con curvas de carreteras.

$$A = \frac{d \cdot (h_1 + h_2)}{2}$$



11.7 LEVANTAMIENTO CON PLANCHETA Y ALIDADE.

En esencia, la plancheta consiste de un tablero de dibujo montado sobre un trípode y de una alidade en la que el plano vertical que pasa por la línea de mira es paralelo a una regla apoyada libremente.

Con este instrumento obtenemos la representación planimétrica o proyección horizontal de puntos del terreno, tales como: linderos de finca, obras de conservación de suelos, drenajes, canales, características físicas como depresiones, lomas, cárcavas entre otros.

- a) Cómo orientar la plancheta para el mapeo de la finca.
 - i) Colocar un papel de cartulina sobre la plancheta pegado con chinchas a lo largo del borde de la mesa.
 - ii) Poner las tres patas de la plancheta firmemente sobre el suelo con la mesa casi a nivel, usando la brújula hasta que su burbuja esté dentro de la marca circular (Figura A11.18).
 - iii) Girar la mesa en la dirección horizontal acomodando el tamaño de cartulina para cubrir el área a mapear
 - iv) Dibujar la línea norte sobre la cartulina paralelamente con la dirección del norte de aguja de la brújula, y apretar el tornillo abajo de la mesa. (Figura A11.19)
 - v) Tratándose de que esta posición de la plancheta es punto de primera estación sobre el terreno, indicar el mismo punto sobre la cartulina fijado con alfiler
 - vi) Usando el alidade en cero que marca la escala al lado del alfiler, se procede a determinar la distancia de un objeto desde el punto de estación. (Véase Parte b y Figura A11.20)
 - vii) Cuando se cambia la estación de la plancheta, repita el procedimiento (ii).
 - viii) Para orientar el mapa o la cartulina con respecto al norte, colocar la brújula sobre el mapa y girar la plancheta hasta que el norte de la aguja de la brújula coincida con la línea norte del mapa. Cuando esa posición esté orientada sobre el norte, se fija apretando el tornillo abajo de la mesa.
 - ix) Indicar este punto de nueva estación sobre el mapa por la distancia calculada entre un punto conocido en el mapa y esta estación. El alfiler debe colocarlo sobre el punto conocido para definir la dirección de esta nueva estación hacia este punto. (Figura A11.21)
 - x) Recolocar el alfiler sobre el punto de estación nueva y seguir el procedimiento (vi).

