

FEDERACION NACIONAL DE
CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TECNICA



**MANUAL DE CONSERVACION
DE SUELOS DE LADERA**

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Cenicafé

Chinchiná, Caldas - 1975

**FEDERACION NACIONAL DE
CAFETEROS DE COLOMBIA**
GERENCIA TECNICA

**MANUAL DE CONSERVACION
DE SUELOS DE LADERA**

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Cenicafé

Chinchiná, Caldas — 1975

**COLABORARON
EN ESTA OBRA:**

La coordinación y dirección técnica estuvo a cargo del I.A. MSc. Alvaro Gómez Aristizábal, Jefe de la Sección de Conservación de Suelos de Cenicafé.

El I.A. Alfonso Grisales García, Jefe de la Sección de Agrología del Programa de Desarrollo y Diversificación de la Federación, corrigió el manuscrito y participó en la redacción de los aspectos de Suelos y Unidades.

El I.A. José Suárez Serrato, de la Sección de Agroclimatología de Cenicafé, participó en los aspectos de clima e hidrología.

El señor Octavio Velásquez Velásquez, Ayudante por largos años de la Sección de Conservación de Suelos de Cenicafé, colaboró con el cálculo de los datos experimentales.

La edición de la obra se realizó en la Sección de Divulgación Científica de Cenicafé con el siguiente personal:

- EDICION** : Héctor Alarcón Correa, I.A.
ARTE, DIBUJO
Y MONTAJE : María Helena Estrada Gómez
COMPOSER : Olga Lily Ospina Arias
FOTOGRAFIAS : Héctor Alarcón Correa y Jorge Prieto Bolívar, principalmente.
IMPRESION : LITO MODERNA LTDA.
Bogotá, Noviembre de 1975

SPH. 106A

003101

1-1

PRESENTACION

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia ha sido siempre una entidad preocupada por la conservación de los suelos. Es así como desde 1947 organizó la Campaña Nacional de Defensa y Restauración de Suelos, con funciones de investigación, enseñanza y divulgación.

Gracias a esta labor, fué posible ofrecer al país resultados básicos de investigación como los de los doctores Fernando Suárez de Castro, Alvaro Rodríguez Grandas y Alfonso Uribe Henao, principalmente, que junto con el trabajo de otros innumerables técnicos de investigación y de campo, lograron crear una conciencia conservacionista en la zona cafetera.

A partir de 1960, con la creación del Servicio de Extensión de la Federación, se dió mayor énfasis a la parte educativa, tratando de armonizar la conservación con el manejo mismo del cafetal, y se continuó la experimentación sobre pérdidas de suelo y agua debidas a la erosión, en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, en Chinchiná.

En los últimos años, ha sido nuevamente preocupación el problema de la erosión, debido al impacto de las nuevas técnicas de cultivo intensivo del cafeto, y al fomento de nuevas explotaciones de diversificación.

Esto llevó a la Entidad a estudiar a fondo los suelos de la zona cafetera y su ecología, con el objeto de zonificar las distintas regiones en "unidades" con fines de uso y manejo.

Todos estos aspectos han sido permanentemente analizados por los últimos Congresos Cafeteros y por las directivas de la Federación, que han dado especial atención al problema actual y potencial de la erosión, y están conscientes de la necesidad de intensificar la conservación.

Como desarrollo de esta política y por instrucciones expresas del XXIX Congreso Cafetero, se ordenó la preparación de este Manual con el fin de interpretar las investigaciones realizadas en Cenicafé y reunir las experiencias de quienes han trabajado en estas materias, relacionándolas con los estudios de zonificación de suelos.

Al entregar este libro, esperamos que los técnicos de la Federación, los agricultores, los estudiantes y profesionales vinculados al agro, cuenten con una herramienta para preservar el principal patrimonio de Colombia que es su suelo, y lograr que produzca al máximo en las difíciles condiciones de ladera.

Esperamos también contribuir con la gran preocupación nacional por la preservación del medio ambiente, e instrumentar en parte el Código de Recursos Naturales que acaba de ser expedido por el Gobierno Nacional.

Finalmente queremos destacar la labor de los autores y del equipo de divulgación de Cenicafé en la realización del trabajo, agradecer al Inderena y al Instituto Agustín Codazzi su colaboración y estímulo y rendir un homenaje a todas aquellas personas de la Federación que han trabajado en la mística labor de preservar los suelos.

Arturo Gómez Jaramillo

Gerente General

	Página
CAPITULO I.- EROSION Y CONSERVACION DE SUELOS EN COLOMBIA	1
1.- LA EROSION DE LOS SUELOS	1
2.- BENEFICIOS DE LA CONSERVACION	3
3.- LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA	5
3.1 Localización	5
3.2 Clima	5
3.3 Regiones cafeteras	5
3.4 Población	6
3.5 Tamaño y tenencia de las fincas	6
3.6 Los suelos de la zona cafetera	8
4.- PROGRAMAS DE INVESTIGACION	10
5.- LA ENSEÑANZA DE LA CONSERVACION	11
6.- EMPLEO DEL MANUAL	12
7.- DECALOGO DE LA CONSERVACION	13
BIBLIOGRAFIA	14
FOTOGRAFIAS SOBRE INVESTIGACION	15
CAPITULO II.- SUELOS	17
1.- CLASIFICACION DE LAS ROCAS	18
1.1 Rocas ígneas	18
1.2 Rocas sedimentarias	23
1.3 Rocas metamórficas	23
2.- METEORIZACION DE LAS ROCAS	26
2.1 Meteorización física	26
2.2 Meteorización química	26
2.3 Meteorización biológica	26
2.4 Factores que influyen en la meteorización	26
2.5 Tipos de meteorización	28
3.- SUELO	28
3.1 Perfil de suelo	28
3.2 Formación de los suelos	28
3.3 Características heredadas	29
4.- CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	31
4.1 Fertilidad	31
4.2 Materia orgánica	33
4.3 Textura	35
4.4 Estructura	37
4.5 Estabilidad estructural	41
4.6 Relación aire-agua del suelo	42
4.7 Color	43
4.8 Profundidad efectiva	43
4.9 Uniformidad del perfil	43
BIBLIOGRAFIA	44
ANEXO 2.1 PRINCIPALES GRUPOS DE MINERALES CONSTITUYEN- TES DE LAS ROCAS	47
ANEXO 2.2 PRINCIPALES MINERALES DE LAS ROCAS DE LA ZONA CAFETERA	48
FOTOGRAFIAS SOBRE ROCAS Y METEORIZACION	54

	Página
CAPITULO III.- EROSION	61
1.- CLASES DE EROSION	61
1.1 Erosión geológica o natural	61
1.2 Erosión acelerada o antrópica	61
2.- FORMAS DE EROSION	62
2.1 Erosión eólica	62
2.2 Erosión hídrica	62
3.- CLASES DE EROSION HIDRICA	62
3.1 Erosión pluvial	62
3.2 Erosión por escurrimiento	62
3.3 Remoción en masa	63
4.- GRADOS DE EROSION	64
5.- FACTORES QUE FAVORECEN LA EROSION	66
5.1 El hombre	66
5.2 Tipo de suelo	68
5.3 Pendiente	68
5.4 Uso y manejo del suelo	69
5.5 Quemas	69
5.6 Lluvias	73
5.7 Vegetación	74
6.- DAÑOS CAUSADOS POR LA EROSION	76
6.1 Daños directos	76
6.2 Daños indirectos	78
6.3 Pérdida de productividad	79
7.- INESTABILIDAD DE MASAS DE SUELOS	85
BIBLIOGRAFIA	86
FOTOGRAFIAS SOBRE CAUSAS Y EFECTOS DE LA EROSION	87
CAPITULO IV.- PRACTICAS CULTURALES DE CONSERVACION	93
1.- PRACTICAS DE CONSERVACION	94
1.1 Prácticas culturales	94
1.2 Prácticas mecánicas	94
1.3 Prácticas agronómicas	95
1.4 Uso de las prácticas	95
2.- CURVAS A NIVEL	95
2.1 Construcción del caballete	97
2.2 Trazado de las curvas a nivel	97
3.- PRACTICAS CULTURALES	97
3.1 Localización de cultivos	97
3.2 Siembras en contorno	99
3.3 Coberturas vegetales	103
3.4 Barreras vivas	105
3.5 Sombrio	106
3.6 Coberturas muertas	107
3.7 Cultivos en fajas	107
3.8 Incorporación de materia orgánica	110
3.9 Pulpa de café	111
4.- CONSTRUCCION DE FOSAS	112
4.1 Fosas en tierra	113
4.2 Fosas de tanque	113
BIBLIOGRAFIA	119
FOTOGRAFIAS SOBRE PRACTICAS CULTURALES	120

CAPITULO V.- PRACTICAS MECANICAS DE CONSERVACION	125
1.- ESCORRENTIA	126
1.1 Factores que influyen en la escorrentía	126
1.2 Volumen de escorrentía	126
2.- EVACUACION DE AGUAS DE ESCORRENTIA	127
2.1 Desagües naturales	127
2.2 Zanjillas de absorción	127
2.3 Zanjillas de desagüe	128
2.4 Acequias de ladera	128
2.5 Canales de desviación	132
2.6 Vertimiento de aguas	133
3.- CALCULO DE LA ESCORRENTIA CRITICA	134
3.1 Cálculo del coeficiente de escorrentía	136
3.2 Cálculo de la intensidad crítica	137
4.- DISEÑO Y TRAZADO DE CANALES	139
4.1 Selección entre canales y acequias	139
4.2 Secciones de canales	139
4.3 Selección de la sección de un canal	140
4.4 Cálculo de canales	141
4.5 Localización y trazado del canal	144
4.6 Excavación de canales	146
4.7 Terminado y mantenimiento del canal	147
5.- OBRAS HIDRAULICAS COMPLEMENTARIAS	155
6.- OBRAS TRANSVERSALES	160
6.1 En surcos, canales y desagües	160
6.2 En taludes y derrumbes	160
6.3 En ríos y quebradas	160
7.- MUROS Y GAVIONES DE CONTENCIÓN	165
7.1 Muros de contención	165
7.2 Gaviones metálicos de contención	165
8.- DRENAJE DE PREDIOS AGRICOLAS	170
8.1 Causas de los problemas de drenaje	170
8.2 Clases de drenaje	171
8.3 Especificaciones de los drenes	172
8.4 Construcción de un sistema de drenaje	172
8.5 Localización de los sistemas de drenaje	173
8.6 Mantenimiento de los drenes	173
9.- DRENAJE COMO FACTOR DE ESTABILIZACION	175
BIBLIOGRAFIA	175
FOTOGRAFIAS SOBRE PRACTICAS MECANICAS	177
CAPITULO VI.- CONTROL DE EROSION	181
1.- CUIDADOS ESPECIALES EN PROGRAMAS DE CONTROL	182
1.1 De carácter técnico	182
1.2 De carácter socio-económico	182
1.3 De mantenimiento	183
2.- ETAPAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE EROSION	183
3.- CONTROL DE EROSION HIDRICA Y FLUVIAL	184
3.1 Erosión pluvial	184
3.2 Laminar y en surcos	184
3.3 Corrección de cárcavas	184
3.4 Remociones en masa	186

3.5	Control de derrumbes	186
3.6	Erosión en carreteras	187
3.7	Erosión fluvial	190
4.-	RECUPERACION DE ERIALES	191
5.-	RECOMENDACIONES PARA CAMPAÑAS DE CONSERVACION	191
5.1	Sobre extensión	192
5.2	Sobre diversificación	192
5.3	Sobre crédito	192
5.4	Sobre trabajo con el agricultor	193
5.5	Sobre integración y coordinación	193
5.6	Sobre prácticas mínimas de conservación	194
	BIBLIOGRAFIA	195
	FOTOGRAFIAS SOBRE CONTROL DE EROSION	197
CAPITULO VII.-	CUENCAS HIDROGRAFICAS	201
1.-	CUENCAS	202
1.1	Definición	202
1.2	La cuenca como unidad de desarrollo	202
1.3	Ordenación y manejo de cuencas	203
2.-	FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO	203
2.1	Lluvias	204
2.2	Intercepción	204
2.3	Corriente superficial (escorrentía)	204
2.4	Corrientes del subsuelo	204
2.5	Evapotranspiración	204
3.-	MANEJO DE CUENCAS	205
3.1	Efecto de los bosques	205
3.2	Manejo de praderas	206
3.3	Manejo del agua	207
4.-	LEGISLACION	208
	Del ambiente	208
	De los recursos naturales	209
	Del suelo agrícola	209
	Del uso y conservación de los suelos	209
	De los bosques	209
	De las cuencas hidrográficas	209
	De los distritos de conservación de suelos	210
	BIBLIOGRAFIA	211
CAPITULO VIII.-	USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA	213
1.-	UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES IGNEOS	214
1.1	Unidad Colón	214
1.2	Unidad Junín	214
1.3	Unidad Manila	215
1.4	Unidad Parnaso (200)	215
2.-	UNIDADES DERIVADAS DE CENIZAS VOLCANICAS	218
2.1	Unidad Fresno	218
2.2	Unidad 10 (Chinchiná)	219
2.3	Unidad Malabar	221
2.4	Unidad Montenegro	221



	Página
3.- UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES SEDIMENTARIOS . . .	223
3.1 Unidad Mendarco	223
4.- UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES METAMORFICOS . . .	223
4.1 Unidad Veracruz	223
4.2 Unidad Combeima	224
4.3 Unidad Villeta	224
4.4 Unidad 60 (Chuscal)	228
5.- RECONOCIMIENTO PARA USO, MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS	228
FOTOGRAFIAS DE UNIDADES	230
6.- SISTEMA I.U.M. PARA DETERMINACION DEL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DE LADERA	234
6.1 Indice de erosión pluvial	235
6.2 Aplicación del sistema	236
6.3 Epocas apropiadas para realizar labores culturales	236
BIBLIOGRAFIA	243
ANEXO 8.1 MATERIALES DE ORIGEN DE LOS SUELOS DE LOS MU- NICIPIOS CAFETEROS	245
INDICE DE MATERIAS	255
GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS EN EROSION Y CONSERVACION DE SUELOS . . .	259



EROSION Y CONSERVACION DE SUELOS EN COLOMBIA

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

1. LA EROSION DE LOS SUELOS

Los suelos son la base natural donde crecen las plantas que producen alimentos para el hombre y sus ganados y materias primas para la industria. Un centímetro de suelo tarda cientos y hasta miles de años en formarse y puede ser arrastrado por un sólo aguacero o viento fuerte.

El manejo del agua y el suelo ha determinado el destino de muchas naciones. A todo lo largo de la historia, se presenta la erosión en la declinación de los imperios. Sabemos de pueblos antiguos, como los Incas en el Perú y los Aztecas en México, que basaron su permanencia en el manejo racional del suelo y el agua en condiciones naturales muy difíciles.

Se han encontrado ruinas de más de 5.000 años que muestran la existencia de obras hi-

dráulicas y de conservación en el Valle del Indo en Egipto. En Colombia, recientemente fueron halladas ruinas Tayronas con sorprendentes obras hidráulicas y de conservación.

Este contraste nos demuestra cómo nuestros antepasados, que moraron por siglos estas tierras, llegaron a comprender la realidad del trópico y a compenetrarse con su verdadera capacidad de producción. En tanto que con la llegada de los conquistadores, heredamos la ilusión de un Dorado atesorado por los indios que hemos gastado alegremente alentados por la aparente abundancia de recursos naturales.

Pero, a pesar de los reales y dramáticos ejemplos de la historia, el hombre colombiano no

ha aprendido la lección, y sólo cuando aparecen las sequías, las inundaciones, el hambre y los desastres, comienza a apreciar cada gota de agua y cada grano de suelo. A este problema de la erosión, se suma hoy día el desequilibrio biológico y la contaminación del aire y de las aguas.

La erosión no sólo ocasiona el arrastre de los suelos y las malas cosechas; se manifiesta en los daños en obras y vías, en la sedimentación de embalses, en la destrucción de viviendas y cultivos, en los derrumbes y deslizamientos, y en la torrencialidad de los ríos y quebradas.

En Colombia, por la presión de la población sobre las laderas en busca de nuevas tierras de cultivo, las cuencas están perdiendo su capacidad reguladora y se han acelerado los procesos erosivos. Cada día nuestros ríos son más sucios y torrentosos, los suelos son más

pobres, los derrumbes más frecuentes.

Las pérdidas debidas a los inviernos en el país, entre 1960 y 1971, se calculan en 6.000 millones de pesos y 1.100 víctimas. En sólo el período de 1970-71 se calculan las pérdidas en 2.500 millones de pesos y para el período agosto-octubre de 1972 en 700 millones. Esto nos demuestra que cada año se incrementan los estragos de las lluvias, aún en inviernos normales.

También se puede apreciar la magnitud del problema en los materiales de suspensión del río Magdalena (tablas 1.1 y 1.2), que son un reflejo de la cuenca más importante del país. En estos datos se debe tener en cuenta que parte de los sedimentos puede provenir de retomas de materiales sedimentados en períodos anteriores y de orillas de cauces y vías, y no exclusivamente de las explotaciones agrícolas.

TABLA 1.1.- MATERIAL DE SUELO EN SUSPENSION EN EL RIO MAGDALENA.-

EPOCAS	APORTE DE SUELOS		
	$m^3/día$	m^3/seg	Ton/seg.
Aguas bajas	90.000	1,04	0,65
Aguas altas	900.000	10,40	6,50

Colpuertos. Informe sobre Bocas De Ceniza, 1969.-

TABLA 1.2.- APORTE DE SUELO DEL RIO MAGDALENA AL MAR.

EPOCAS	SUELOS EN SUSPENSION			
	m ³ /seg.	m ³ /día	m ³ /año	Ton/año
1960	6,84	591.700	216.000.000	130.000.000
Promedio de 7 años	4,60	345.000	125.000.000	75.000.000

Colpuertos. Informe sobre Bocas De Ceniza, 1969.-

2. BENEFICIOS DE LA CONSERVACION

Se puede afirmar que en todos los climas, topografías, suelos y clases de explotación, se requieren prácticas y obras de conservación ya sea para remediar o prevenir la erosión, para aprovechar mejor los suelos y las aguas o para la protección del medio ambiente.

Las prácticas de conservación, especialmente en las laderas, buscan aumentar o al menos sostener los rendimientos del suelo, y conservar la fertilidad natural por el mayor tiempo posible.

Experimentos realizados en los Estados Unidos, han demostrado aumentos en la producción de fincas con cultivos en curvas a nivel y bancales, en comparación con sistemas tradicionales; las ganancias por hectárea fueron superiores en todos los casos, entre 900 y 1.500 pesos colombianos actuales.

En Colombia no se tienen datos sobre el aumento de producción debido a prácticas de conservación. De los estudios hechos en

Cenicafé durante varios años en suelos desnudos, considerando las pérdidas de nutrientes por escorrentía solamente, el costo de fertilizantes para reponer esas pérdidas era de \$1.593 por hectárea-año en 1971.

El agotamiento de los suelos, por pérdida de su espesor o de sus nutrientes naturales, ha incrementado el sistema de cultivo con fertilizantes químicos, cada día más escasos y costosos. El mantenimiento de la fertilidad natural y su enriquecimiento con procesos y materiales biológicos, es una de las formas como la conservación contribuye a reducir los costos de fertilización, o al menos a mantenerlos.