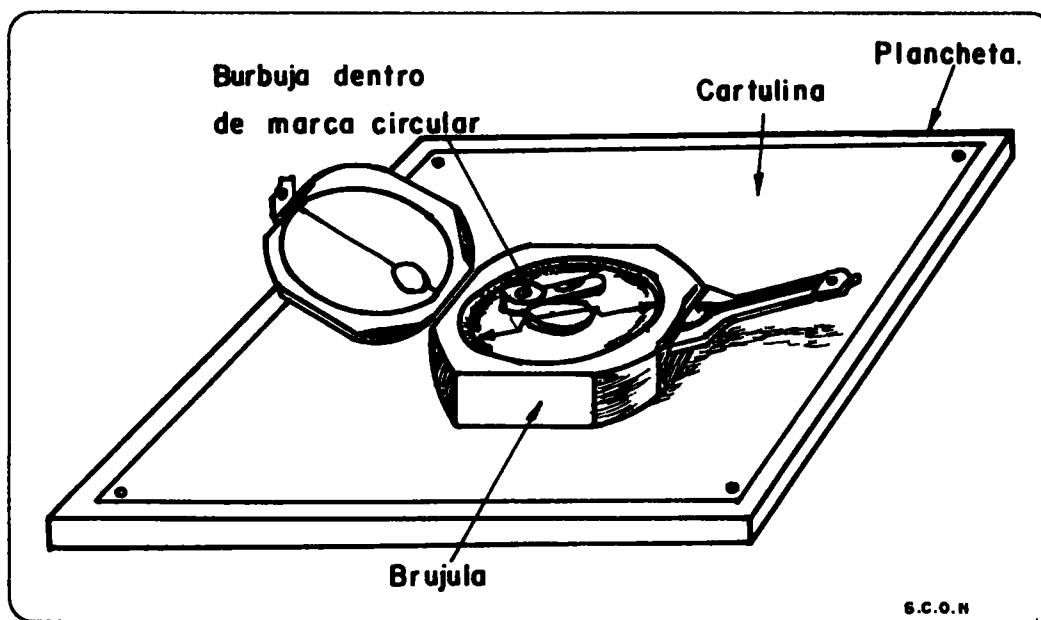


Figura No.A11 18: Brújula

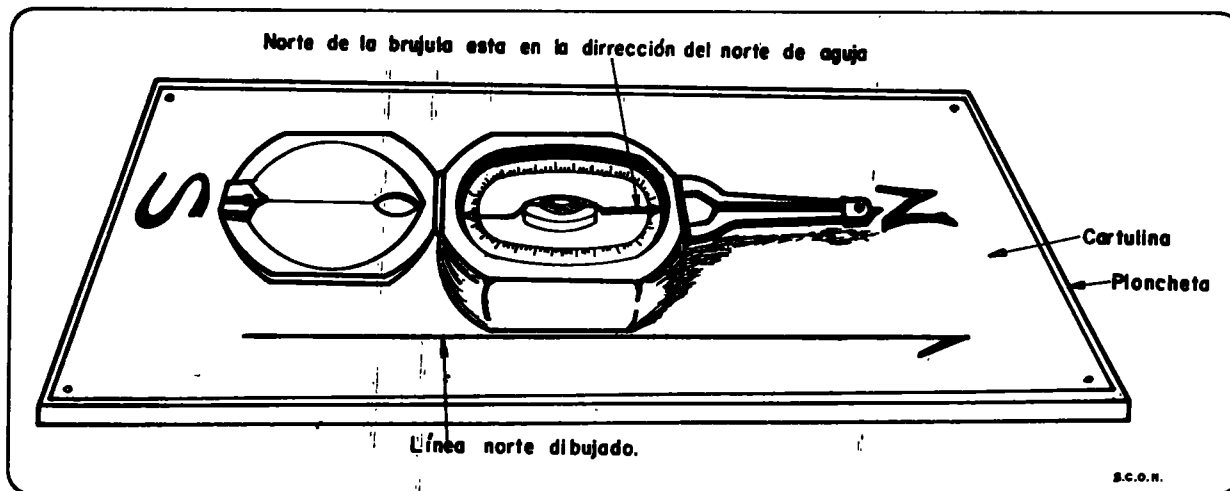


Figura No.A11.19: Brújula orientada al norte

- En el mapa:
- El punto P está determinada por la distancia D en centímetros.
 - Según la escala del mapa D , está calculado por la ecuación:

$$D = \frac{D}{K} \text{ en centímetros}$$
 donde $D = (f)(d)$ en metros; y K se determina por el siguiente cuadro.

Escala:	1:500	1 1000	1.2000	1:5000
Valor de K =	5	10	20	50

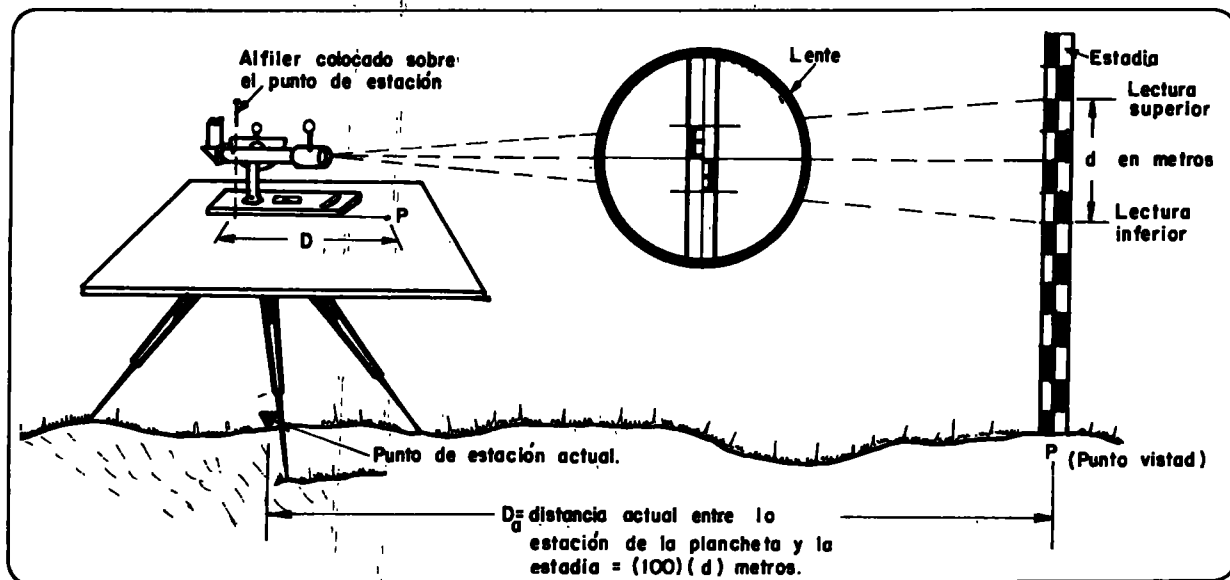
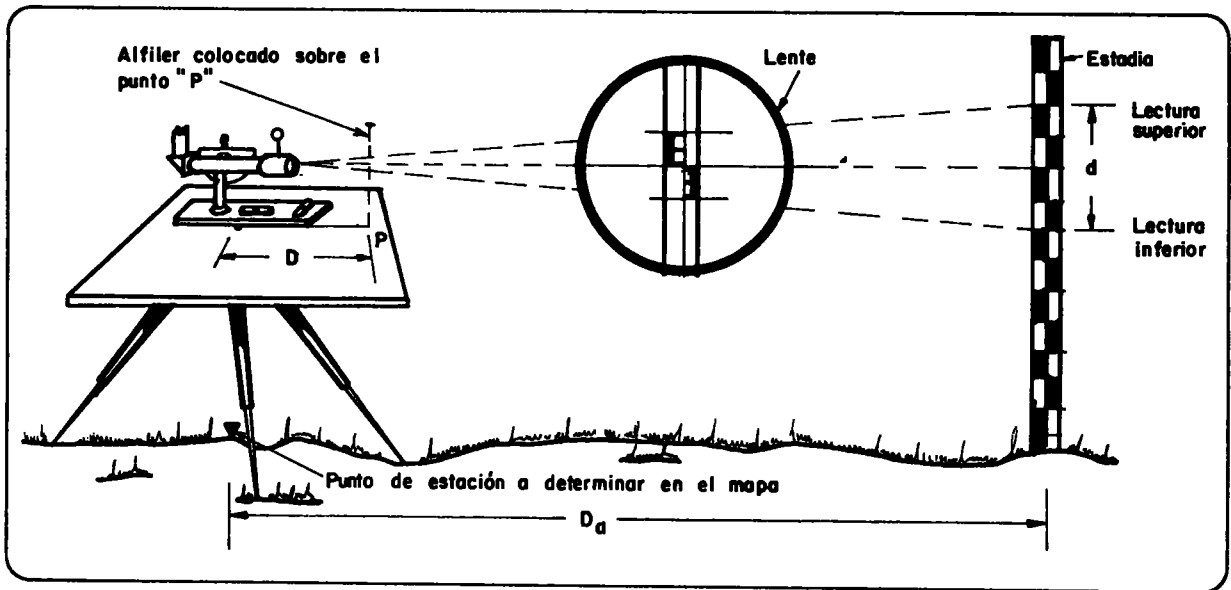


Figura No.A11.20: Determinación de la distancia con plancheta y alidade.