Finalmente, hay otros beneficios indirectos o intangibles que favorecen a la comunidad y a las generaciones futuras, como son la regulación y calidad de las aguas, la protección de los asentamientos, poblaciones y vías y el mejoramiento de las condiciones ecológicas para la fauna, la flora y los microorganismos benéficos.

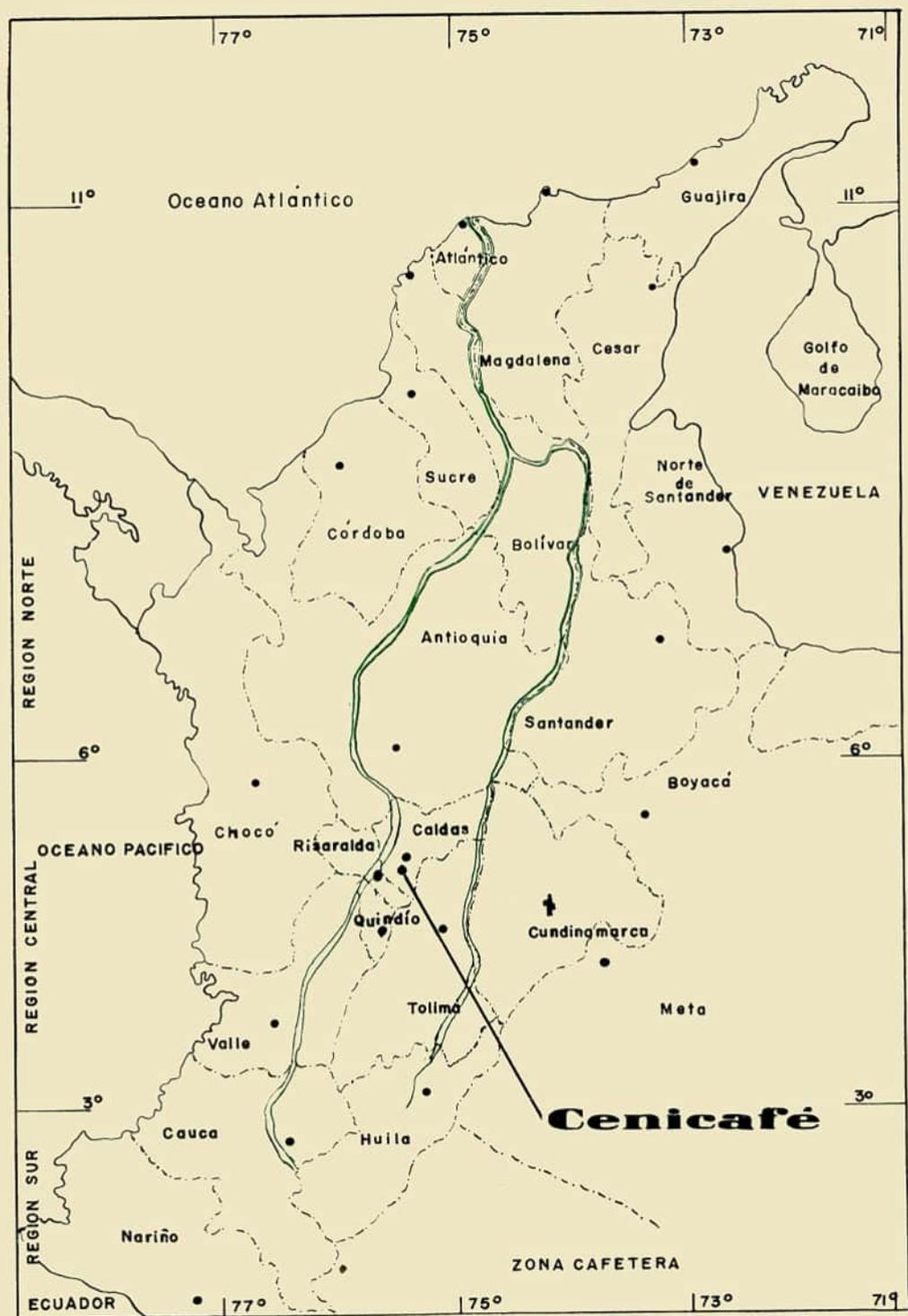


FIGURA II.- LOCALIZACION DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA .-

3. LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

3.1 LOCALIZACION

La zona cafetera está localizada en las grandes laderas que forman las cordilleras que atraviesan el país, entre los 1.000 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar, que corresponde a la faja altimétrica de mayor precipitación (figura 1.1).

3.2 CLIMA

El clima de la zona cafetera está regido por la influencia de la circulación intertropical de los vientos (del norte y del sur), y por la circulación valle-montaña, especialmente en la región central.

3.2.1 Precipitación.- De acuerdo a la información obtenida durante el período 1961-1970, en 26 pluviógrafos tipo Helman distribuidos en toda el área cafetera, se observa que la distribución e intensidad de las lluvias es muy similar en las diferentes regiones, con cantidades variables de 1.000 a 3.000 milímetros al año (tabla 1.3).

Entre los 1.300 y 1.700 metros de altura se presentan promedios de 1.800 a 2.800 mm anuales siendo estas las zonas óptimas para el cultivo del café. En las regiones con altitudes menores hay períodos prolongados de sequía que influyen desfavorablemente en la producción del café.

3.2.2 Temperatura.- Este elemento tiene una relación inversa con la altura sobre el nivel del mar. La zona cafetera tiene una temperatura media que varía entre los 18°C y los 22.5°C. Regiones con temperaturas por fuera de estos límites se consideran como margi-

nales para el cultivo del café. La temperatura media más adecuada se encuentra entre los 19.5°C y los 21.5°C.

3.2.3 Humedad relativa.- La humedad relativa media se encuentra entre el 70 y el 85 por ciento. Este elemento presenta variaciones entre el día y la noche; baja en las horas de la tarde hasta el 35 o/o y sube en la noche hasta el 100 por ciento.

3.2.4 Vientos.- Las zonas aptas para el cultivo del café en Colombia se caracterizan por presentar vientos de poca fuerza. Los valores normales varían entre cinco y siete kilómetros por hora. En algunas épocas del año, los vientos pueden ser fuertes, de 30 a 40 kilómetros, pero poco frecuentes.

3.2.5 Radiación y brillo solar.- Estos elementos son variables en las distintas regiones cafeteras. La región central tiene alrededor de 2.000 horas de sol durante el año y una radiación de 12.000 calorías por mes, siendo los meses de enero-febrero y julio-agosto los que presentan los valores más altos.

3.3 REGIONES CAFETERAS

El área cafetera se puede subdividir desde el punto de vista hidrológico en tres regiones:

3.3.1 Región Norte.- Se encuentra por encima de los 6° de latitud norte, comprende la Sierra Nevada de Santa Marta y las últimas estribaciones de la cordillera Oriental en Colombia. Se caracteriza por presentar las menores cantidades y horas de lluvia durante el año, pero con las mayores intensidades del área cafetera. En su clima predomina la in-

fluencia de los vientos del norte (intertropicales). El verano más fuerte es generalmente a principios del año con cuatro meses secos continuos. La estación más lluviosa es en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

3.3.2 Región Central.- Está comprendida entre 3^o y 6^o de latitud norte, y es la más importante respecto a la producción de café en el país. Su clima está regido notablemente por las circulaciones locales de los vientos valle-montaña, con una gama muy variada de topoclimas y una influencia muy significativa de la altitud sobre las lluvias. Esta región tiene mayores cantidades, frecuencias, duraciones e intensidades de lluvias que la región sur, pero intensidades menores que la región norte.

En la región central, generalmente se presentan dos épocas lluviosas y dos épocas secas a través del año. En la región central-norte la época de verano es en los meses de diciembre a marzo, mientras que en la región central-sur, la época de verano es de junio a septiembre.

3.3.3 Región Sur.- Se encuentra ubicada por debajo de los 3^o de latitud norte. Su clima está determinado principalmente por la influencia de las circulaciones intertropicales (vientos del sur) que llegan al gran Macizo Colombiano y hacen que las áreas tengan condiciones microclimáticas muy específicas. La precipitación presenta los valores más bajos de toda la zona cafetera.

Estos cambios del trascurso del tiempo, influyen en las épocas de cosecha. En la región norte, la cosecha se presenta en los meses de octubre y noviembre. En la región central-norte se observan dos épocas de cosecha: una principal en octubre, noviembre y diciembre y una travesía o mitaca en abril y

mayo. En la región central-sur, la cosecha principal es en abril y mayo y la mitaca en octubre y noviembre. En la región sur, la cosecha es en abril y mayo.

3.4 POBLACION

En el aspecto humano, la zona cafetera tiene una población rural aproximada de 2 millones de personas, con una densidad de 43 habitantes por kilómetro cuadrado.

Si se considera solamente el área sembrada con cafetos, la densidad alcanza hasta 180 habitantes por kilómetro cuadrado.

3.5 TAMAÑO Y TENENCIA DE LAS FINCAS

El área de la zona cafetera (tabla 1.4) es de 4'750.000 hectáreas, de las cuales un millón están en cafetales. El tamaño de las fincas cafeteras (tabla 1.5) es uno de los factores más característicos de esta explotación, ya que el 93 o/o de ellas tiene menos de 10 hectáreas.

En el aspecto de tenencia, la costumbre de arrendar la tierra no es frecuente y la mayoría de las fincas están en manos de los propietarios (87 o/o). En ocasiones es frecuente el ausentismo del propietario que deja la finca bajo la vigilancia de mayordomos o agregados.

Estos aspectos sociales tienen una influencia decisiva en los fenómenos erosivos y son limitantes para el desarrollo de campañas conservacionistas, si se tiene en cuenta, además, las arraigadas costumbres y el bajo nivel educativo promedio de los caficultores.

TABLA 1.3.- PRECIPITACION PROMEDIA ANUAL EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

MUNICIPIO	ESTACION	Latitud Norte	PRECIPITACION ANUAL				o/o horas con intensi. mayor de 3mm en 5 minutos.	
			Total m. m.	Nº Aguaceros	Total Horas			
Manaure (Cesar)	Ramón Mejía	10° 23'	1.479	353	353	13,5	Región Norte	
Pueblo Bello (Cesar)	Pueblo Bello	10° 22'	2.291	364	436	18,9		
Salazar (N. de S.)	Francisco Romero	7° 47'	2.855	440	599	13,9		
Chinácota (N. de S.)	Blonay	7° 37'	1.554	432	524	6,0		
Moniquirá (Boyacá)	Bertha	5° 53'	1.933	579	639	8,3	Región Central	
Yacopí (Cund.)	Montelíbano	5° 30'	2.608	569	664	11,7		
Tibacuy (Cund.)	Tibacuy	4° 21'	1.096	404	456	5,2		
Venecia (Antioquia)	Esteban Jaramillo	5° 58'	2.453	452	701	9,8		
Jardín (Antioquia)	Miguel Valencia	5° 33'	2.098	728	854	5,0		
Manzanares (Caldas)	Llanadas	5° 13'	2.856	548	733	11,7		
Manizales (Caldas)	Fac. Agronomía	5° 04'	1.914	585	706	5,2		
Chinchiná (Caldas)	Cenicafé	4° 58'	2.391	549	688	9,2		
Chinchiná (Caldas)	Naranjal	4° 57'	2.535	545	689	9,9		
Santa Rosa (Risaralda)	Pedro Uribe	4° 53'	2.468	596	710	8,7		
Calarcá (Quindío)	La Bella	4° 31'	2.053	536	638	8,0		
Pijao (Quindío)	Paraguacito	4° 23'	1.976	445	529	8,3		
Sevilla (Valle)	Heracio Uribe	4° 17'	1.886	484	591	9,3		
Restrepo (Valle)	Julio Fernández	3° 49'	996	386	395	4,7		
Libano (Tolima)	La Unión	4° 56'	2.183	447	617	10,3		
Ibagué (Tolima)	Chapetón	4° 27'	1.990	482	567	10,5		
Dolores (Tolima)	Hda. La Montaña	3° 32'	1.794	433	465	12,6		
Gigante (Huila)	Jorge Villamil	2° 22'	1.269	569	571	3,8	Región Sur	
Popayán (Cauca)	La Florida	2° 27'	1.810	506	595	8,1		
El Tambo (Cauca)	Manuel Mejía	2° 23'	1.958	512	636	8,0		
La Unión (Nariño)	Manuel Mejía	1° 34'	1.803	476	595	6,7		
Consacá (Nariño)	Ospina Pérez	1° 16'	1.286	521	600	3,0		

Suárez, J. Régimen de las lluvias de la Zona Cafetera Colombiana. Avances Técnicos N° 34, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1974. 4 p.

TABLA 1.4.-DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA.

CULTIVO	HECTAREAS	% DEL TOTAL
Café	1.067.097,3	22,5
Potreros	2.161.500,0	45,5
Cultivos temporales	155.724,2	3,3
Caña de azúcar	201.200,4	4,2
Plátano	53.498,3	1,1
Guadua	15.966,2	0,4
Otros (cacao, rastrojo, etc).	1.094.570,7	23,0
TOTALES	4.749.557,1	100,0

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Censo Cafetero, 1970

3.6 LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA

En general, los suelos de la zona cafetera son relativamente jóvenes, aunque no recientes, y provienen de materiales muy variables principalmente en las laderas.

Los materiales de origen más dominantes en las zonas de vertientes son: diabasas, basaltos, andesitas, riocacitas, granitos, anfibolitas y esquistos.

Los suelos originados de estas rocas, en general presentan buenas condiciones físicas y de fertilidad, pero baja estabilidad estructural. En condiciones de pendiente pronunciada son susceptibles a la erosión.

Fuera de las formaciones de vertiente, existe una amplia zona de cenizas volcánicas caracterizada por un relieve ondulado, suelos profundos, ricos en materia orgánica, de mediana fertilidad pero de excelentes condiciones físicas.

TABLA 1.5.- ESTRUCTURA DE LA REGION CAFETERA COLOMBIANA.
DISTRIBUCION DE LOS CAFETALES SEGUN SU TAMAÑO

TAMAÑO HECTAREAS	CAFETALES		SUPERFICIE CAFETERA PRODUCTIVA	
	Nº	%	HECTAREAS	%
Menores de 1	101.599	33,5	49.581,9	4,7
1 - 1,99	72.843	24,0	100.100,9	9,5
2 - 3,99	59.909	19,8	163.690,8	15,5
4 - 5,99	25.527	8,4	120.884,6	11,5
6 - 9,99	21.749	7,2	162.466,1	15,4
10 - 15,99	11.107	3,7	135.863,1	12,9
16 - 19,99	3.377	1,1	59.239,9	5,6
20 - 39,99	4.926	1,6	131.442,3	12,4
40 - 99,99	1.661	0,6	93.237,4	8,8
De 100 y más	247	0,1	38.743,1	3,7
TOTAL	302.945	100,0	1.055.250,1	100,0

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Censo Cafetero, 1970

En estas zonas no ocurren diferencias climáticas tan pronunciadas como en las vertientes, por lo cual se presenta una agricultura más homogénea con predominancia del café y el plátano. En general los suelos son ácidos, con pH alrededor de 5,5 y altamente fijadores de fósforo. Tienen

buna estabilidad que los hace resistentes a la erosión superficial. Sin embargo, estos suelos son afectados por movimientos en masa.

Los suelos originados de cenizas volcánicas ocupan aproximadamente el 70 % del área

productora de café. La mayoría de los suelos de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Valle, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Cauca y Nariño, han sido afectados en mayor o menor grado por las cenizas volcánicas.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi ha efectuado un estudio de los suelos colombianos con base en las ocho clases agrológicas, establecidas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, para determinar sus aptitudes y potencialidades.

Según esta clasificación, el 75 o/o del territorio estudiado (52,774.039 Ha) estaría en las clases VI, VII y VIII.

En las zonas de ladera, por sus condiciones de pendiente, y la gran cantidad de materiales geológicos que originan suelos de susceptibilidades diferenciales de erosión (favoreciéndose ésta, en ocasiones, por las altas intensidades y frecuencias de las lluvias), este porcentaje podría aumentar considerablemente. De estas clases, sólo la VI admitiría cultivos técnicos permanentes, con prácticas de conservación.

La Federación Nacional de Cafeteros de Co-

lombia, a través del Programa de Desarrollo y Diversificación, adelanta el estudio de los suelos de la zona cafetera agrupándolos en unidades de capacidad.

Esta clasificación, para determinar la vocación de uso y manejo de los suelos, se hace con base en su material de origen, y en los factores intrínsecos del suelo, como la estabilidad estructural y los procesos de erosión masal. También se consideran las condiciones de clima, topografía, mercados, vías y mano de obra.

Se ha tenido en cuenta en esta clasificación, que en la zona cafetera se encuentran los principales asentamientos rurales del país, ya que las condiciones ecológicas son óptimas para la agricultura, lo cual obliga a considerar factores económicos, políticos y sociales, en la formulación de programas agropecuarios.

En este manual, la clasificación de suelos en unidades y sus fases de pendiente, reemplazará el concepto tradicional de las clases agrológicas para programas de uso, conservación y control de erosión, que resultan así más amplios y acordes con los planes de desarrollo y diversificación de la Federación.

4. PROGRAMAS DE INVESTIGACION

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia inició trabajos experimentales sobre erosión y conservación de suelos a partir del año de 1947, a raíz de la organización de la Campaña Nacional de Defensa y Restauración de los Suelos. En el año de 1961 fué suspendida la campaña y se creó la Sección de Conservación de Suelos dentro de la organización de Cenicafé, que se hizo cargo de

los trabajos experimentales.

Las funciones de educación y divulgación se adscribieron al Servicio de Extensión de la Federación.

El objetivo de la Sección de Conservación de Suelos de Cenicafé es el estudio del suelo para el manejo técnico y racional de las zonas

cafeteras del país, desde el punto de vista de su conservación y restauración. Su línea de acción está fundamentada en el diseño de prácticas de defensa del suelo eficientes y económicas.

La información básica se obtiene por análisis cuantitativos y cualitativos de las pérdidas de agua y suelo en predios experimentales, y su correlación con las lluvias, el manejo, la clase de suelo y de vegetación. También se

complementa con observaciones, tanto en los predios experimentales como en diferentes regiones de la zona cafetera, a través de reconocimientos de suelos.

La aplicación de los datos experimentales exige el conocimiento de las condiciones físicas dentro de las cuales ocurre el problema, es decir, material de origen, suelo, clima, vegetación y topografía de la zona.

5. LA ENSEÑANZA DE LA CONSERVACION

La educación es la base fundamental para el desarrollo de programas de conservación, ya que es el hombre quien decide sobre hacer o no prácticas de control y conservación, destruir o no los recursos naturales. De lo contrario, sería utópico adelantar programas conservacionistas, pues además de su costo, no se crearía conciencia sobre la función, importancia, y conservación de las obras.

La educación conservacionista debe abarcar además, aspectos de control de erosión, conservación de aguas, adecuación de terrenos, regulación de cuencas y protección del medio ambiente en general.

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

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

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

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

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

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

6. EMPLEO DEL MANUAL

Este manual está diseñado para técnicos agrícolas, con el fin de suministrarles las bases de las relaciones roca-suelo-clima-planta-hombre en la erosión y conservación de suelos, y darles los criterios necesarios para que los apliquen en la solución de problemas locales o regionales.