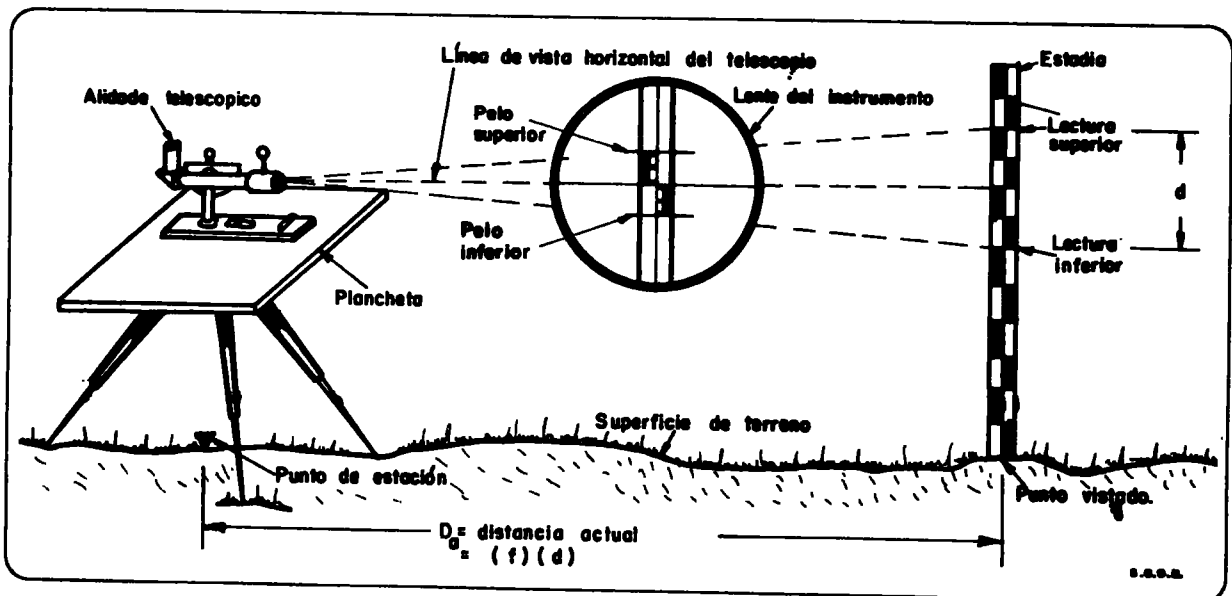


Nota: Repite el procedimiento b) de la Figura A11.20 para determinar la distancia D en el mapa.

Figura No.A11.21 Procedimiento para definir una nueva estación.

b) *Cómo determinar la distancia de un objeto desde el punto de estación.*

- El punto de estación es el lugar en el punto de suelo abajo de la plancheta donde el alidada está colocado.
- Mirando a través del telescopio del instrumento, se puede observar en la lente, tres pelos horizontales y uno vertical en el medio. Poniendo la mira sobre, o al lado del objeto, anotar las lecturas de la mira que coinciden respectivamente con los dos pelos superior e inferior
- La distancia desde el punto de estación hasta el punto del objeto, está calculada por la diferencia de las lecturas entre los pelos superior y el inferior. Esa diferencia es multiplicada por 100 (factor del instrumento) para convertirla en metros. (figura A11.22)



f = factor de instrumento
= 100 (valor normal)

Figura No.A11.22: Procedimiento para calcular la distancia desde el punto de estación hasta el punto de objeto.

GLOSARIO

ABONO

Es cualquier material de origen orgánico que se añade al suelo para mejorar su fertilidad y suplir los nutrientes esenciales al crecimiento de los cultivos.

ABONO VERDE

Son cultivos de rápido crecimiento y de abundante biomasa destinados a la incorporación en el suelo

ACEQUIAS DE LADERA

Canales de ladera con gradiente longitudinal que interceptan y evacúan las aguas de escorrentía superficial que se originan sobre los terrenos sistematizados. Son estructuras aptas para tierras escarpadas (pendiente 10-50%).

ACIMUT

Se llama acimut de una alineación al ángulo que forma con el meridiano, contado en sentido positivo de las agujas del reloj a partir del punto Norte. Su valor está comprendido entre 0 y 360 grados.

ALINEACIÓN

Es la recta que une dos puntos y sobre la cual se hacen las mediciones necesarias para determinar distancias, ángulos y cotas.

ÁNGULO VERTICAL Y ZENITAL

Es el ángulo formado por dos rectas que se cortan, situadas en un mismo plano vertical o zenital. Sirve para indicar la posición de la visual con respecto a la horizontal (ángulo vertical: la horizontal indicará 0 grados; ángulo zenital: la horizontal indicará 90 grados).

APARTOS PARA PASTOREO EN ROTACION

Conjunto de criterios para subdividir las tierras de pastoreo en unidades (apartos) de área adecuada y suficiente para sustentar la carga animal sin perjuicio al poder de regeneración de las especies vegetales de pasto de piso.

ARCILLA

Partículas minerales de suelo de menos de 0.002 mm de diámetro. Es la parte mineral químicamente activa del suelo. El tipo y la cantidad de arcilla determinan importantes propiedades físicas y químicas del suelo. Refiriéndose al grupo textural "arcilloso", significa que contiene por lo menos 35% de arcilla y no más de 40% de limo.

ARRASTRE

Una vez desprendidas las partículas, quedan expuestas a ser transportadas por el agua de escorrentía.

BARBECHO

Práctica de manejo que consiste en dejar el terreno sin cultivar durante cierto período de tiempo antes de volver a sembrar otro cultivo. Es un descanso de la tierra que permite la acumulación de agua y nutrientes.

BARBECHO MEJORADO

Se trata de leguminosas sembradas en el terreno cuando la tierra sale del ciclo de producción y entra en descanso.