Se da especial énfasis a la zona cafetera, pero puede servir, haciendo una adaptación con buen criterio, para su aplicación en el resto del país.

Los principios técnicos se basan en la literatura que hay sobre el tema, en la propia experimentación de Cenicafé sobre erosión y conservación, clima y suelos y en las experiencias de la campaña de Defensa y Restauración de Suelos que adelantó la Federación.

En el aspecto de suelos, se debe complementar el empleo del manual con los estudios de zonificación y uso potencial que adelanta y publica el Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras de la Federación, y con los estudios de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Se ha dado especial relieve al estudio de las características de los suelos, que sirvan de base para su manejo, no sólo desde el punto de vista de conservación, sino de su producción y fertilidad, ya que éste es el complemento necesario para el rendimiento económico de la conservación.

En cuanto a los procesos y pérdidas por erosión, se ha tenido en cuenta que todos los factores son interdependientes, y por lo tanto no se pueden calificar aisladamente como

erosivos o conservacionistas. En la interpretación de los resultados experimentales sobre pérdidas de suelo y agua, debe tenerse especial cuidado en analizar estas pérdidas tanto cuantitativa como cualitativamente y considerar las condiciones en que se realizó el experimento (tipo de suelo, pendiente, lluvias, método experimental, etc). Los resultados siempre serán relativos, o comparables sólo entre los distintos tratamientos de cada experimento, y su aplicación será válida bajo condiciones similares a las del ensayo.

Las prácticas culturales que se presentan, buscan en lo posible acomodarse a las labores del cultivo con los menores costos y deben primar sobre obras de ingeniería. Se resalta la necesidad de aprovechar los materiales vegetales (coberturas, desperdicios, composte) producidos en la misma finca.

Las obras de ingeniería y prácticas mecánicas, se indican en la forma más sencilla posible, pues se considera que es mejor hacer algo que desanimar al técnico o al agricultor por la dificultad de efectuar cálculos y diseños. Se espera que con la observación del funcionamiento de estas obras, se hagan los ajustes necesarios.

Para el control de erosión, se recomiendan prácticas específicas, así como las descritas para conservación preventiva. El criterio para programas de control es detener el avance de los fenómenos erosivos y defender terrenos, vías y obras, con medidas preventivas, antes que entrar a recuperar áreas ya deterioradas.

Se ha considerado de especial importancia la necesidad de integrar los programas de con-

servación y control en unidades naturales, como son las cuencas hidrográficas.

Se describen las principales unidades de suelo de la zona cafetera, para que conociendo el técnico los diferentes materiales de origen, le puedan servir como patrones de manejo haciendo las adaptaciones del caso.

En lo posible, se ha tratado de llevar una secuencia en la utilización de términos, incluyendo sus definiciones a medida que aparecen en el texto.

Se incluyen láminas de los principales aspectos tratados, para su mejor comprensión y diseño, así como para facilitar su reproducción y uso de los técnicos en la enseñanza de la materia.

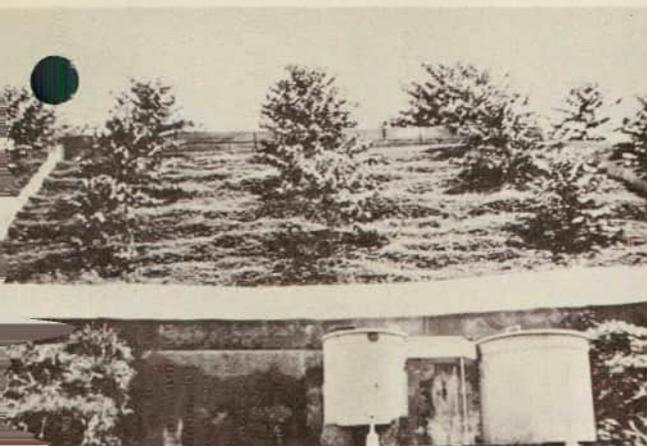
Finalmente, como sucede con toda obra humana, el manual tiene sus limitaciones y omisiones y por lo tanto no debe tomarse siempre al pie de la letra, ya que la experiencia y el criterio del técnico son las mejores herramientas para el éxito de estos programas.

7.- DECALOGO DE LA CONSERVACION

- 1.- Hay que poner fin a toda práctica que dañe o destruya los recursos naturales renovables de la nación.
- 2.- Hay que sustituir esas prácticas por otras que concuerden con el orden de la naturaleza.
- 3.- Hay que reparar, hasta donde sea posible, los daños y perjuicios causados a nuestros recursos naturales renovables.
- 4.- Hay que aumentar la productividad de la tierra por todos los medios que la ciencia pueda idear.
- 5.- Hay que conservar y proteger al grado máximo todos los recursos naturales renovables.
- 6.- Hay que salvaguardar y estimular la capacidad natural de la tierra, con prácticas de conservación.
- 7.- Hay que lograr el equilibrio apropiado entre las poblaciones y la productividad de sus tierras, mediante la conservación y fomento de los recursos naturales renovables.
- 8.- Hay que proteger y conservar la flora y la fauna.
- 9.- Hay que proteger y mantener las zonas naturales de notable interés o de belleza escénica.
- 10.- Hay que aumentar y difundir entre todos los habitantes de Colombia el conocimiento de las relaciones que existen entre el hombre y la naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Censo cafetero. Presentaciones preliminares. División de Investigaciones Económicas, Bogotá, 1970.
- 2.- GOMEZ A., A. La Erosión en Colombia. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 4 p (mimeografiado).
- 3.- ———. Experimentación sobre erosión y conservación de los suelos en cafetales bajo diferentes sistemas de manejo. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 9 p (mimeografiado).
- 4.- ———. Informe resumen sobre los trabajos de suelos de la zona cafetera del país. Sección de conservación de suelos, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 11 p (mecanografiado).
- 5.- GRISALES, A. Zonificación y determinación de la capacidad potencial y uso de los suelos cafeteros colombianos. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 13 p (mecanografiado).
- 6.- INDERENA. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, 1972. 211 p.
- 7.- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Programa Nacional de Inventario y Clasificación de Tierras. Memoria Explicativa. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bogotá, 1973. 42 p.
- 8.- LOPEZ A., R. Aspectos socio-económicos que influyen sobre la erosión de los suelos. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 7p (mimeografiado).
- 9.- ———. Efectos económicos de la erosión y las prácticas de conservación de los suelos en fincas en producción. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 7 p (mimeografiado).
- 10.- SUAREZ, F. y RODRIGUEZ, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, 1962. 473 p.
- 11.- SUAREZ S., J. El clima de la Zona Cafetera. Avances Técnicos No. 15, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 4 p.
- 12.- ———, et al. Anuario Meteorológico 1970. Suplemento. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 62 p.
- 13.- ———. Régimen de las lluvias de la zona cafetera colombiana. Avances Técnicos No. 34. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1974. 4 p.



Predios de escorrentía para comparación de la pérdida de suelo y nutrientes en diferentes cultivos.



Batería de predios de escorrentía pequeños para estudiar la estabilidad de los suelos.



Predios de escorrentía para estudiar sistemas de cultivos y eficiencia de las prácticas de conservación.



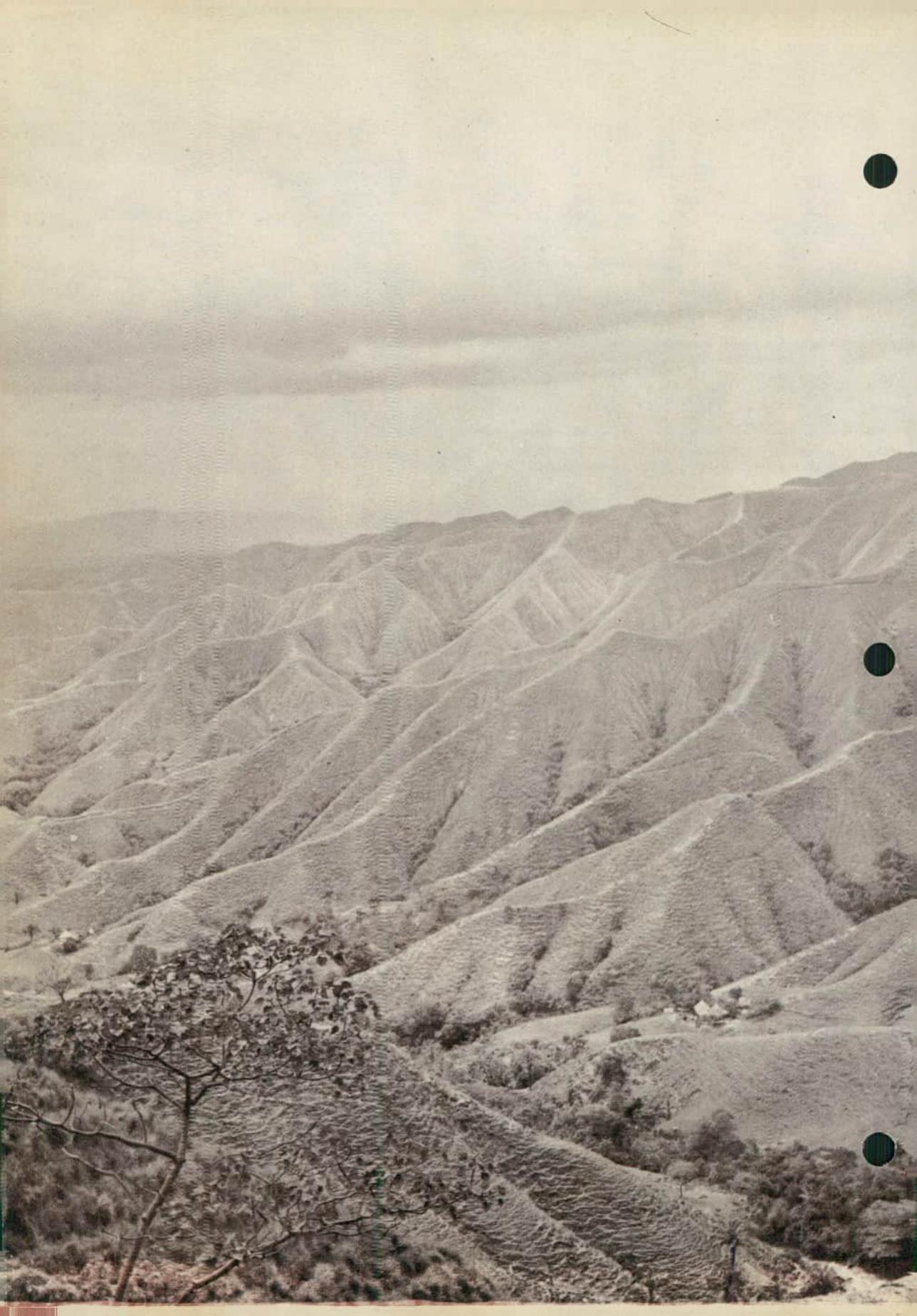
Micro-cuenca para estudio de escorrentía y pérdidas de suelo. Estructura colectora y limnógrafo.



Lisímetro monolítico para el estudio de la pérdida de nutrientes por lixiviación.



Detalle de los colectores de las aguas de los lisímetros.





SUELOS

*Alvaro Gómez Aristizábal
Alfonso Grisales García
Héctor Alarcón Correa*

Para realizar prácticas de conservación y restauración de suelos se debe primordialmente conocer su material de origen, los tipos de suelo que originan, las características físicas y químicas de éstos y las relaciones con el clima y la topografía, lo mismo que la forma como el agricultor explota estos suelos. Es decir las relaciones roca-suelo-clima-planta-hombre. Este conocimiento permitirá definir racionalmente el uso y manejo óptimos de los suelos, diagnosticar con mejor criterio los problemas de erosión y determinar las soluciones más acertadas.

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia está realizando el estudio de zonificación y uso potencial de los suelos de la zona cafetera con base en su material de origen, ya que la mayoría son jóvenes y pre-

dominan las características heredadas del material parental, y no han llegado a un equilibrio entre los factores de formación y el suelo mismo.

En virtud del concepto anterior se han agrupado los suelos cafeteros en unidades de capacidad. Se entiende por unidad de capacidad de suelos el grupo de éstos desarrollados a partir de un mismo material de origen, caracterizados por el perfil que indica el grado más frecuente de meteorización.

El uso de la unidad en una región está determinado por el clima y por las características físicas y químicas del suelo, pero su manejo es similar para todas las regiones, lo cual permite realizar programas más integrales de conservación.

1.- CLASIFICACION DE LAS ROCAS

Se designan como rocas los materiales minerales o agrupaciones de minerales que forman la corteza terrestre, que aparecen en grandes masas homogéneas consolidadas.

Existen rocas simples, o constituídas por un sólo mineral, como la calcita (Ca CO_3) y el cuarzo (Si O_2), y rocas compuestas, o formadas por la reunión de dos o más minerales como el granito, el gabbro, el basalto, la andesita, y el esquisto micáceo.

Un mineral es una especie química definida, natural y homogénea, que presenta las mismas características en cada una de sus partes, como piritita, galena, selenio, sal, cuarzo, augita, hornblenda. Los principales minerales se presentan en el anexo 2.2.

Las rocas forman la corteza terrestre y son fuentes de minerales útiles. Al tener contacto con el agua, el aire, la temperatura y la vegetación, las rocas sufren transformaciones en su estructura y composición, dando origen a materiales minerales sueltos.

Estos minerales, cuando están expuestos a la acción de la materia orgánica, los microorganismos, el agua, el aire y la temperatura, adquieren ciertas características físicas que favorecen el crecimiento de las plantas.

Los minerales, a su vez, liberan elementos que van a servir de nutrientes a las plantas. Se ha pasado de una roca consolidada a una no consolidada, a través de los procesos de alteración o meteorización, y por la acción de la materia orgánica se han formado los suelos agrícolas.

Es importante conocer las clases de rocas, su

origen y composición, ya que los suelos heredan condiciones físicas, químicas y de fertilidad del material de origen, y ciertas características que los hacen más o menos resistentes a la erosión. Estas características, junto con las condiciones climáticas, van a determinar el uso y manejo de los suelos.

Clasificación de las rocas. Las rocas se clasifican, según su origen, en ígneas, sedimentarias y metamórficas (figura 2.1).

Las rocas ígneas se forman por enfriamiento y consolidación del magma, ya sea en las capas interiores de la tierra (intrusivas), al salir a la superficie (efusivas), o en forma de polvo y cenizas arrojados por los volcanes (eyectos volcánicos).

Las rocas sedimentarias se forman a expensas de los materiales de rocas preexistentes, que al meteorizarse producen partículas (detritos) que son arrastradas por el agua, depositadas, y más tarde consolidadas por algún agente cementante.

Las rocas metamórficas son rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido cambios más o menos grandes en su estructura y forma, por efectos de grandes presiones y altas temperaturas, durante la formación de la corteza terrestre.

1.1 ROCAS IGNEAS

Con este nombre se conocen todas aquellas rocas que se han formado por consolidación del magma.

El magma es una materia fundida, localizada

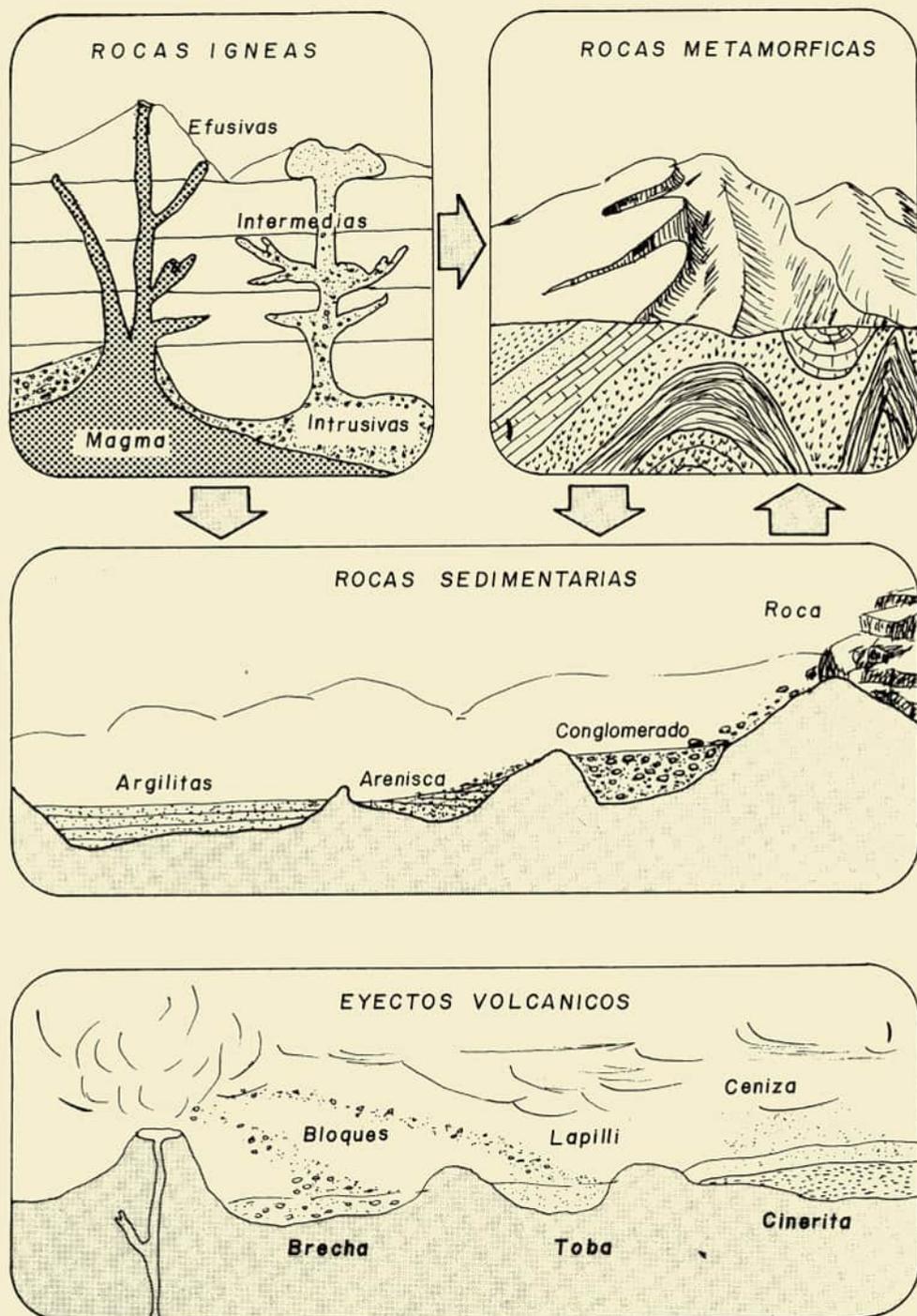


FIGURA 2.1.- ORIGEN Y FORMACION DE LAS ROCAS

en las capas inferiores de la tierra, donde se encuentran los minerales mezclados en una masa incandescente.

Las rocas ígneas comprenden dos grupos principales:

1.1.1 *Rocas efusivas* o volcánicas, son aquellas que han salido al exterior y en él se han consolidado rápidamente. Ejemplo: basalto y polvo volcánico (eyecto).

1.1.2 *Rocas intrusivas* o plutónicas, son aquellas que se han consolidado internamente, es decir, sin salir al exterior. Se presentan en la superficie de la tierra debido a que los estratos que las cubrían fueron erosionados, removidos o trasladados por procesos geológicos; ejemplo: granito, diorita, gabro.

Aquellas rocas ígneas intrusivas que se han consolidado cerca de la superficie, como andesitas y riocacitas, se las llama intrusivas intermedias.

1.1.3 *Composición de las rocas ígneas.* Las rocas ígneas contienen principalmente cuarzo, silicatos, feldespatos (ortoclasas y plagioclasas), piroxenos, anfíboles, micas y olivino.

Los feldespatos forman un grupo de minerales muy abundantes e importantes; son silicatos de aluminio combinados con uno o dos metales básicos. Los del primer caso están representados por las ortoclasas, o feldespatos potásicos (ortosa y microclina) y los segundos por las plagioclasas, o feldespatos de sodio y calcio (albita y anortita respectivamente) (anexo 2.1).

Los anfíboles son silicatos hidratados complejos que contienen calcio, hierro, magnesio y manganeso. Se diferencian en el contenido de alúmina (hornblenda, actinota). Los pi-

roxenos (augita) tienen una composición química y propiedades físicas similares a los anfíboles, pero se distinguen por su cristalización que es de forma octogonal; los anfíboles son exagonales (anexo 2.1).

Las rocas ígneas se clasifican según su mayor o menor contenido de sílice (cuarzo), en ácidas, intermedias, básicas, y ultrabásicas (tabla 2.1). Las principales rocas ígneas y sus características se presentan en la tabla 2.2.

A medida que la roca es menos ácida, disminuye el cuarzo y aumentan los feldespatos y los minerales básicos (anfíboles y piroxenos) que constituyen los minerales ferromagnesianos.

Las rocas ígneas intrusivas tuvieron un enfriamiento lento y cristalizaron los minerales en granos grandes y homogéneos en tamaño, como el granito.

El enfriamiento de las rocas ígneas intrusivas más superficiales fué más rápido, originando una cristalización incompleta; los cristales así formados, dispersos en una masa amorfa, reciben el nombre de fenocristales (grandes e irregulares) y microlitos (pequeños) (ejemplo: riocacita).

Las rocas efusivas enfriaron rápidamente al contacto con la superficie, por lo cual no se presenta diferenciación de cristales. Las rocas efusivas tienen apariencia vidriosa (ejemplo: obsidiana).

Algunas unidades de suelos de la zona cafetera originadas de rocas ígneas son: Titiribí (andesita hornbléndica) en Antioquia; 200 (basalto) en Caldas y Valle; San Simón (granito hornbléndico biotítico) y Colón (granito moscovítico) en el Tolima.

Los eyectos volcánicos son producidos en las erupciones de los volcanes. Están compuestos por partículas piroclásticas de diferentes tamaños que son lanzadas a grandes distancias o arrastradas por el viento, tales como: cenizas volcánicas, finísimas partículas de vidrio volcánico y fragmentos de rocas.

El conjunto de estos materiales de proyección también se llama TEFRA y según su tamaño se dividen en:

- Bloques y bombas, de tamaño mayor de 50 mm.
- Lapilli, de tamaño entre 5 y 50 mm.
- Gravilla y arena volcánica, entre 5 y 0,2 mm.
- Cenizas volcánicas, menores de 0,2 mm.

Al consolidarse, los materiales más gruesos forman las brechas y los lapillis forman las

tobas. Las cenizas al asentarse y consolidarse forman una especie de roca suave llamada cinerita. Es característica de estos materiales volcánicos la forma angulosa de todos los tamaños.

Los eyectos pueden ser diseminados por varias vías. Cuando se acumulan por deposición aérea, muestran estratificaciones en el perfil del suelo (se ve muy bien las unidades Quindío y Montenegro en el Quindío) Los eyectos volcánicos recientes, aparecen sepultando diferentes clases de rocas, o capas de eyectos más antiguos, y se pueden considerar como rocas no consolidadas, de reacción intermedia o ácida, según el contenido de sílice y alúmina del magma de origen. Se ha comprobado que las cenizas arrojadas por diferentes volcanes, aún por uno mismo en diferentes épocas, no tienen la misma composición química.

TABLA 2.1. - CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS SEGUN SU CONTENIDO DE SiO₂

CLASE	CUARZO (%SiO ₂)	MINERALES FERROMAGNESIANOS	EJEMPLOS
Acidas	Más del 66%	25%	Granitos Granodiorita
Intermedias	Entre 66 y 52%	25 - 50%	Diorita Andesita
Básicas	Entre 52 y 45%	50%	Basalto Gabro
Ultrabásicas	Menos de 45%	Más de 55%	Peridotita Piroxenita

Adaptada de Grisales, A. Las rocas ígneas en la formación de dos series de suelos de la zona cafetera. *Cenicafé (Colombia)*, 15 (1): 18-25, 1964.

TABLA - 2.2.- ROCAS IGNEAS MAS IMPORTANTES DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA .-

		ROCA	ESTRUCTURA	CONSTITUCION PRINCIPAL	OBSERVACIONES		
Sin cuarzo	Feldespatos calco - sodicos	Acidas Color claro	GRANITO	Holocristalina (granítica) los minerales se pueden identificar a simple vista.	Cuarzo. Feldespatos: ortosa, oligoclasa. M. ferromagnesianos: biotita ó moscovita.	El mineral predominante le da el nombre: de moscovita, de biotita, de anfíbol, de piroxeno. Generalmente blanca o rosada (ortosa) con manchas negras (biotita).	Intrusiva
			GRANO - DIORITA	Holocristalina.	Cuarzo. Feldespatos: plagioclasa. M. ferromagnesianos: biotita u hornblenda.	Similar al granito, con menos sílice y biotita pero con más anfíbol. Color blanco.	
			CUARZO - DIORITA	Holocristalina.	Cuarzo: accesorio. Feldespatos: plagioclasa M. ferromagnesianos: biotita u hornblenda.	Frecuentes interpenetraciones de cuarzo y feldespato. Color blanco.	
			SIENITA	Holocristalina.	Feldespatos potásico (ortosa). M. ferromagnesianos: hornblenda o biotita.	Varietades de hornblenda, de augita. Color blanco, la ortosa le da coloración rosada.	
			RIODACITA	Semicristalina con granos grandes (fenocristales) y pequeños (microlitos).	Feldespatos: plagioclasa. M. ferromagnesianos: biotita, hornblenda.	El mineral básico le da el nombre: Riodacita hornbléndica, biotítica. Color gris, tiene algo de cuarzo.	
	Feldespatos calco - sodicos	Básicas Oscuras	DIORITA	Holocristalina.	Feldespatos: plagioclasas: (albita, oligoclasa, andesina). M. accesorios: biotita, augita, olivina.	Los colores más frecuentes son gris y verde mate.	Intrusiva intermedia
			ANDESITA	Semicristalina (fenocristales y microlitos).	Feldespatos: plagioclasas: (andesina, labradorita). M. ferromagnesianos: biotita, augita, hornblenda o hiperstena.	Fenocristales: feldespato plagioclasa que le dan el nombre a la roca. Varietades de: hornblenda, biotita, augita, hiperstena. Color gris a verdoso.	Intrusiva
			GABRO	Holocristalina.	Feldespatos: plagioclasas: (labradorita, bitownita, anortita). Piroxeno: augita, hiperstena.	Principales varietades: de hornblenda, de olivina. A veces, contienen anfíbol y óxidos de Fe. Color amarillo verdoso con reflejos perlados.	Intrusiva
			DIABASA	Holocristalina o cristalina especial (microlitos) o vitrea.	Feldespatos: bastoncitos de plagioclasa (de oligoclasa a anortita). Piroxeno: fondo de pequeños cristales de augita.	Según minerales: diabasa, de hornblenda, de olivina. A veces contienen anfíbol y óxidos de Fe. Color verdoso oscuro a negro.	Efusiva
			BASALTO	Semicristalina (microlitos).	Feldespatos: plagioclasas: (labradorita). Piroxeno: augita. Olivina, magnetita.	A veces hay hiperstena en vez de olivina y granos diseminados de: ilmenita, hematita, hierro. Color verde oscuro a negro.	Efusiva
Sin feldespatos. Ultrabásicas Muy oscuras		PERIDOTITA	Holocristalina.	Olivina esencialmente, con un piroxeno.	Verde muy oscuro.	Intrusiva	
		PIROXENITA	Holocristalina.	Piroxeno: augita esencialmente.	Negra muy oscura.	Intrusiva	

La ceniza volcánica de la zona cafetera es de naturaleza andesítica. Los componentes principales del magma andesítico son: cuarzo, feldespatos potásicos, feldespatos ácidos, plagioclasa y hornblenda, y en menor proporción hiperestena.

En la zona cafetera, los suelos de origen volcánico están representados principalmente por las unidades Chinchiná y Malabar, en los departamentos de Caldas y Risaralda; Fondesa en el Valle; Fresno en el Tolima; Montenegro y Quindío en el Quindío.

1.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

Se componen de materiales depositados principalmente por sedimentación. Sus componentes proceden directa o indirectamente de la desintegración de rocas ígneas más antiguas o primitivas. La mayor parte de ellas se sedimentaron en masas de agua, como en los lagos y especialmente en el mar, y a veces proceden de materiales acarreados por las olas. Se encuentran formando estratos o capas primitivamente horizontales y superpuestas. Sus elementos están comunmente gastados o redondeados por el acarreo y con frecuencia presentan fósiles.

Las rocas sedimentarias se clasifican en función del grosor y la naturaleza de los residuos transportados: areniscas, si estos son gruesos; cuando son demasiado gruesos (cantos rodados) se les llama conglomerados; si los elementos transportados son finos, forman las areniscas de grano fino, y si éstos elementos son muy finos forman las arcillolitas.

En la zona cafetera se encuentran algunos suelos provenientes de rocas sedimentarias, como las unidades Guadalupe (areniscas de grano medio con matriz arcillosa) en el Toli-

ma y Cundinamarca; Mendarco (areniscas de grano grueso que alternan con arcillolitas y conglomerados) en el Tolima; Venecia (areniscas de grano medio) y Suroeste (conglomerado) en Antioquia.

Las rocas sedimentarias de origen químico o bioquímico tienen mucha importancia comercial. Ejemplo de rocas de origen bioquímico son: el carbón, el petróleo y algunas calizas (dolomita).

Las principales rocas sedimentarias y sus características se presentan en la tabla 2.3.

1.3 ROCAS METAMORFICAS

Son rocas ígneas o sedimentarias que han sido sometidas a fuertes presiones y altas temperaturas, en grandes zonas (metamorfismo regional) o por influencia de otros fenómenos (metamorfismo de contacto), sufriendo cambios en su forma y en su estructura hasta el punto de presentar aspecto cristalino. Algunos ejemplos de rocas metamórficas son: Los gneis que provienen del granito, la cuarcita de areniscas y los esquistos de arcillolitas. Las rocas metamórficas se presentan generalmente en forma de estratos inclinados y en fuertes pendientes. En la tabla 2.4 se muestran las características de las principales rocas metamórficas.

Cuando el metamorfismo se debió a fuertes presiones, las rocas presentan estructuras foliadas (láminas definidas, paralelas, delgadas y fácilmente desprendibles) o esquistosas (grupos de láminas irregulares, gruesos y paralelos, desprendibles en bloques). Si el metamorfismo ha sido por efecto de la temperatura, la estructura es semiesquistosa (bandas) o masiva.

TABLA.- 2.3.- ROCAS SEDIMENTARIAS MAS COMUNES EN LA ZONA CAFETERA .

ROCA	ESTRUCTURA	CONSTITUCION PRINCIPAL	OBSERVACIONES
ARENISCAS	Naturaleza fragmentaria a simple vista. Acida a básica, de colores claros (grises, moteados, amarillo-rojizos).	Compuesta generalmente por dos elementos: 1.-Elemento alotígeno (proviene de una localidad distinta del sitio donde se ha formado la roca) granos angulosos o redondeados por el transporte, 2.-Elemento autógeno (formado in situ) es el cemento que aglutina los granos.	Las rocas de grandes fragmentos redondos se llaman conglomerados o pun-dingas. Si los elementos son angulo-losos: brechas. Los fragmentos frecuen-temente son de cuarzo o de cuarcita. La pasta que los cementa puede ser oxido de hierro, sílice, carbonato de cal-cio y eventualmente arcilla. Las brechas también reciben el nombre de aglomerados.
ARCILLA PIZARROSA (Shale)	La roca no es plástica, presenta una visible separación de láminas de frag-mentos no cristalizados. Básicas, de color generalmente gris, pero existen otras negruzcas o rojizas. Se raya fácilmente con la uña dando raya blanca. Se parte en hojas.	Consta principalmente de minerales arcillo- sos, sílice soluble, compuestos potásicos y agua. Algunas contienen también cuar- zo, mica, y oxidos de hierro. Se forman a partir de rocas ricas en feldespatos potásicos que proporcionan la materia arcillosa. Se encuentran fósiles en su interior, que puede originar concrecio- nes de cal.	Las pizarras arcillosas se presentan, fre- cuentemente, en lechos finos y regula- res, lo cual prueba que se han formado en aguas tranquilas. Cuando la mitad de la roca esta formada por caliza, se llama Marga.
ARGILITA O ARCILLOLITA	Compacta, masificada de colores cla- ros (blanco, amarillo, rojo). Con- tiene a veces sustancias carbono- sas dando color negro. Fractura algo con- coidal.	Compuesta principalmente de arcillas provenientes de feldespatos, con cemento silíceo.	Cuando no está consolidada se llama comunmente arcilla, la cual al mo- jarse, se hincha y se hace muy plás- tica. No efervesce con HCl.
LUTITA	Hojas lisas al tacto, fácilmente despren- dibles. Son de colores muy variados — (gris, azulado, verdoso, rojizas, violá- ceas, pardo-negro). Se raya con la na- vaja, no con la uña	Formada por arcillas principalmente	Hay lutitas calcáreas (producen efer- vescencia con los ácidos en frío); car- bonosas, piríticas, grafiticas (negras) bituminosas y ferruginosas (pardas); dolomíticas: atacadas por ácidos en- caliente.

TABLA - 2.4 - ROCAS METAMORFICAS MAS IMPORTANTES EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA -

ROCA	ESTRUCTURA	CONSTITUCION PRINCIPAL	OBSERVACIONES	
FOLIADA	PIZARRA	Foliada, finamente granulada, los minerales no se ven fácilmente. Colores gris y negro (sustancias carbonosas, orgánicas), púrpura y rojo (ricas en hierro y manganeso), verdes. No se raya con la uña, con navaja da raya blanca.	Arcillas ricas en cuarzo, biotita, clorita y grafito.	Tiene sonido semimetálico al golpearlo. Alto grado de exfoliación en láminas muy delgadas y paralelas. Fractura en escalas.
	FILITA	Brillante, sedosa, color verde, grano fino, foliada.	Mica, hornblenda, clorita, cuarzo y feldespatos.	Contiene más mica que la pizarra. Granos más finos que los esquistos.
	ESQUISTO PIZARROSO	Densa, foliada. Color generalmente negro (escamas de grafito originadas de material carbonoso). Da raya blanca con navaja.	Cuarzo, biotita, clorita, grafito, carbonatos y óxidos de titanio. Arcillas sedimentarias recristalizadas.	Se quiebra o meteoriza en escalas. En los esquistos la fractura es recta.
ESQUISTOSA	ESQUISTO MICACEO	Cristales en grano fino a medio, foliada, colores claros.	Cuarzo y mica en capas alternas. Suelen encontrarse varios minerales cristalizados (granates, turmalina, distena, zircón, apatita, etc.	Se presentan masas irregulares, cruzadas por grietas en diferentes direcciones (diaclasas). Hay esquistos micáceos, moscovíticos, biotíticos y sericiticos.
	ESQUISTOS VERDES (Talcosos, cloríticos, hornbléndicos, serpentinosos).	Cristales de grano fino a medio, foliadas que rompen con facilidad en capas paralelas. Colores claros.	Láminas superpuestas de cuarzo con talco, o clorita, u hornblenda, o serpentina. Con granates comunes.	Presenta abundantes diaclasas.
SEMI-ESQUISTOSA	GNEIS	Elementos cristalinos en delgadas capas superpuestas. Colores grises verdosos, grano medio a grueso.	Lechos alternados de ortosa, cuarzo y mica. Los minerales más frecuentes son: apatita, zircón, hornblenda, granate, turmalina, titanita y minerales de hierro. El feldespatos es muy visible.	Se debe tratar de identificar en el terreno en una gran masa de bandas paralelas. El Gneiss puede ser moscovítico, hornbléndico, biotítico.
MASIVA	ANFIBOLITAS Y PIROXENITAS	Compacta, colores verde pálido a verde negruzco.	El mineral dominante es un anfíbol, (hornblenda o actinota) o un piroxeno y mica. Como minerales accidentales se presentan la alvina, el epidoto, la cromita, el granate, etc.	Presenta abundantes diaclasas. Se conoce con el nombre vulgar de "peña boba" por la facilidad con que se desmorona al golpearla con un mazo.
	CUARCITA	Roca dura y compacta, color claro.	El mineral dominante es el cuarzo, ya que son en su mayoría antiguas areniscas recristalizadas.	La roca se rompe a través de cristales, y no, como en las areniscas, por el límite entre los granos y el cemento.

MINERALES MAS DEFINIDOS A SIMPLE VISTA

TEXTURA

Ejemplos de unidades de suelos de origen metamórfico son: Catarina (esquistos pizarrosos) en el Valle; Rocío o Chuscal (anfibo-

litas) en Caldas; Villeta (esquistos pizarrosos heterogéneos, con piritita, cal, selenio o con yeso) en Cundinamarca.

2.- METEORIZACION DE LAS ROCAS

El relieve de la tierra es el resultado de procesos tectónicos que han ocurrido a través de los tiempos.

Una vez formada la fisiografía actual de la tierra, se ha producido un desgaste natural debido a la meteorización, la remoción en masa, y la acción de ríos y mares ejercida sobre la corteza rocosa de la tierra (erosión natural).

Meteorización es el proceso de alteración de las rocas, causado por fenómenos físicos, químicos y biológicos, que depende principalmente de la composición y estructura de las rocas, y de la acción del clima sobre ellas.

2.1 METEORIZACION FISICA

Se debe a los procesos térmicos de expansión y contracción, y a la congelación y presión. Es un efecto mecánico que ayuda a la desintegración de las rocas.

2.2 METEORIZACION QUIMICA

Actúan los procesos de hidratación, oxidación, carbonatación, hidrólisis y solución. Es un efecto químico que actúa en la transformación de la composición de las rocas.

2.3 METEORIZACION BIOLOGICA

Actúan agentes vegetales y animales (algas,

hongos, líquenes, bacterias, raíces, etc.) sobre la roca, mediante la producción de sustancias orgánicas que ayudan a su descomposición.

2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA METEORIZACION

La meteorización es un proceso que ocurre lentamente y en toda clase de rocas produciendo transformaciones físicas y químicas. El grado y la rapidez de la meteorización dependen de varios factores. Los principales son: las características de las rocas, el clima y la topografía.

2.4.1 Características de las rocas.- Según la clasificación de las rocas por su contenido de sílice, o minerales ferromagnesianos, éstas son de carácter ácido o básico. La meteorización será más fácil cuando en la roca predominan los minerales básicos, de acuerdo a la escala de estabilidad relativa de los minerales dada por Sparks (tabla 2.5). Esto no implica directamente que un granito compuesto de minerales ácidos tenga mayor resistencia a la meteorización que un gabbro en el que predominan los minerales básicos, pues hay otras propiedades de las rocas, como la textura y la estructura, que influyen sobre la rapidez de la meteorización.