BARRERAS MUERTAS

Son barreras dispuestas en contorno y compuestas de material vegetal muerto como troncos de árboles, ramas y rastrojos.

BARRERA VIVA

Hilera de plantas perennes de crecimiento denso plantadas en contorno. Su objetivo es el de reducir la velocidad del agua de escorrentía.

CANAL DE GUARDIA

Canal de ladera con gradiente longitudinal que intercepta y evacua agua de escorrentía superficial procedente en forma laminar desde tierras más altas hacia terrenos que deben ser sistematizados para control de erosión. Se usa también para controlar inundaciones, deslizamientos y cárcavas.

CANAL DE INFILTRACION

Canal de ladera, construido en contorno, con el fin de interceptar, retener e infiltrar agua de escorrentía superficial.

CARCAVA

Incisión o zanja profunda en el terreno, con taludes abruptos e inestables. Procede de una erosión severa y requiere de medidas especiales para su control.

CAUDAL (Q, en m³/s)

Es el volumen de agua que fluye a través de la sección transversal de una estructura hidrológica por unidad de tiempo.

CESPED

Capa superficial de suelo con hierbas con raíces formando un colchón denso.

CHROMA

Es el que marca la intensidad de color del suelo (parte integrante de los colores de la tabla Munsell)

COBERTURA MUERTA

Consiste en cubrir el suelo con material de plantas muertas como rastrojos, pajas, ramas y hojas.

COMPOST

Se trata de la producción y de la incorporación en el suelo de una materia orgánica descompuesta, elaborada a partir de residuos animales y vegetales.

CONSERVACION DE SUELOS

Consiste en prevenir, aminorar y controlar la erosión del suelo y su degradación a través de la aplicación de prácticas culturales, vegetativas, estructurales y de manejo, con miras a la producción sostenida sin degradación del suelo.

CONTORNO (curva de nivel)

Es una línea imaginaria en la superficie de la tierra que une puntos situados a una misma elevación.

CORTINAS ROMPEVIENTO

Barreras constituidas de una o más hileras paralelas de varias especies arbóreas con diferente crecimiento, cuya función es reducir la velocidad del viento para controlar la erosión eólica, reducir la evapotranspiración, reducir el impacto directo del viento sobre los cultivos.

CUENCA

Es el área delimitada por características topográficas dentro de la cual la lluvia va contribuir a la escorrentía en un punto particular tomado en consideración.

CULTIVO DE CUBIERTA

También llamado "mulch vivo" Esta práctica consiste en el intercalamiento en el cultivo principal de una cobertura sembrada o natural.

CULTIVOS INTERCALADOS

Consisten en varios cultivos que crecen simultáneamente en la misma parcela. Una variante son los cultivos intercalados alternos que implican un período de traslape de los dos ciclos de los dos cultivos.

CULTIVO EN FAJA

Es la práctica de disponer cultivos en rotación en un arreglo sistemático en fajas perpendicularmente a la pendiente, en líneas rectas o en contorno. La alternancia de cultivos densos con cultivos limpios permite repartir la escorrentía y reducir su velocidad. Se usa también para controlar la erosión eólica.

CULTIVO EN LIMPIO

Cultivos que dejan en descubierto la superficie del suelo. Se refiere a cultivos en hileras que requieren escardas periódicas.

DEGRADACION DEL SUELO

Se refiere a una disminución de la capacidad productiva del suelo comúnmente provocado por el uso inadecuado de este por el hombre. La degradación del suelo incluye el deterioro físico, químico y biológico. Algunos ejemplos son: la pérdida de materia orgánica, la disminución de la fertilidad, la compactación, la erosión, la contaminación y las inundaciones.

DENSIDAD APARENTE

Es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen que ocupa este. Se expresa en gr/cm^3 o ton/m^3 .

DESLIZAMIENTO

Movimiento de masa en el cual predomina la excesiva humedad con ruptura del terreno y de la cobertura vegetal.

DESNIVEL

Diferencia de elevación entre dos puntos.

DRENAJE

Sistema de intercepción y evacuación del exceso de agua superficial o subsuperficial de la tierra, realizado por medio de drenes naturales o artificiales.

ENCALADO

Aplicación de cal al suelo para aumentar el pH de los suelos ácidos y suplir calcio como nutriente para el crecimiento de la planta.

ENMIENDAS MINERALES

Las enmiendas minerales son materiales que se incorporan al suelo en grandes cantidades para mejorar sus propiedades químicas y físicas, y por ende, su fertilidad. La enmienda más utilizada en el país es el CaCO_3 (cal), que se utiliza para neutralizar la acidez del suelo.