Uno de los factores más importantes en la meteorización de las rocas es la estructura de las mismas, determinada por diaclasas (resquebrajaduras naturales), planos de sedimen-

tación, esquistosidades y foliación. Estas estructuras permiten el acceso a los agentes de meteorización y aumentan considerablemente la superficie expuesta a su acción.

En los sedimentos, la matriz y el cemento entre las partículas influyen considerablemente sobre la rapidez de meteorización, así

como sobre la permeabilidad, la porosidad y la facilidad de acceso de los agentes meteorizantes.

2.4.2 *Clima*.- En general, en regiones secas, frías o calientes, (zonas desérticas o semidesérticas) la meteorización es menos activa, y predomina el aspecto mecánico (fracturas).

TABLA 2.5.- ESTABILIDAD RELATIVA DE LOS MINERALES A LA METEORIZACION (SPARKS).

SUSCEPTIBILIDAD	MINERALES OSCUROS	MINERALES CLAROS
<p>Mayor</p>  <p>Menor</p>	Olivina	_____
	_____	Plagioclasa cálcico
	Augita	_____
	_____	Plagioclasa cálcicosódico
	Hornblenda	Plagioclasa sódico cálcico
	Biotita	_____
	_____	Ortoclasa
_____	Moscovita	
_____	Cuarzo	

SOETERS, R. Apuntes sobre la clase de geomorfología. Centro Interamericano de fotointerpretación, Ministerio de Obras Públicas, Colombia, - 1.971. 71 p.

En zonas húmedas y calientes, la meteorización de las rocas es más activa, formando suelos más profundos.

2.4.3 Topografía.- Determina los topoclimas o los gradientes térmicos e hídricos que influyen a su vez en la meteorización, según la intensidad de los fenómenos meteorológicos.

2.5 TIPOS DE METEORIZACION

La meteorización de las rocas, en general,

puede ser de dos tipos: concéntrica, cuando la descomposición es gradual, de afuera hacia dentro, en forma de capas o costras (como en los basaltos y andesitas); integral, cuando el proceso ocurre simultáneamente en toda la masa de la roca (como en los granitos). La meteorización es favorecida por la presencia de resquebrajaduras o diaclasas y esquistosidades. Por esta razón, en las formaciones esquistosas (pizarras, filitas) es más acentuado este fenómeno; de ahí el carácter de pedregosidad de estos suelos y su alta susceptibilidad a la erosión.

3.- SUELO

Edafológicamente el suelo se define como un cuerpo natural, formado a partir de una mezcla variable de minerales meteorizados y de materia orgánica en descomposición, que cubre la tierra en una capa delgada, y que cuando contiene cantidades apropiadas de agua y de aire ofrece soporte mecánico y sustento para las plantas.

3.1 PERFIL DEL SUELO

Es un corte transversal desde la superficie hasta la roca subyacente o hasta el material parental, que muestra la distribución de capas u horizontes incluyendo aquellas que tienen influencia en la formación (génesis) y el comportamiento del suelo.

Una capa es una faja aproximadamente paralela a la superficie, que posee características físicas, químicas y biológicas propias que la distinguen de las demás (espesor, color, textura, consistencia etc.). Material parental es el material no consolidado resultante de la

meteorización de la roca original, del cual se ha desarrollado el suelo.

3.2 FORMACION DE LOS SUELOS

Los suelos se pueden formar en el mismo sitio donde ocurre la meteorización de las rocas, o a partir de materiales transportados por el agua, el viento o la gravedad.

En los perfiles se puede presentar una capa orgánica en la superficie, debida a la acumulación de residuos orgánicos y a su descomposición por microorganismos.

3.2.1 Suelos "In situ".- Son suelos originados directamente a partir de la roca sobre la cual descansan. Estos suelos se llaman también residuales y son los más antiguos de todos.

3.2.2 Suelos aluviales.- Formados por sedimentos recientes, depositados por las aguas de ríos y lagunas. No presentan desarrollo de los horizontes, o alteración de los mate-

riales depositados. Los depósitos aluviales tienden a ser cascajosos y arenosos en las capas inferiores y limosos y arcillosos en las superiores.

3.2.3 Suelos coluviales.- Son acumulaciones de materiales mezclados (bloques, cantos, gravilla y abundante material fino), por la acción individual o combinada de derrumbes, deslizamientos, soliflujión, y a veces por escurrimiento (ver estos fenómenos en el capítulo III).

3.2.4 Suelos coluvio-aluviales.- Existen también algunos suelos formados por influencia combinada de los fenómenos aluviales y coluviales, caracterizados por capas alternas formadas por una mezcla heterogénea de materiales (arenas, limos, cascajos).

3.2.5 Suelos de cenizas volcánicas.- Otro tipo de suelos es el originado por las cenizas volcánicas transportadas, acumuladas en capas definidas que muchas veces indican las diferentes erupciones volcánicas. Los suelos volcánicos por lo general están caracterizados por una capa orgánica de buena estabilidad estructural y un subsuelo de cenizas generalmente de color pardo amarillento, típico de estos suelos.

3.3 CARACTERÍSTICAS HEREDADAS

3.3.1 De rocas ígneas.- Al meteorizarse, estas rocas transmiten a los suelos que originan características de fertilidad, de textura y de estructura, de acuerdo a su composición. Así, las rocas ácidas como el granito tienden a producir suelos más pobres en minerales nutritivos que las rocas básicas (basalto).

En el granito, al meteorizarse, se descompone primero la hornblenda y la mica (elemen-

to de carácter básico), luego el feldespato y queda el cuarzo (elemento ácido).

Cuando el cuarzo es muy abundante, el granito origina suelos arenosos, de alta permeabilidad. Esta permeabilidad favorece el lavado de los nutrientes (lixiviación), que degrada el suelo, lo cual se hace más crítico en zonas lluviosas. La estructura de estos suelos es débil (poco desarrollada), de baja estabilidad y son muy susceptibles a la erosión.

Las rocas básicas como el basalto, producen suelos más fértiles y con textura fina, de estructura más desarrollada y estable y por lo tanto más resistentes a la erosión (tabla 2.6).

3.3.2 De cenizas volcánicas.- Los suelos que se originan de las cenizas pueden tener características físicas y químicas especiales, que dependen de la naturaleza o composición de los materiales piroclásticos y de su tamaño, del clima, de la topografía y del tiempo comprendido entre la deposición y su evolución hasta la formación de los suelos. De los factores enunciados, parece que los referentes al clima y a la topografía han contribuido en mayor grado al desarrollo que presentan estos suelos en la zona cafetera. Los suelos con capas de grano grueso (lapilli, gravilla, arena) son más erodables por el tamaño de los granos y su débil estructuración: ejemplo, las unidades Quindío y Montenegro.

El término "ANDOSOLE", está limitado a un cierto grupo de suelos jóvenes, provenientes de cenizas volcánicas, caracterizadas por una predominancia de material amorfo en la fracción arcilla (no cristalina a los rayos X; son silicatos de aluminio). Tienen características morfológicas y propiedades físico-químicas especiales que se apartan de las de suelos originados de otros materiales parentales.

TABLA 2.6.- COMPARACION DE DOS UNIDADES DE SUELOS DERIVADOS DE DISTINTAS CLASES DE ROCAS IGNEAS.

<p style="text-align: center;">GRANITO Roca ígnea intrusiva</p> <p>Roca ácida (más 66% de SiO₂) Composición: Sílica, feldespato (ortosa), mica Estructura: Diaclasas</p>	<p style="text-align: center;">BASALTO Roca ígnea efusiva</p> <p>Roca básica (42-45% de SiO₂) Composición: Compleja Estructura: Compacta</p>
<p style="text-align: center;">METEORIZACION Integral</p> <p>FISICA principalmente, lenta</p>	<p style="text-align: center;">METEORIZACION Concéntrica</p> <p>QUIMICA principalmente, rápida</p>
<p style="text-align: center;">UNIDAD VIOLETA</p> <p>Características de los suelos (Capa A + Capa B) Contenido de sílice 70% Textura : FRANCO ARENOSO Profundidad : 0,30 m. Sin estructura Contenido de hierro (Fe 203) 3% Contenido de aluminio (Al2O3) 14% Total bases 8,2 me/100 g. Fertilidad : BAJA Permeabilidad : ALTA Erodabilidad : ALTA Patrones de Erosión : Surcos Cárcavas Derrumbes Lixiviación Retoma de material</p>	<p style="text-align: center;">UNIDAD PARNASO</p> <p>Características de los suelos (Capa A + Capa B) Contenido de sílice 46% Textura : ARCILLOSA Profundidad : 0,80 m. Estructura : PRISMÁTICA Contenido de hierro (Fe 203) 14% Contenido de aluminio (Al2O3) 27% Total bases 19,1 me/100 g. Fertilidad : ALTA Permeabilidad : BAJA Erodabilidad : MEDIA Patrones de Erosión : Erosión laminar Surcos Derrumbes Solifluxión</p>

Adaptada de Grisales, A. Las rocas ígneas en la formación de dos series de suelos de la zona cafetera. Cenicafé (Colombia), 15 (1):18-25, 1964.

Las zonas con suelos originados de cenizas volcánicas presentan un relieve ondulado, con buena profundidad y mediana fertilidad; en general, tienen excelentes condiciones físicas y buena estabilidad estructural, que los hacen resistentes a los procesos erosivos; son ácidos, altamente fijadores de fósforo y de baja mineralización relativa del nitrógeno, debido a la presencia de la arcilla amorfa (alófana).

3.3.3 De rocas metamórficas.- Los suelos originados o asentados en materiales metamórficos, generalmente se presentan en una topografía quebrada, de fuertes pendientes.

Debido a la disposición de los estratos y a la susceptibilidad a las fracturas, son rocas que se desmoronan fácilmente, acelerando los procesos erosivos (derrumbes, desplomes, hundimientos, carcavamientos y soliflucción).

Los suelos originados de esquistos son generalmente de texturas medianas a finas y de

buena fertilidad.

3.3.4 De rocas sedimentarias.- Se presentan en capas generalmente horizontales de diferentes texturas y espesores, en topografía variable. Alternan los conglomerados con las areniscas y las arcillolitas.

Los conglomerados son de muy baja productividad y difíciles de clasificar por su heterogeneidad.

Las areniscas originan suelos arenosos, de mediana a baja fertilidad, y susceptibles a la erosión; tienen alta permeabilidad y la lixiviación trae como efecto la formación de capas duras de óxidos, especialmente de hierro.

Cuando las areniscas presentan matriz arcillosa, o inclusiones de arcilla, los suelos originados son de textura fina. Las arcillolitas originan suelos de textura muy fina y de baja permeabilidad.

4.- CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

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

4.1 FERTILIDAD

Es indudable la estrecha relación existente entre la composición mineralógica del material de origen y la fertilidad del suelo (tablas 2.7 y 2.8).

Una característica química que influye en la fertilidad de los suelos es la acidez, o sea la

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

Es importante tener en cuenta el pH cuando se van a analizar problemas de fertilidad de los suelos, ya que la solubilidad o insolubilidad de algunos elementos están condicionadas por él (tabla 2.9).

Por ejemplo, el Mn en suelos ácidos es soluble, y en suelos calcáreos se insolubiliza.

TABLA 2.7.-RESISTENCIA A LA TRANSFORMACION Y PRINCIPALES NUTRIENTES DE MINERALES EN LOS SUELOS.

RESISTENCIA A LA TRANSFORMACION	MINERAL	FRECUENCIA DE ESTOS MINERALES EN LOS SUELOS	PRINCIPAL NUTRIENTE PORTADO
MUY ALTA	Cuarzo	Común	Ninguno
ALTA	Moscovita	Común	K
	Epidota (grupo)	Local	Ca
	Ortoclasa	Común	K
	Plagioclasa	Común	Na,Ca
	Pirita	Local	Fe, S
MEDIA	Biotita	Frecuente	Mg, Fe, K
	Hornblenda	Común	Ca, Mg, Fe
	Actinota	Frecuente	Mg, Fe, Ca
	Albita	Frecuente	Na
BAJA	Augita	Frecuente	Ca, Mg, Fe
	Microclina	Común	K
	Dolomita	Local	Ca, Mg,
MUY BAJA	Clorita	Frecuente	Mg,
	Apatita	Local	P, Ca.
	Olivino	Poco frecuente	Mg,
	Anortita	Local	Ca

Adaptada de Pérez, J.M. *Minerales de influencia positiva en la fertilidad natural de los suelos. Anales de Edofología y Agrobiología*. 19(9-10): 727-37, Madrid, 1970

TABLA 2.8.- EJEMPLO DE ALGUNOS MINERALES QUE ORIGINAN ARCILLA AL METEORIZARSE.

MINERAL	FORMACION DE ARCILLA
Ortoclasa	Si
Anortita	Si
Moscovita	Si
Biotita	Si
Hornblenda	Si
Augita	Si
Dolomita	No
Apatita	No
Cuarzo	No

Gómez, A. *Curso de Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p. (mimeografiado).*

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

4.2 MATERIA ORGANICA

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

Con esta actividad de los microorganismos, se descompone la materia orgánica, produciendo gas carbónico (CO₂) y originando en primer lugar una serie de sustancias simples, tales como amonio, nitritos y nitratos que pueden ser aprovechados como nutrientes por las plantas o se pueden perder fácilmente por volatilización o lixiviación. Este primer

proceso se llama mineralización de la materia orgánica.

Después, continúa la descomposición más lentamente, resultando una sustancia compleja y estable que se conoce como humus. La liberación de nutrientes es muy lenta.

El humus es una mezcla compleja y resistente de sustancias amorfas y coloidales, de color pardo o pardo oscuro. Por su naturaleza coloidal, se comporta en forma semejante a la arcilla en la aprovechabilidad de algunos nutrientes por las plantas, y en la formación y estabilidad de los agregados del suelo.

El clima (humedad y temperatura) influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica y en la acumulación de humus en el suelo. En climas húmedos y calientes, la descomposición es muy rápida, facilitando

TABLA 2.9.- Efectos de la acidez sobre el desarrollo de los cultivos y la fertilidad del suelo.

Acidez del Suelo	pH.	Desarrollo de los cultivos	Nitrógeno y azufre	Bases (calcio, potasio, magnesio, sodio).	Fosfatos	Elementos menores	Actividades Biológicas	
↓ Acidez creciente ↓	7,2 a 6,7	Optima para unos pocos cultivos.	Completamente Asimilables	Asimilables	Asimilabilidad Máxima.	Molibdeno soluble. Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre insolubles	Alta población de gusanos de tierra.	
	6,6 a 6,1	Optima para la mayoría de los cultivos		inmediatamente asimilables		Asimilabilidad Reducida.	La mayoría de los elementos menores inmediatamente asimilables.	Alta población bacteriana
	6,0 a 5,6			Lixiviables en forma creciente	Mínima Asimilabilidad			Población reducida de gusanos de tierra.
	5,5 a 5,1	Adversa para la mayoría de los cultivos	Progresivamente Menos Asimilables ↓	Altamente solubles y expuestos a pérdidas por lixiviación		Fosforo Fijado	Cesa la nitrificación	
	5,0 a 4,5							
	Menor de 4,5	Extremadamente ácida						

Tomado de: RIHM, E. Fertilizantes nitrogenados y su efecto en el suelo. Chile, Sociedad Química y Minera (SQM), Boletín informativo 4 (6) : 1-30. 1973.-

la volatilización y lixiviación de algunos compuestos. En climas fríos y secos, la descomposición es más lenta, pero hay mayor acumulación de materia orgánica en el suelo.

La relación Carbono-Nitrógeno (C/N), indica el balance oxidación-nitrificación del suelo. Mientras más baja sea la relación, mayor será la mineralización y la nitrificación del suelo, y la materia orgánica suministrará mayor cantidad de nutrientes (N, P, S, B).

En los bosques naturales, el mayor aporte de materia orgánica se debe a la hojarasca, que al descomponerse, produce una acumulación mayor de humus en la capa más superficial del suelo. Cantidades menores de humus se encuentran hacia abajo en el perfil, debidas a la descomposición de las raicillas y de los cuerpos de organismos animales. En praderas naturales es más profunda la capa de materia orgánica, debido al mayor número y profundidad de las raicillas de las gramíneas y a su efecto conservacionista. En el suelo se mantiene un porcentaje más o menos constante de humus, ya que se llega a un equilibrio entre la producción de materia orgánica, la población de microorganismos y la pérdida y aprovechamiento de las sustancias simples que se producen.

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

- Suministra compuestos orgánicos y da condiciones físicas que aumentan la actividad y población de microorganismos.
- Es responsable del color negro que aumenta la capacidad de absorción de calor, necesario para la actividad biológica.

- Fomenta la granulación que desarrolla estructuras favorables para la aireación y drenaje de los suelos.

- Da estabilidad a los agregados del suelo, y aumenta el grado de resistencia a la erosión.

- Reduce la plasticidad y cohesión en los suelos arcillosos.

- Aumenta la capacidad de retención de agua.

- Aumenta la capacidad de absorción de cationes.

- Suministra nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, boro y otros elementos.

- Retarda la fijación del fósforo mineral.

4.3 TEXTURA

Se define como la proporción relativa en que se encuentran las partículas minerales de diferentes tamaños (separados), menores de 2 mm en el suelo. Es decir, la cantidad de arenas, limos y arcillas expresadas en porcentaje.

Hay una relación estrecha entre el tamaño de las partículas y las propiedades físicas del suelo (tabla 2.10). De la textura depende en gran parte el suministro de nutrientes, el abastecimiento de agua y la circulación del aire. De ahí que se considera como factor básico de la productividad.