ENMIENDAS ORGANICAS ANIMALES

Consiste en la incorporación en el suelo de estiércoles animales (gallinaza y estiércol vacuno).

ERODABILIDAD DEL SUELO

Es la susceptibilidad del suelo a la erosión, sea hídrica o eólica.

EROSION DEL SUELO

Es el desprendimiento y el desplazamiento de las partículas de suelo de la superficie del terreno, causado por la lluvia, el agua de escorrentía, el viento, los animales y el hombre.

EROSION HIDRICA

Se refiere únicamente a la erosión provocada por el agua (erosión por salpique, laminar, en surcos y en cárcavas).

EROSION LAMINAR

Denudación más o menos uniforme de delgadas láminas o capas del suelo de una superficie determinada en el terreno, debido a un escurrimiento en forma de lámina de agua.

EROSION POTENCIAL

Riesgo de erosión en una zona bajo condiciones de uso actual: es una previsión de la erosión que puede ocurrir

ESCORRENTIA

Exceso de agua de lluvia que no alcanza a ser absorbida o infiltrada y que fluye sobre la superficie de los terrenos hasta llegar a un arroyo o a un río y luego al mar

ESTACIÓN

Todo punto sobre el que se centra el teodolito, nivel, brújula o plancheta y que se señala con una estaca o taco sobre el terreno, en el centro del cual se pega un clavo para marcar con exactitud el punto.

ESTANQUE

Pequeña masa de agua retenida atrás de un dique, generalmente hecho de tierra compactada.

ESTIERCOL

Se refiere a las deyecciones de los animales. Puede ser puro o mezclado con pajas y residuos de forraje.

ESTRUCTURA DEL SUELO

Es la disposición o arreglo espacial de las partículas primarias de suelo en agregados y su estabilidad a la deformación. La estructura es una propiedad importante en cuanto a la estabilidad, porosidad e infiltración de los suelos. Por lo tanto, es una característica que determina la erodabilidad de los suelos.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

Es la pérdida conjunta de agua, por evaporación desde la superficie del suelo y por la transpiración de las plantas, en un área de terreno dada y durante un tiempo específico.

FAJA AMORTIGUADORA A NIVEL

Es una faja de pasto natural o sembrado, de por lo menos 2 metros de ancho, que se usa como barrera viva para frenar la velocidad del agua de escorrentía.

FERTILIDAD DEL SUELO

Es la capacidad del suelo en proveer de nutrientes esenciales debidamente equilibrados y disponibles a los cultivos. La fertilidad de un suelo depende de tres componentes: la fertilidad química, la fertilidad física y la fertilidad biológica.

FERTILIZANTE

Es cualquier material que se añade al suelo para suplir los nutrientes esenciales al crecimiento de los cultivos y así mantener o aumentar su rendimiento. El término se refiere en general a los materiales de síntesis química.

FIJACION DE NITROGENO EN EL SUELO

Asimilación de nitrógeno atmosférico al suelo por microorganismos del suelo. Este nitrógeno puede ser disponible para las plantas. El mecanismo más conocido es la fijación simbiótica de nitrógeno por la bacteria del género *Rhizobium*, asociada a las leguminosas.

FLUJO

El movimiento de un fluido (agua, viento) de un punto a otro. Para el agua, se refiere generalmente al movimiento sobre la superficie del terreno o en una estructura tipo canal.

GLEYS

Se denomina así al suelo, o al horizonte que se encuentra en condiciones de exceso de humedad por lo que existe una carencia de oxígeno, razón por la que presenta color oscuro como: gris, azulado, verdoso, o diferentes combinaciones de estos.

GRADIENTE

Se refiere a la pendiente longitudinal de las obras mecánicas.

INFILTRACION

Movimiento del agua que penetra dentro del suelo y luego percola hasta cierta profundidad. La capacidad de infiltración de un suelo se mide en centímetros por hora.

INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS

Fuerza con la cual caen los aguaceros. Se mide en milímetros por hora y por varias duraciones.

JAROSITA:

Mineral de la clase de los sulfatos, se presenta en masas uniformes o en agregados granulados, fibrosos o escamosos, de color amarillo o pardo.

LABRANZA EN CONTORNO

Consiste en trabajar el suelo según las curvas de nivel, o guiándose con base en obras de conservación establecidas como acequias de ladera, barreras vivas, etc.

LABRANZA PROFUNDA

Consiste en trabajar el suelo a profundidades mayores (20-30 cm) que la labranza tradicional. Debido a los grandes movimientos de tierra, se limita su uso a terrenos planos a ligeramente ondulados. Se trabaja con arado de bueyes o con tractor con arado de disco o de vertedera.

LABRANZAS SUPERFICIALES (REDUCIDAS)

Para utilizar solo en suelos permeables y profundos. Consiste en trabajos superficiales, donde se destruyen los terrones gruesos y se voltea ligeramente el suelo.

LIXIVIACION

Proceso de empobrecimiento que sufren los suelos por efectos de la excesiva infiltración y percolación de las aguas de lluvia o de riego, perdiendo con ellas parte de sus nutrientes.

MANEJO DE LA TIERRA

Es la aplicación o la tierra de medidas culturales, estructurales, vegetativas u otras, en forma individual o en conjunto para lograr el uso deseado de la tierra.

MANEJO DEL SUELO

Se refiere al conjunto de prácticas que permiten la utilización del suelo para producir cultivos. La producción sostenida implica que sean óptimas la estructura física del suelo, la materia orgánica, los nutrientes disponibles, la humedad y la actividad biológica.

MANEJO DE PRADERAS

Se refiere al conjunto de prácticas que permite la explotación racional de las praderas para la producción continua de pasto y ganado.

MERIDIANA

Línea imaginaria que une los polos norte y sur del esferoide terrestre.

MUROS DE PIEDRA (BARRERAS DE PIEDRA).

Estructuras construidas con piedras sueltas recolectadas en las áreas de cultivo. Cortando la pendiente natural del terreno, sirven para desviar la escorrentía superficial (si trazadas con gradiente longitudinal) o para frenar su flujo y retener sedimentos (si trazadas en contorno). En éste último caso, contribuyen al proceso de terraceo progresivo.

NIVELAR

Operación de medir distancias verticales ya sea directa o indirectamente con el objeto de hallar desniveles.

OBRAS MECANICAS

Cualquier tratamiento antierosivo por obras de ingeniería, sin recurrir a la vegetación.

PENDIENTE

Es el cambio de elevación por unidad de longitud. Es una característica del terreno.

PLATEO

Práctica que consiste en desyerbar únicamente por puntos en donde se va a sembrar cada mata o alrededor de ella.

PUNTO DE MIRA O DE CAMBIO

Se denominan así aquellos puntos del terreno en los cuales se sitúa la mira en nivelaciones, una vez para la visual de frente y otra para la visual de espalda.

RECUPERACION

Tratamiento antierosivo que consiste en cercar y aislar zonas afectadas por la erosión con el fin de protegerlas, para luego aplicar un conjunto de prácticas mecánicas y biológicas y así recuperar la capacidad productiva del suelo.

ROTACION DE POTREROS

Técnica conservacionista que consiste en dejar cada potrero sin pastoreo durante cierto tiempo cada año, con el fin de favorecer el crecimiento vegetal y evitar los fenómenos erosivos originados por el sobrepastoreo.

ROTACION DE CULTIVOS

Se trata de la sucesión en el tiempo de los cultivos sobre un terreno, alternándose cultivos de escarda con cultivos menos exigentes, leguminosas con otras familias y asegurando una buena cubierta al suelo. Una buena rotación explota racionalmente el recurso suelo y mantiene su capacidad productiva.

ROTURACION PROFUNDA

Consiste en romper el suelo a gran profundidad, con implementos de dientes (subsoladora, cincel). Debe usarse en suelo seco. Es muy útil para romper capas impermeables, pies de arado, y en suelos con estructura deficiente. Deja una estructura gruesa.

RUMBO

Es la dirección de una alineación con respecto a un meridiano dado y se define la orientación por el cuadrante en que se encuentra y por el ángulo agudo que forma con el meridiano en ese cuadrante (de 0 a 90 grados), se mide a partir de la meridiana Norte o Sur en dirección de la línea de interés, que puede ser Nor-Este, Nor-Oeste, Sur-Este y Sur-Oeste.

SALTACION

Tipo de transporte aluvial. Se refiere al momento de los elementos que se desplazan por saltos sucesivos y discontinuos.

SEDIMENTACION

Deposición de materiales transportados por el agua o contenidos en suspensión.

SEDIMENTO

Material depositado por el agua, no importando el medio que haya sido y el modo de transporte.