Las partículas más grandes son sueltas, se ven a simple vista y se conocen como ARENA. Su tamaño está entre 2 mm y 0,02 mm. Las partículas medias se conocen como LIMO y se puede observar como polvo cuando están

TABLA 2.10 CARACTERISTICAS DEL SUELO SEGUN SU TEXTURA

TEXTURA		ADHESI- VIDAD	INFILTRA CION	RETENCION DE HUMEDAD	AIREACION
NOMBRE	SIMBOLO				
Arenosa	A	No hay	Excelente	Muy baja	Excelente
Arenoso franca	AF	Muy poca	Buena	Baja	Buena
Franco arenosa	FA	Media	Buena	Regular	Buena
Franca	F	Ligera	Buena	Regular	Buena
Franco limosa	FL	Media	Buena	Buena	Buena
Limosa	L	Poca	Buena	Buena	Buena
Franco-arcillo- arenosa	FArA	Alta	Regular	Regular	Regular
Franco arcillosa	FAr	Alta	Regular	Regular	Regular
Franco-arcillo- limosa	FArL	Alta	Pobre	Regular	Regular
Arcillo arenosa	ArA	Media	Pobre	Media	Pobre
Arcillo limosa	ArL	Alta	Pobre	Alta	Muy pobre
Arcillosa	Ar	Muy alta	Pobre	Muy alta	Muy pobre

Gómez, A. Curso Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia). - 1.971 152p. (mimeografiado).-

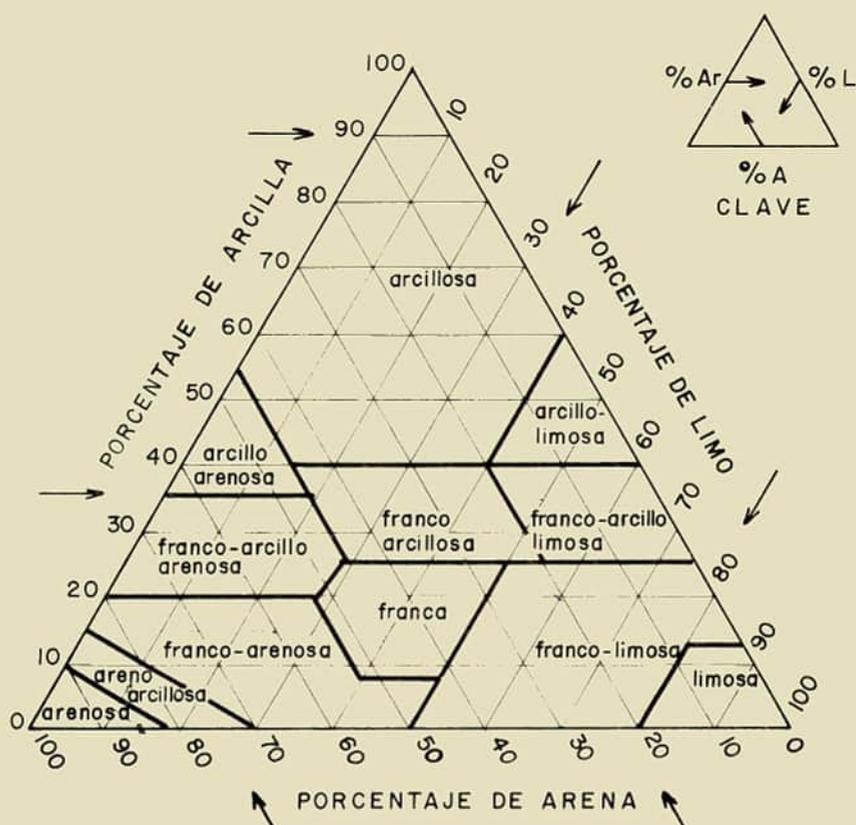


FIGURA 2.2.- TRIANGULO DE TEXTURA SEGUN PORCENTAJE DE ARENA LIMO Y ARCILLA .- (EU. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA) .

secas. Su tamaño varía entre 0,02 mm y 0,002 mm. Las partículas más pequeñas, no se pueden ver a simple vista y reciben el nombre de ARCILLA. Su tamaño es menor de 0,002 mm.

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

También se emplean otras texturas inter-

medias según los porcentajes de las partículas (figura 2.2).

En el campo se puede determinar la textura aproximada de los suelos por medio del tacto (tabla 2.11). Esta debe confirmarse con un análisis de laboratorio.

4.4 ESTRUCTURA

Las partículas en los suelos tienden a agruparse en unidades llamadas agregados, por la acción de la arcilla, la materia orgánica, algunos cementantes inorgánicos (óxidos de Fe,

TABLA 2.II .- TEXTURA AL TACTO CON SUELO HUMEDO

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

Gómez, A. Curso de Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p. (mimeografiado).

Al) y la cohesión entre ellas, formando la estructura de los suelos. Esta varía desde granos pequeños hasta bloques de tamaño grande.

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

La estructura es el factor más importante de la permeabilidad (movimiento de aire y agua). La presencia de una estructura, su forma, tamaño y disposición o arreglo de los agregados, determinan la cantidad y tamaño de los poros y por consiguiente el grado de permeabilidad (figuras 2.3 y 2.4).

La estructura de un suelo es prácticamente constante, pero su estructura puede variar o modificarse por agentes artificiales, tales como la labranza, la adición de materia orgánica, el enclamiento, entre otros. Estos cambios pueden alterar la productividad del suelo, la capacidad de drenaje natural, dificultar su manejo y afectar el grado de estabilidad del suelo, lo cual influye en la susceptibilidad a la erosión.

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

La estructura granular (subangular, angular y migajosa) se presenta principalmente en suelos con alto contenido de materia orgánica, y es la más favorable para el desarrollo radical de las plantas. Las estructuras columnares y prismáticas están relacionadas con las texturas finas (arcilla).

La estructura laminar es generalmente una característica heredada del material de origen, y se presenta en suelos derivados de esquistos y pizarras. El crecimiento radical en este tipo de estructura es más limitado que en una estructura granular.

La estructura, junto con la textura determinan las características físicas más importantes del suelo. Cuando se presenta una estructura laminar, el movimiento del agua a través del suelo es muy lento; este movimiento se hace más lento si a la vez la textura es arcillosa. En cambio, en textura arcillosa, si la estructura es columnar o prismática, el movimiento del agua es medio y si es granular este movimiento es lento.

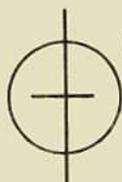
El mayor movimiento del agua a través del suelo se tiene con estructura granular y textura arenosa. Lo que se ha dicho para el movimiento del agua, es válido también para el movimiento del aire.

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

El grado de la estructura es la intensidad de agregación de las partículas del suelo (sin estructura, débil, moderada y fuerte), el cual se define de acuerdo con el grado de desarrollo. Por ejemplo, en unidades de suelos de cenizas volcánicas se observan estructuras fuertes (Fresno y Chinchiná), poco desarrolladas o débiles (Fondesa). Hay suelos que no tienen estructura definida en todo su perfil o en alguno de sus horizontes; por ejemplo, el 2o. y 3o. horizontes de las unidades Quindío y Montenegro (arena, gravilla, lapilli), y el 2o. horizonte de la unidad Malabar (masiva con textura fina).

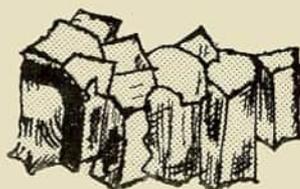


PRISMÁTICA



(Eje vertical mucho mayor que el horizontal).

PERMEABILIDAD RÁPIDA

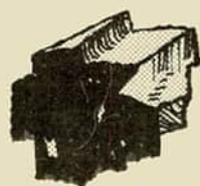
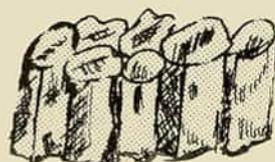


COLUMNAR



(Eje vertical mucho mayor que el horizontal.)

PERMEABILIDAD RÁPIDA

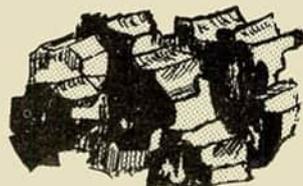


BLOQUE



(Eje vertical ligeramente mayor que el horizontal).

PERMEABILIDAD MODERADAMENTE RÁPIDA.

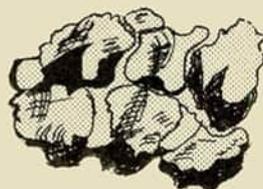


GRANULAR

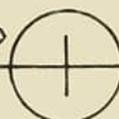


(Eje vertical igual al horizontal).

PERMEABILIDAD MODERADA



LAMINAR



(Eje horizontal mucho mayor que el vertical).

PERMEABILIDAD MUY LENTA



MIGAJOSA



(Eje horizontal igual al eje vertical.)

PERMEABILIDAD MUY RÁPIDA



FIGURA 2.3.-CLASES DE ESTRUCTURA DE LOS SUELOS Y SU PERMEABILIDAD.-

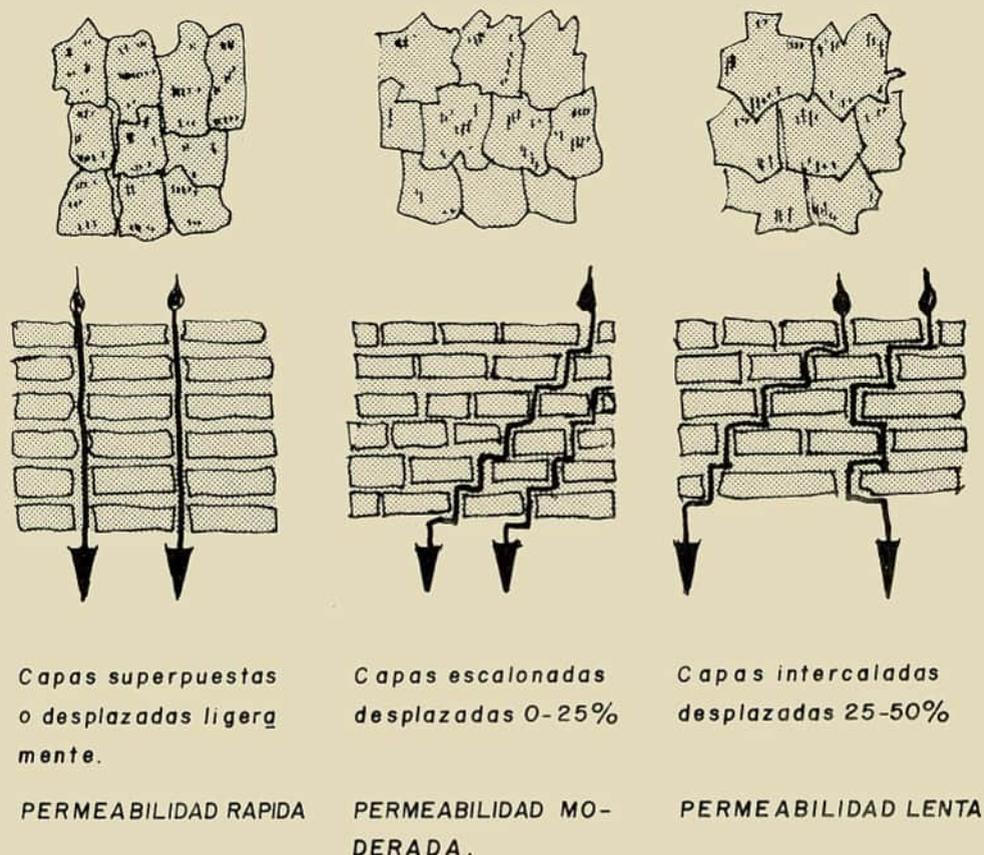


FIGURA 2.4.- RELACION ENTRE LA DISPOSICION DE LOS AGREGADOS DEL SUELO Y LA PERMEABILIDAD.-

4.5 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

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

La agregación del suelo y la estabilidad estructural son favorecidas por la presencia de materia orgánica, arcilla, óxidos de hierro y aluminio, algunos iones intercambiables tales

como Ca, Mg y K (favorecen la floculación de la arcilla). En forma indirecta, los microorganismos ayudan a la agregación a través de los compuestos producidos durante la descomposición de la materia orgánica. La presencia de raicillas en el suelo, contribuye a conservar la estabilidad de los agregados debido al amarre de los mismos.

Como se vió al hablar de las características que transmiten las rocas a los suelos, también la estabilidad depende de ellas, conjuntamente con la acción del clima y la materia orgánica.

Así, un granito origina suelos arenosos, con estructura muy débil, por lo tanto muy susceptibles a la erosión. Un suelo originado de basalto es arcilloso, forma suelos de estructura más estable y más resistente a la erosión.

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

Los suelos originados de anfibolitas, pizarras, esquistos (rocas metamórficas), son cascajos, débiles en su estructura, y presentan muchos derrumbes y deslizamientos.

Para conocer la estabilidad de los agregados en el campo pueden hacerse las siguientes pruebas.

- Se coloca un terrón del tamaño de un puño sobre la mano encocada y se sumerge varias veces en un recipiente con agua. Si se disgrega rápido y fácil enturbia el agua, indica poca estabilidad. Si se conserva durante un tiempo y demora en enturbiarse el agua, tiene mediana estabilidad, y si no se disgrega fácilmente indica alta estabilidad. También puede probarse la estabilidad dejando caer gotas de agua desde una altura de 10 a 15 cm sobre un terrón. Indicará baja estabilidad si se desmorona y enturbia el agua con pocas gotas, y buena estabilidad si resiste un tiempo largo.

Puede relacionarse la estabilidad en el campo observando el contenido de materia orgánica y presencia de óxidos de hierro y aluminio en un perfil o talud. El mayor contenido de estos elementos favorece la estabilidad.

Para calificar la estabilidad de los agregados de los suelos de una zona, además de las

pruebas anteriores, debe observarse el comportamiento del suelo al laboreo, la acción de las aguas de escorrentía por los efectos erosivos, la presencia de surquillos, cárcavas y derrumbes, y la estabilidad de los taludes en caminos, carreteras, canales y cauces naturales, al igual que el fondo de cunetas, canales y drenes naturales.

4.6 RELACION AIRE-AGUA DEL SUELO

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

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

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

Los poros se clasifican según su tamaño, así:

- Gruesos, de diámetro mayor de 5 mm.
- Medianos, de diámetro entre 2 y 5 mm.
- Finos, de diámetro entre 1 y 2 mm.
- Muy finos, de diámetro entre 0,075 y 1 mm.

- Microporos, de diámetro menor de 0,075 mm:

La porosidad está formada por la suma de los porcentajes de poros de diferentes tamaños.

Los poros medianos y grandes abundan en los suelos arenosos y sueltos y en los suelos con estructura granular. Los poros finos y muy finos predominan en suelos con texturas medias a finas, y los microporos en los suelos muy arcillosos.

Los poros grandes y medianos sirven para la aireación e infiltración, permiten una rápida circulación del aire y agua, en tanto que en los poros finos y microporos esta circulación es más lenta. Los poros finos y muy finos sirven para la conducción del agua y los microporos para el almacenamiento del agua disponible para las plantas.

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

La proporción de poros grandes y microporos es más importante que la porosidad total, ya que permite establecer el equilibrio aire-agua en el suelo, determinante del desarrollo y nutrición de la planta, la actividad microbiana y el manejo de la humedad del suelo.

4.7 COLOR

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

- El color negro generalmente es debido a la materia orgánica y la intensidad varía con su mayor o menor contenido.

Pueden presentarse suelos negros debido a los materiales de origen, como los derivados de pizarras del piso de Villeta y suelos de esquistos gráficas.

El manganeso puede comunicarle también color negro a los suelos

- El color rojo es debido a la oxidación del hierro, lo cual indica buena aireación y buen drenaje.

- El color amarillo es debido a la oxidación de hierro hidratado, en condiciones de aireación deficiente y mal drenaje.

- Otros colores que pueden presentarse, tales como el gris, el oliva o azulosos, son debidos a la baja o ninguna oxidación del hierro, en suelos muy mal drenados y con muy baja o nula aireación. Con frecuencia presentan moteados en el interior del perfil, debidos a diferentes grados de oxidación, por fluctuaciones del nivel freático. El moteado se distingue fácilmente cuando el suelo está húmedo, pero el color tiende a perder intensidad cuando está seco.

4.8 PROFUNDIDAD EFECTIVA

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

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

4.9 UNIFORMIDAD DEL PERFIL

Se refiere a la uniformidad entre las diferen-

tes capas del perfil en cuanto a textura, estructura y permeabilidad.

- En perfiles profundos y uniformes, con texturas medias o gruesas y estructura granular, la permeabilidad de las capas permite una transmisión uniforme del agua a través del perfil, lo cual favorece una buena infiltración y menor escorrentía.
- En perfiles uniformes con texturas finas y consistencia plástica, la transmisión del agua de infiltración es muy lenta, lo cual favorece la escorrentía o el encharcamiento,

de acuerdo a la topografía.

- Perfiles con capas de texturas gruesas superficiales y finas internas, presentan problemas en el movimiento del agua, ya que la diferencia de permeabilidad entre estas capas ocasiona saturación en los horizontes de texturas gruesas y baja permeabilidad en los estratos inferiores de texturas finas. En terrenos pendientes, esto puede conducir a remociones de suelos, tales como derrumbes, deslizamientos, y problemas de soliflución. En terrenos planos, ocasionan problemas de drenaje.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALVARADO, B. Geología y mineralogía. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Química, 1945. 210 p (mimeografiado).
- 2.- BETEJTIN, A. Curso de mineralogía. Moscú, Editorial Paz, 1964. 731 p.
- 3.- BISSEL, K. S. Some properties of volcanic ash soils. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic. World Soil Resources Report FAO, Roma, 14: 74-81, 1964.
- 4.- BRANSON, E. E. y TARR, W. A. Elementos de geología. España, Aguilar, 1964. 653 p.
- 5.- BRUHNS, W. y RAMDOHR, P. Petrografía. México, Uteha, 1964. 125 p.
- 6.- CAILLEUX, A. Las Rocas. Buenos Aires, Editorial Universitaria, 1963. 71 p.
- 7.- CENDRERO, O. Geología. Buenos Aires, Imprenta López, 1943. 356 p.
- 8.- COREY, R. Química avanzada de suelos. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1964. (mimeografiado).
- 9.- ——— Química avanzada de elementos menores. Chapingo, México Escuela Nacional de Agricultura, 1964. (mimeografiado).
- 10.- CHARRY, J. Tabla para identificación de minerales. Palmira, Colombia. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1969. 50 p.
- 11.- DANA, J. D. y HURLBURT, C. S., Jr. Manual de mineralogía. Barcelona, España, Reverté Editores. 1960. 600 p.
- 12.- FERNANDEZ, R. Curso de relaciones suelo-agua-planta. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1965.