SIEMBRA EN CONTORNO

Consiste en sembrar las plantas de manera que formen hileras en curvas de nivel, o guiándose con base en obras de conservación establecidas como acequias de ladera, barreras vivas, etc. Según el sistema de siembra, se trata de surcos o camellones en contorno.

SISTEMAS AGROFORESTALES

Son técnicas de manejo de la tierra que implican la combinación de árboles forestales con cultivos, o con ganadera, o con una combinación de ambos.

SOBREPASTOREO

Pastoreo excesivo que origina una degradación progresiva de los pastizales, y se manifiestan en terrenos ondulados en forma de terracetos (camino del ganado).

SUBHÚMEDA

Se refiere a una zona con estación seca y déficit hídrico marcado (por lo menos 3 meses de precipitación mensual inferior a 100 mm. de lluvia).

SUELO

Es el sistema dinámico natural de materiales minerales y orgánicos en la superficie de la tierra. Sus constituyentes son la materia orgánica, la arcilla, el limo, la arena y la grava.

SURCOS

Pequeñas cortaduras originadas por la erosión lineal, parecidas a las del arado, las que pueden profundizar y evolucionar en cárcavas.

TAPIZCA (DOBLADA DE MAÍZ)

Consiste en doblar las plantas de maíz a la maduración con la finalidad de que las mazorcas se sequen.

TERRACETAS

Caminos del ganado (pie de vaca), que originan agrietamientos y manchas de suelo desnudo. Favorecen la erosión hídrica y deslizamientos.

TERRAZAS

Banquetas escalonadas siguiendo las curvas de nivel, construidas para disminuir la escorrentía superficial e incrementa la infiltración.

TERRAZAS DE BANCO

Modificación de la pendiente original del terreno. A través de operaciones de corte y de relleno del suelo original se va creando un perfil escalonado, constituido por bancos cultivables (a nivel, pendiente inversa) y taludes no cultivables. Según la situación, pueden ser diseñadas para infiltrar toda la escorrentía o para desviar los excesos.

TERRAZAS DE DESVIACION

Modificaciones de la pendiente natural del terreno, constituidas por una sección de corte triangular con capacidad para evacuar excesos de aguas de escorrentía y una sección de relleno con forma de cama elevada que se utiliza para siembra de cultivos anuales. Se usan para control de escorrentía en terrenos con pendiente inferior a 15%.

TERRAZAS DE HUERTO

Modificaciones intermitentes de la pendiente natural del terreno, constituidas por un banco construido con pendiente inversa, gradiente longitudinal y relativos taludes y una superficie no alterada de terreno con pendiente natural. Los bancos interceptan y evacúan la escorrentía que se origina en la parte de terreno natural. Se usan para establecer plantaciones de frutales en tierras de ladera.

TERRAZA INDIVIDUAL

Modificación aislada de la pendiente original del terreno; a través de cortes y rellenos que constituyen plataformas circulares, romboidales u ovaladas. Según la situación pueden ser diseñadas para almacenar toda o parte de la escorrentía superficial.

TIERRA

Término usado en un sentido amplio para abarcar el medio ambiente físico dentro de un perfil desde la atmósfera arriba de la superficie terrestre hasta algunos metros debajo de la superficie, incluyendo por tanto el clima, la forma de la tierra, los suelos, la hidrológica y la vegetación.

USO DE LA TIERRA

Es el objeto para lo cual se usa la tierra. Abarca desde descripciones generales como "uso rural de la tierra" hasta condiciones específicas como "producción de pastos mejorados"

VIA DE AGUA EMPASTADA

Aprovechamiento y mejoramiento de depresiones topográficas y drenajes naturales para recibir el agua de escorrentía interceptada por sistemas de control de erosión. La cubierta vegetal natural de las vías de agua debe ser respetada o mejorada. Si no existe cubierta vegetal ésta debe ser establecida con especies aptas.



Manual de conservación de suelos y aguas, se terminó de imprimir en el mes de marzo de 1994, en la Oficina de Publicaciones de la UNED. Su edición consta de 1000 ejemplares impresos en papel bond 75 gramos, con forro de cartulina barnizable. Estuvo al cuidado de la Dirección Editorial de la UNED.

Revisión Filológica. *Oficina de Unidades Didácticas -UNED*
Diagramación y Artes finales. *Grettel Rodríguez Rodríguez*
Corrección de pruebas: *Diógenes Cubero Fernández*.
Ilustraciones. *S. Oses*
Diseño de portada. *Georgina García Herrera*.
Separaciones de color. *Diafragma Técnico S.A.*