- 13.- GAVANDE, S. A. Física de Suelos: principios y aplicaciones. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 1972. 351 p.
- 14.- GILLULY, J., WATENS, A. C. y WOODFORD, A. O. Principios de geología. España, Aguilar, 1964. 692 p.
- 15.- GOMEZ A., A. Informe-Resumen sobre los trabajos de suelos de la zona cafetera del país. Sección de Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná, (Colombia), 1972. 11 p (mecanografiado).
- 16.- GONZALEZ, A. Curso de Agrogeología. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1960. 111 p (mimeografiado).
- 17.- GRISALES, A. Curso de Geología y Mineralogía. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1960. 194 p (mecanografiado).
- 18.- ——— Zonificación y determinación de la capacidad potencial y uso de los suelos cafeteros colombianos. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué, 1972. 13 p.
- 19.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del suroeste de Antioquia. Programa de Desarrollo y Diversificación de zonas cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, 1972. 71 p.
- 20.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento del Valle del Cauca. Programa de Desarrollo y Diversificación de zonas cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, 1972. 44 p.
- 21.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento del Tolima. Programa de Desarrollo y Diversificación de zonas cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, 1973. 93 p.
- 22.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento de Cundinamarca. Programa de Desarrollo y Diversificación de zonas cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, 1974. 74 p.
- 23.- HERD DARREIL. Volcanismo en el complejo Ruiz-Tolima. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1973. (apuntes de curso).
- 24.- HERMELIN, M. Depósitos y actividad volcánica cuaternarios en el norte de la Cordillera Central (revisión de literatura). Suelos Ecuatoriales, Colombia 5 (1): 43-60. 1973.
- 25.- HERNANDEZ, P. Levantamiento agrológico de la región cafetera central de Antioquia. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1959. 166 p.
- 26.- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio General de Suelos, para fines agrícolas, de los municipios de Filadelfia, Riosucio, Supía, Marmato, Pácora, Pensilvania, Marquetalia, y Marulanda (Departamento de Caldas). Dirección Agrológica, Bogotá, 1969. 280 p.
- 27.- ——— Estudio general de suelos de los municipios de Fusagasugá, Pasca, Tibacuy, Arbelaez, San Bernardo, Pandí, Ospina Pérez, Cabrera, y sur del Distrito de Bo-

- gotá, para fines agrícolas (Departamento de Cundinamarca). Dirección Agrológica, Bogotá, 1969. 309 p.
- 28.- ——— Estudio general de suelos, para fines agrícolas, de los municipios de Cunday e Icononzo (Departamento del Tolima). Dirección Agrológica. Bogotá, 1973. 110 p.
 - 29.- ——— Estudios generales y semidetallados de suelos de los municipios de Lourdes, Santiago, San Cayetano, Gramalote y Arboledas (Departamento de Norte de Santander). Dirección Agrológica, Bogotá, 1973. 219 p.
 - 30.- ——— Estudio general de suelos del municipio de Rionegro (Departamento de Santander). Dirección Agrológica, Bogotá, 1973. 314 p.
 - 31.- KELLER, D. W. The principals of chemical weathering. Columbia. U.S.A. Lucas Brothers, 1962. 111 p.
 - 32.- LUNA, C. Anotaciones pedológicas sobre algunos andosoles de Antioquia. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1968. 153 p.
 - 33.- LLERAS, R. Las rocas de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 8(27): 265-305, 1947.
 - 34.- MADERO, A., et al. Levantamiento agrológico de la zona cafetera Central de Caldas. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1962. 49 p.
 - 35.- MEJIA, G. Suelos derivados de cenizas volcánicas. Primera Semana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Agrología. 6 p (mecanografiado).
 - 36.- ——— Suelos alofánicos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1969. 7 p (mimeografiado).
 - 37.- NIENWENHUIS, E. y ELEBERSON, G. Algunas observaciones sobre las cenizas volcánicas en Colombia. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Revista CIAF 7-16. 1972.
 - 38.- PARRA, H. Los suelos del Quindío, propiedades físicas, químicas y fertilidad. Cenicafé, Colombia 11(11): 323-355. 1960.
 - 39.- POMENOL, CH. y FOVET, R. Las rocas eruptivas, Buenos Aires, Editorial Universitaria, 1963. 63 p.
 - 40.- RINNE, F. La science des roches. Paris, J. Lamarre, Editeur, 1928. 616 p.
 - 41.- SCHMEIL, O. y PADILLO, F. Elementos de mineralogía, y geología. Barcelona, España, Gustavo Gili, Editor, 1926. 162 p.
 - 42.- SHELTON, J. S. Geology illustrated. San Francisco U.S.A., W.H. Freeman and Company, 1966. 434 p.
 - 43.- SOETENS, R. Apuntes sobre la clase de geomorfología. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Ministerio de Obras Públicas, 1971. 71 p.
 - 44.- ZIN, H. S. and SHAFFER, P. E. Rochs and minerals. New York, Golden Press, 1957. 160 p.

ANEXO Nº 2.1.- PRINCIPALES GRUPOS DE MINERALES CONSTITUYENTES DE LAS ROCAS

GRUPO		COMPOSICION PRINCIPAL	MINERALES PRINCIPALES	
CUARZO		Anhídrido Silícico Si O ₂	CUARZO	
FELDESPATOS	Ortoclusas	Silicatos de Al con K	ORTOSA MICROCLINA	Minerales ALUMINIO POTASICOS o SODICOS claros y mbs livianos
	Plagioclasas	Silicatos de Al con Na y Ca.	ALBITA - Silicato de Na OLIGOCLASA ANDESINA LABRADORITA BITOWNITA ANORTITA - Silicato de Ca <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="text-align: center;">Aumenta % Ca. ↓</div> <div style="text-align: center;">Disminuye % de Na. ↓</div> </div>	
MICAS	Blanca	Silicato complejo de Al y K	MOSCOVITA	Minerales ALUMINIO POTASICOS o SODICOS claros y mbs livianos
	Negra	Silicato complejo de K, Al, Fe, Mg.	BIOTITA	
ANFIBOLES		Silicatos de Ca, Mg, Fe, y Al con poco ion (OH ⁻). - Cristales largos, delgados, prismáticos de seis caras (124°). Clivaje brillante - En las rocas aparecen como barras delgadas	ACTINOTA HORNBLENDA	Minerales FERROMAGNESIANOS Oscuros y pesados
PIROXENOS		Silicatos de Ca, Mg y Fe - Cristales cortos, gruesos, prismáticos de ocho caras iguales (90°) - En las rocas aparecen como granos	AUGITA HIPERESTENA EPIDOTO	
OLIVINO		Silicatos de Fe y Mg	OLIVINO o PERIDOTO	

Aumenta Acidez — Disminuye Densidad

ANEXO No. 2.2 PRINCIPALES MINERALES DE LAS ROCAS DE LA ZONA CAFETERA

ACTINOLITA o ACTINOTA	Grupo Densidad Dureza Fórmula	ANFIBOLES (Silicatos) 3,1 - 3,3 5 - 6 $\text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe})_5 (\text{SiO}_4\text{O}_{11})_2 (\text{OH})_2$
		Fibrosa, agujas de color gris verdoso o verde oscuro. Brillo vítreo. Se rompe en superficies irregulares. Da raya incolora o pálida con navaja. Tiene de 6 a 13 o/o de FeO, con frecuencia Al_2O_3 y álcalis ($\text{Na}_2 \text{O}$). Variedad importante: AMIANTO (Asbesto).
ALBITA	Grupo Densidad Dureza Fórmula	FELDESPATOS (Plagioclasa) 2,61 6 $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$
		De color blanco, a veces con reflejos grises o azulados; con frecuencia los cristales tienen una cara estriada. Es un mineral ácido.
ANDESINA	Grupo Dureza Constitución	FELDESPATOS (Plagioclasas) 6 30 - 50 o/o Anortita
		Colores muy variados (blancos, grises, verdosos). Difícil distinguirla de la oligoclasa y la labradorita. Mezcla isomorfa de albita (feldespato sódico) y anortita (feldespato cálcico). Es un mineral ácido.
ANORTITA	Grupo Densidad Dureza Fórmula	FELDESPATOS (Plagioclasas) 2,67 5,5 - 6 $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$
		Raramente bien cristalizada. Cristales incoloros o blancos. Da raya pálida con el cuarzo. Se encuentra frecuentemente con augita, peridoto y olivino. Es atacada por los ácidos. Es un mineral básico.
APATITA	Grupo Densidad Dureza Fórmula	FOSFATOS 3,18 - 3,21 5 $\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$
		Formas y colores variados. Apariencia blanca o pardusca, verde o violeta. Cristales prismáticos hexagonales, de lustre vítreo grasoso. Da raya incolora o pálida con navaja. Fosfato de calcio con un poco de flúor o cloro. Se distingue del berilo y la aguamarina por su menor dureza.
AUGITA	Grupo Densidad Dureza Fórmula	PIROXENOS (Silicatos) 3,4 5,6 $\text{Ca} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}) (\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_6$
		Colores negros, a veces negro verdoso, pardo. Cristales cortos y gruesos (granos) prismáticos de 8 caras brillantes. Da raya gris verdosa con la navaja. Difícilmente atacable por los ácidos.

BIOTITA	Grupo	MICAS (Silicatos)
	Densidad	2,9
	Dureza	2,5 - 3
	Fórmula	$K (Mg, Fe)_3 Al Si_3 O_{10} (OH)_2$
	Color negro, pardo oscuro y a veces matices verduscos, brillo vítreo. Masas foliares, cristales escamosos hexagonales. Da raya blanca a verdosa con la uña.	
	Silicato complejo de potasio, hierro, aluminio y magnesio. Se descompone completamente con H_2SO_4 caliente.	
BITOWNITA	Grupo	FELDESPATOS (Plagioclasa)
	Dureza	6
	Constitución	70 - 90 o/o Anortita
	Colores muy variados (blancos, grises, verdosos).	
	Mezcla isomorfa de albita, y anortita. Es un mineral básico.	
CALCITA	Grupo	CARBONATOS
	Densidad	2,6 - 2,8
	Dureza	3
	Fórmula	$Ca CO_3$
	Incolora a blanca lechosa a veces variados colores por impurezas. Brillo vítreo. Da raya blanca con la navaja.	
	Desprende abundante CO_2 con gotas de HCl.	
CALCOPIRITA	Grupo	SULFUROS
	Densidad	4,2
	Dureza	3,5 - 4
	Fórmula	$Fe Cu S_2$
	Color dorado o bronceado. En polvo, verde negruzco. Brillo intenso. Da raya negra con la navaja.	
	Se encuentra en algunos granitos y diabasas. Es el mineral de Cu más abundante.	
CLORITA	Grupo	MICAS (Silicatos)
	Densidad	2,8
	Dureza	1 - 2,5
	Fórmula	$(Mg, Fe)_5 (Al, Fe)_2 Si_3 O_{10} (OH)_3$
	Color verde. Masas foliares delgadas. Láminas hexagonales irregulares, jabonosas al tacto, brillo vítreo. Da raya verde con la uña.	
	Mineral muy pobre en sílice. Más básico que las micas. Variedades ricas en Fe son atacadas por H_2SO_4 que las distingue del talco.	
CROMITA	Grupo	OXIDOS
	Densidad	4 - 4,8
	Dureza	5,5
	Fórmula	$Fe Cr_2 O_4$
	Color negro, rojizo, opaco. Brillo metálico. Da raya negra o parda con la navaja.	
	Especies magnéticas, aluminicas, ferrosas, muy parecidas entre sí.	
CUARZO	Grupo	OXIDOS
	Densidad	2,65
	Dureza	7
	Fórmula	SiO_2
	Colores muy variados. Brillo de grasa a vítreo. Cristales exagonales, terminados en pirámides. Fractura concóidea.	
	Variedades: cristal de roca, amatista (púrpura) ahumado, lechoso; falsos topacio (amarillo) y zafiro (azul); calcedonia, ágata, onix, jásped, pedernal, ópalo.	
DISTENA o	Grupo	ANDALUCITAS (Silicatos)

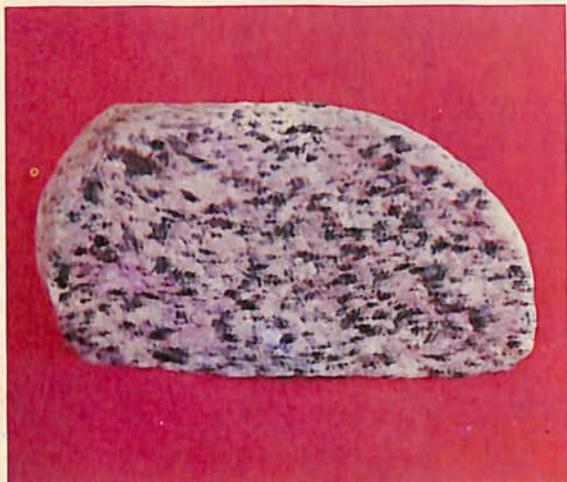
CIANITA	Densidad	3,56 - 3,68
	Dureza	4 - 7
	Fórmula	$Al_2 O_3 Si O_5$
	Color azul, azul oscuro, a veces verde o amarillo, raramente negro. Brillo vítreo, a veces nacarado. Cristales columnares, fibrosos y aplanados.	
	Insoluble en ácidos.	
DOLOMITA	Grupo	CARBONATOS
	Densidad	2,9
	Dureza	3,5 - 4
	Fórmula	$Ca Mg (CO_3)_2$
	Color variable, en general blanco, transparente. Brillo vítreo o perlado. Da raya incolora con la navaja.	
	El polvo da efervescencia lenta en frío con HCl, no así los cristales que dan efervescencia en caliente.	
EPIDOTA	Grupo	EPIDOTAS (Silicatos)
	Densidad	3,0 - 4,0
	Dureza	6 - 7
	Fórmula	$Ca_2 (Al, Fe)_3 (SiO_4)_3 OH$
	Color verde amarillento. Brillo vítreo. Cristales exagonales cortos y prismáticos. Fibras paralelas o agregados columnares.	
	No puede ser atacada por los ácidos en frío.	
GRAFITO	Grupo	ELEMENTOS QUIMICOS
	Densidad	2,09 - 2,23
	Dureza	1 - 2
	Fórmula	C, con impurezas
	Color de negro a gris acerado, brillo metálico intenso. En masas tienen superficie mate. Se presenta en láminas exagonales. Mancha los dedos y el papel, grasoso al tacto, raya negra con la uña.	
	Contiene muchas impurezas y agua. Buen conductor de electricidad. No lo atacan los ácidos.	
GRANATE	Grupo	GRANATE (Silicatos)
	Densidad	3,5 - 4,2
	Dureza	6,5 - 7,5
	Fórmula	$(Mg, Fe^{+2}, Mn^{+2}, Ca)_3 (Al, Fe^{+3}, Cr)_2 (SiO_4)_3$
	Generalmente granos incoloros a veces de variadas coloraciones. Brillo vítreo o resinoso.	
HEMATITA	Grupo	OXIDOS
	Densidad	4,9 - 5,3
	Dureza	5,5 - 6,5
	Fórmula	$Fe_2 O_3$
	Colores rojizos, brillo metálico o terroso. Formas muy variadas, raras veces en cristales bien formados. Da raya roja con la navaja.	
	Da un polvo rojo intenso.	
HIPERSTENA o ESTATITA	Grupo	PIROXENOS (Silicatos)
	Densidad	3,3 - 3,5
	Dureza	5 - 6
	Fórmula	$(Mg, Fe)_2 (Si_2O_6)$
	Color verde a negro, verdusco pardusco. Cristales rómbicos. Se presenta en masas fibrosas, columnares o compactas. Da raya parda con navaja.	
	Piroxenos rómbicos con más del 14 o/o de FeO. Se descompone parcialmente con HCl.	

HORNBLENDA	Grupo	ANFIBOLES (Silicatos)
	Densidad	2,9 - 3,3
	Dureza	5 - 6
	Fórmula	$\text{Ca}_2 \text{Na} (\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_4 (\text{Al}, \text{Fe}^{+3}) (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{11} 2 (\text{OH})_2$
	Colores verde oscuro a negro opaco, brillo vítreo en las superficies de exfoliación. Cristales prismáticos hexagonales, largos. Se presenta en láminas fibrosas, sedosas. Da raya gris a parda con la navaja. La composición química puede variar mucho. El K puede ser mayor que el Na.	
ILMENITA	Grupo	OXIDOS
	Densidad	5,0
	Dureza	5,5 - 6,0
	Fórmula	Fe Ti O_3
Generalmente en forma de barras negras. Da raya negra con cuarzo o con la navaja. Difícil de distinguir de la magnetita y la cromita. Débilmente magnética, que aumenta con la temperatura.		
LABRADORITA	Grupo	FELDESPATOS (Plagioclasas)
	Dureza	6
	Constitución	50 - 70 o/o de Anortita
	Colores variados. Da raya incolora o pálida con el cuarzo; es un mineral básico o intermedio. Mezcla isomórfica de albita y anortita. A menudo da reflejos azules o verdes.	
LIMONITA	Grupo	OXIDOS
	Densidad	3,4 - 4
	Dureza	1 - 5,5
	Fórmula	$\text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$
Color pardo amarillento o rojizo. Masas terrosas y blandas, no se presenta en cristales; abunda en forma de concreciones. Puede considerarse como hematita alterada con agua (hematita parda). Casi siempre contiene SiO_2 y Al_2O_3		
MAGNESITA	Grupo	CARBONATOS
	Densidad	2,9 - 3,1
	Dureza	3,5 - 4,5
	Fórmula	Mg CO_3
Color blanco, matiz amarillo o gris. Brillo vítreo, apariencia de porcelana. Da raya blanca o pálida con navaja. No produce efervescencia con HCl en frío. Se disuelve en ácidos calientes.		
MAGNETITA	Grupo	OXIDOS
	Densidad	4,9 - 5,2
	Dureza	5,5 - 6
	Fórmula	$\text{Fe Fe}_2 \text{O}_4$
Color negro amarillento. Brillo semimetálico. Da raya negra con cuarzo. Constitución relativamente pura. Fuertemente magnética.		
MICROCLINA	Grupo	FELDESPATOS (Plagioclase)
	Densidad	2,54 - 2,57
	Dureza	6 - 6,5
	Fórmula	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$
Color verde, rosado claro, amarillo o rojizo, a veces en vetas. Brillo vítreo, nacarado. Da raya blanca con el cuarzo. Casi siempre contiene Na_2O en cantidades considerables.		
MOSCOVITA	Grupo	MICAS (Silicatos)

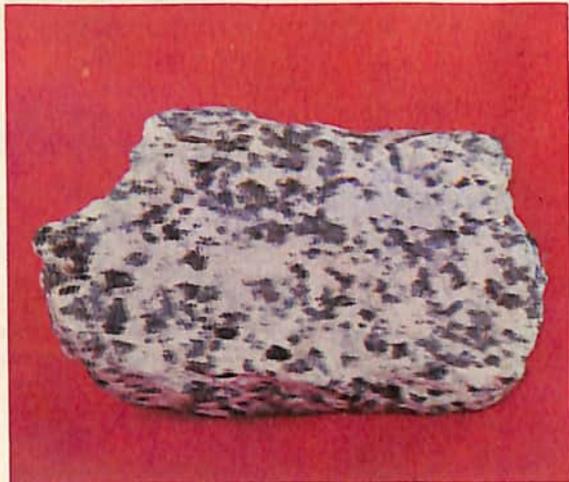
	Densidad	2,8 - 3,1
	Dureza	2 - 3
	Fórmula	$K Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_2$
		Incolora, o con tonalidades amarillentas. Láminas cristalinas rómbicas o hexagonales, exfoliables. Da raya blanca con moneda de cobre.
		Aislante eléctrico, inalterable al agua y al fuego. No es atacada por los ácidos.
OLIGOCLASA	Grupo	FELDESPATOS (Plagioclasas)
	Dureza	6
	Constitución	10 - 30 o/o de Anortita
		Colores variados (blanco, gris, verde). Difícil de distinguir de la andesina y la labradorita. Es un mineral ácido.
		Mezcla isomórfica de albita y anortita.
OLIVINA o PERIDOTA	Grupo	EPIDOTA (Silicatos)
	Densidad	3,3 - 3,5
	Dureza	6,5 - 7
	Fórmula	$(Mg, Fe)_2 Si O_4$
		Color verde oliva o amarillento, aspecto agrietado. Granos vítreos pequeños. Raya blanca con navaja.
		Con mucha frecuencia se transforma total o parcialmente en serpentina.
ORTOSA u ORTOCLASA	Grupo	FELDESPATOS (Ortoclases)
	Densidad	2,5 - 2,6
	Dureza	6 - 6,5
	Fórmula	$K Al Si_3 O_8$
		Color blanco, amarillento, rosado, a veces color carne. Los cristales comienzan a descomponerse por el interior. Da raya blanca con el cuarzo.
		Variiedad importante: Sanidina (agrietada y transparente). No efervesce con los ácidos.
PIRITA	Grupo	SULFUROS
	Densidad	4,9 - 5,2
	Dureza	6 - 6,5
	Fórmula	$Fe S_2$
		Color bronce dorado, amarillento, brillo metálico intenso. Cristaliza en cubos. Da raya verde o negra con el cuarzo.
		El polvo es de color verde negro. Es fuente de azufre y ácido sulfúrico; contiene impurezas.
SERPENTINA	Grupo	MICAS (Silicatos)
	Densidad	2,5 - 2,8
	Dureza	2,5 - 4
	Fórmula	$H_4 Mg_3 Si_2 O_9$
		Color variable en tonos de verde, brillo y tacto graso. Compacta, fibrosa o foltiada, y se encuentran cristales bien desarrollados. Da raya verde con navaja.
		Polvo de color blanco. Mineral secundario presente en las rocas metamórficas.
TALCO	Grupo	MICAS (Silicatos)
	Densidad	2,6 - 2,8
	Dureza	1 - 1,5
	Fórmula	$H_2 Mg_3 Si_4 O_{12}$
		Color blanco a verde claro, tacto grasoso, jabonoso. Cristales tabulares o en escamas. Raya fácilmente con la uña dando raya blanca o verde pálida.
		Se forma por la alteración de dolomita o rocas eruptivas magnésicas. Inatacable por los ácidos.
TITANITA o	Grupo	FELDESPATOS (Silicatos)

ESFENO	Densidad	3,4 - 3,6
	Dureza	5 - 5,5
	Fórmula	Ca Ti Si O ₅
	Color amarillo, verde rojizo, o negro. Da raya pálida con la navaja. Se descompone parcialmente con el HCl.	
TURMALINA	Grupo	ANDALUCITA (Silicatos)
	Densidad	2,9 - 3,2
	Dureza	7 - 7,5
	Constitución Borosilicato muy complejo. (Si, Ca, Mg, Fe, B, Al). Color negro verdoso, lustre vítreo o resinoso, polariza la luz. Cristales prismáticos muy alargados. No es rayada por el cuarzo. No se descompone con los ácidos. Cristales de sección transversal en triángulos esféricos.	
YESO	Grupo	SULFATOS
	Densidad	2,3
	Dureza	1,5
	Fórmula	Ca SO ₄ .2 H ₂ O
Blanco, o cristales transparentes e incoloros o con impurezas. Brillo vítreo o nacarado. Masivo o fibroso, a veces cristales en forma de lanza o cristales encorvados muy grandes. Raya con la uña. Polvo blanco muy soluble en agua. No reacciona con el HCl en frío.		
ZIRCON	Grupo	EPIDOTA (Silicatos)
	Densidad	4,4 - 4,8
	Dureza	7,5
	Fórmula	Zr Si O ₄
Color marrón, gris o rojo, granos redondeados o cristales simples. Lustre diamantino. No es rayado por el cuarzo.		

ROCAS IGNEAS



GRANITO



CUARZODIORITA



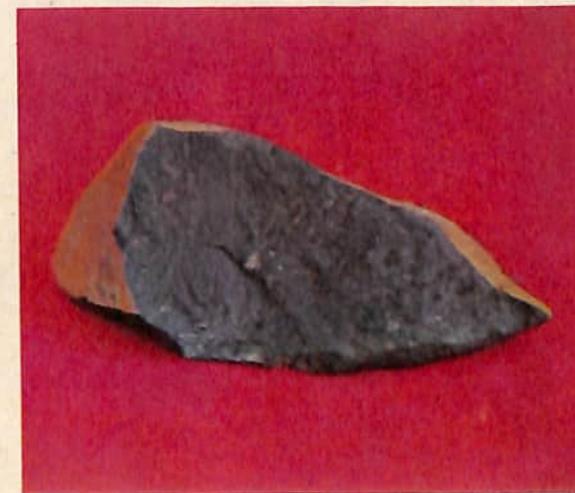
SIENITA



ANDESITA



RIODACITA

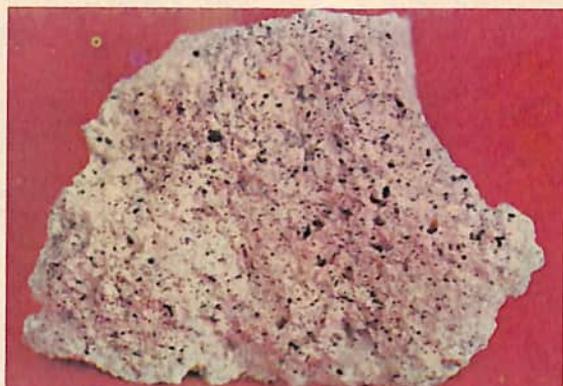


BASALTO

EYECTOS VOLCANICOS



CENIZA



TOBA

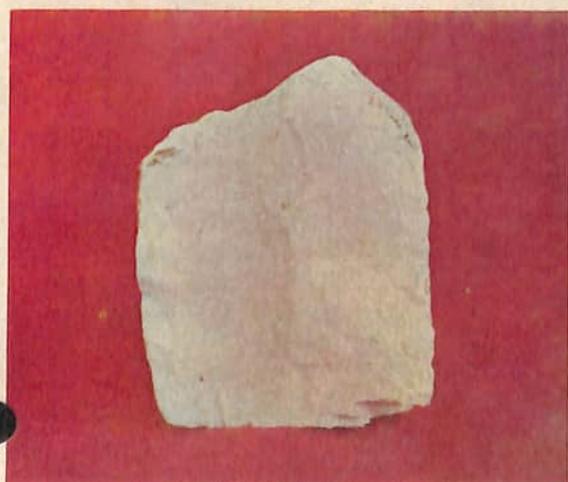
ROCAS SEDIMENTARIAS



BRECHA



CONGLOMERADO

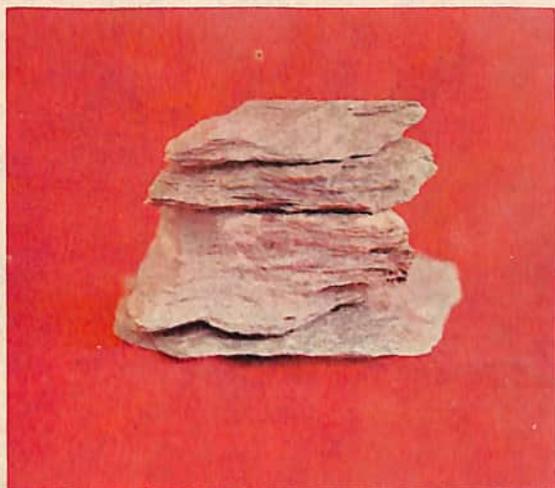


ARCILLOLITA



ARENISCA

ROCAS METAMORFICAS



FILITA



ESQUISTO PIZARROSO



ESQUISTO MICACEO



GNEIS



ANFIBOLITA



CUARCITA

METEORIZACION DE LAS ROCAS



CONCENTRICA
(Andesita)



CONCENTRICA
(Basalto)



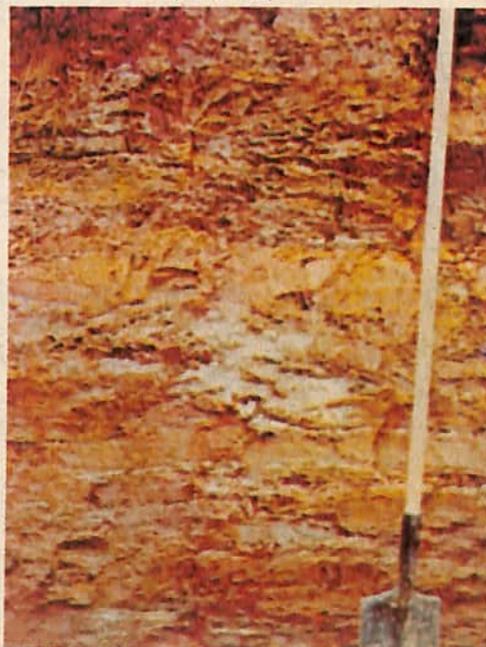
INTEGRAL
(Granito)



INTEGRAL
(Areniscas)



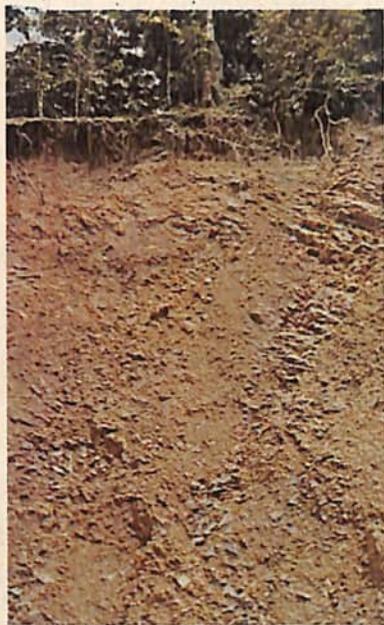
GNEIS SIN ALTERAR



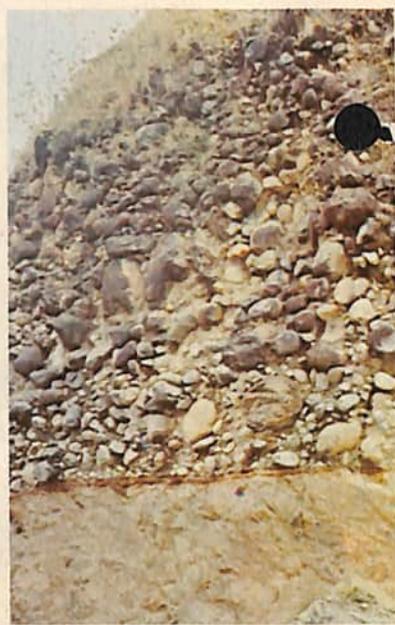
GNEIS METEORIZADO



SUELO ORIGINADO DE ROCA IGNEA
(Basalto)



ORIGINADO DE ROCA METAMORFICA
(Esquisto pizarroso)



DE FORMACION SEDIMENTARIA



SUELO DE FORMACION SEDIMENTARIA



SUELO DE BASALTO CUBIERTO POR
CENIZAS VOLCANICAS

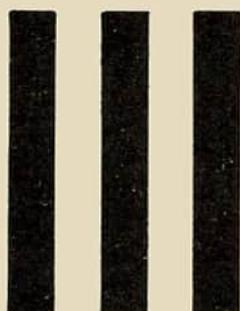


SUELO DE CENIZAS VOLCANICAS



KROTOVINA. ESTRUCTURA COMUN EN CENIZAS
VOLCANICAS





EROSION

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

Erosión es el desprendimiento y arrastre del suelo causado por el agua o por el viento, o su remoción en masa.

del relieve, a la meteorización de las rocas y a la formación de los suelos.

1.- CLASES DE EROSION

1.1 EROSION GEOLOGICA O NATURAL

Es el desgaste natural de la superficie de la tierra sin intervención del hombre y por lo tanto fuera de su control. Los factores que actúan en este tipo de erosión son: el agua de las lluvias, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura y la gravedad. Es un proceso lento e imperceptible que tiende a buscar una estabilidad de la superficie y un equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua, y que aún continúa en muchas regiones jóvenes de la tierra. La erosión geológica contribuye a la formación

1.2 EROSION ACELERADA O ANTROPICA

Es la erosión rápida del suelo propiciada por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación y el agua o el viento.

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

Ejemplos de esta clase de erosión son: los desbordamientos de las quebradas y de los ríos, la pérdida de los suelos por escurrimiento, y la formación de eriales por la sobre-explotación.

2.- FORMAS DE EROSION

De acuerdo con los agentes erosivos más importantes que actúan en la erosión acelerada, se conocen las siguientes formas:

2.1 EROSION EOLICA

Es aquella causada por el viento en los terrenos sueltos, localizados en regiones con variaciones altas de temperatura, poca precipitación y predominancia de vientos fuertes. En la zona cafetera no es frecuente esta forma de erosión.

2.2 EROSION HIDRICA

Su agente es el agua de las lluvias, que actúa por el impacto de las gotas en el desprendimiento del suelo, y su arrastre por el agua de escurrimiento. Es la forma de erosión más importante de la zona cafetera colombiana, debido a la frecuencia e intensidad de las lluvias, la cual se ve favorecida por las pendientes y la heterogeneidad de los suelos, la mayoría susceptibles a la erosión.

3.- CLASES DE EROSION HIDRICA

Según la forma como el agua actúa en el suelo hay tres clases de erosión hídrica.

3.1 EROSION PLUVIAL

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

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

El efecto de las gotas de lluvia se puede observar en la salpicadura del follaje más bajo, y en la formación de costras cuando se seca el suelo.

3.2 EROSION POR ESCURRIMIENTO

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

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

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

3.2.2 Erosión laminar.- (escurrimiento difuso intenso) es el arrastre uniforme y casi imper-

ceptible de delgadas capas de suelo por mantos de agua. A veces se forman redes de pequeños surquillos por las rugosidades de la superficie, que cambian su curso y su forma durante el aguacero. Es común aún en suelos resistentes a la erosión.

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

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

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

3.2.5 Erosión regresiva o remontante.- Una vez formados los surcos, las cárcavas y derrumbes, la concentración del agua que escurre por ellos hace retroceder las entalladuras, aumentando su tamaño y longitud (hacia arriba) hasta llegar en ocasiones a la cima de las laderas.

3.2.6 Terracetas (patas de vaca).- Son los caminos en zig-zag dejados en los potreros por el paso continuo del ganado (sobrepastoreo). El peso de los animales compacta el suelo, destruye la cobertura vegetal y origina a menudo calvas, surcos y cárcavas.

3.3 REMOCION EN MASA

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

Las principales formas en que se presenta este fenómeno son:

3.3.1 Deslizamientos.- Son movimientos de suelo en masa, rápidos, que ocurren por saturación y aumento del peso de la masa. El agua infiltrada encuentra capas inferiores de texturas más finas o impermeables, que facilitan el deslizamiento de la capa superior del suelo por lubricación y gravedad. Se favorecen cuando se destruye la vegetación y se propicia la infiltración. Se pueden observar masas removidas que conservan su cubierta superficial sin dañarse.

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

Este tipo de remoción es muy frecuente en terrenos pendientes de la zona cafetera, y en las carreteras y ríos, debido al desbalance de las laderas por socavamientos en su base.

Tanto los deslizamientos como los derrumbes

pueden originarse por problemas de soliflucción.

3.3.3 Coladas de barro.- Son remociones de flujo rápido en forma de lodo, ocasionadas por sobresaturación de la capa superior de los suelos delgados, que sobrepasa el límite de liquidez en terrenos muy pendientes. El sobrepeso de árboles, animales y construcciones y los focos de infiltración, favorecen la formación de coladas.

Se llaman golpes de cuchara cuando son estrechas y delgadas, y dejan una cicatriz superficial semejante a una cuchara; se presentan aún en suelos con vegetación nativa, pero delgados y pendientes.

3.3.4 Soliflucción.- Es un movimiento lento y progresivo de suelos que han alcanzado el límite de liquidez, y que descansan sobre materiales arcillosos o rocas de baja permeabilidad, con planos favorables de deslizamiento, o sobre zonas con materiales metamórficos en estado avanzado de meteorización. En algunos textos de mecánica de suelos, se emplea el término "reptación" como sinónimo de soliflucción.

Los problemas de soliflucción son ocasionados por aguas internas provenientes de infiltración o corrientes subterráneas. Se notan por la presencia de postes o árboles inclinados, y hundimientos suaves que forman

terrazas que avanzan varios centímetros por año. No siempre se rompe la cubierta vegetal, permitiendo el cultivo, pero se pueden agravar hasta destruir terrenos, construcciones y carreteras.

Si se propician los socavamientos, se agrava el problema presentándose desplomes, hundimientos, deslizamientos o derrumbes. Estos problemas pueden acelerarse con la construcción de carreteras, de estructuras pesadas y torres de transmisión de energía; también, se propician con infiltraciones por roturaciones del terreno, ahoyamientos, etc.

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

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

4.- GRADOS DE EROSION

Es necesario evaluar la erosión, con el fin de determinar los daños causados por ella y los costos y beneficios de las prácticas de conservación o control. Al calificar un problema, se debe determinar su dinámica, o sea la veloci-

dad y tendencia de evolución del fenómeno erosivo y el área que afecta.

Hay diferentes calificaciones y número de grados, según la utilización que se le vaya a dar a un reconocimiento.

TABLA 3.1.-GRADOS DE EROSION SEGUN SU INTENSIDAD

GRADO DE EROSION HIDRICA	PROCESOS QUE OCURREN
<p>1.- No Hay</p> <p>No se aprecia pérdida de suelo por arrastre superficial.</p>	<p>Solifluxión. Hundimientos.</p>
<p>2.-Erosión Ligera</p> <p>La capa arable, cuando existe, se adelgaza uniformemente. No se aprecian huellas visibles de erosión.</p> <p>La erosión laminar se presenta en menos del 25% del área del lote</p>	<p>Erosión laminar. Erosión pluvial.</p>
<p>3.-Erosión Moderada</p> <p>La capa arable ha perdido espesor. Se aprecian surquillos. Se presenta entre el 25 y 75 % del área del lote.</p>	<p>Erosión laminar severa. Solifluxión con pequeños hundimientos en semicírculo Terracetas.</p>
<p>4.-Erosión Severa</p> <p>Pérdida casi total del horizonte orgánico. Se presentan surcos frecuentes y cárcavas aisladas. Ocurre en más del 75% del área del lote.</p>	<p>Erosión combinada (laminar, surcos, cárcavas). Coladas de barro. Deslizamientos y derrumbes.</p>
<p>5.-Erosión muy severa</p> <p>Cárcavas en una red densa. Paisaje sin vegetación (eriales, Badlands), derrumbes, deslizamientos, coladas de barro, frecuentes y grandes.</p>	<p>Erosión en cárcavas. Remociones masales.</p>

Adaptado del servicio de reconocimiento de suelos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

En la tabla 3.1, adaptada del U.S. Soil Survey Manual, se dan cinco grados, de acuerdo con la intensidad de la erosión. La calificación no siempre indica la justifica-

ción económica y social de programas de conservación, ya que puede haber problemas geológicos que sólo con el tiempo y la acción de agentes naturales podrían corregirse.

5.- FACTORES QUE FAVORECEN LA EROSION

Son múltiples los factores que favorecen e incrementan la erosión en los suelos agrícolas, forestales y de pastos. Sin embargo, puede afirmarse que el hombre es el principal factor, al alterar las condiciones ecológicas del lugar ya sea por necesidad, por ignorancia, o por aplicar técnicas inadecuadas en el uso de los recursos naturales renovables (figura 3.1).

Los factores que favorecen la erosión hídrica son: las lluvias (frecuencia e intensidad), el suelo, la pendiente (grado y longitud), el tipo de vegetación y el uso y manejo de los terrenos.

5.1 EL HOMBRE

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

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

Aunque el agricultor se da cuenta de los descensos en la producción debidos en parte a

la erosión y del deterioro de su finca, desconoce las causas del problema y sus funestas consecuencias con el tiempo. Por no apreciar resultados benéficos de inmediato, continúa sus prácticas y no se decide a establecer sistemas conservacionistas.

La adopción de prácticas de conservación de suelos también es impedida, a veces, por la necesidad de solucionar otros problemas más vitales del agricultor y su familia.

Existe un alto grado de prevención por parte de algunos agricultores hacia determinadas prácticas conservacionistas que han resultado negativas, debido a que se ha "masificado" su aplicación indiscriminadamente, con resultados a veces contraproducentes.

En muchos casos, el ausentismo y el poco interés de los propietarios, el desconocimiento sobre la vocación de uso de los suelos, y la falta de conciencia de que el suelo es un patrimonio social, limita las campañas.

Los aparceros, amedieros, arrendatarios, entre otros, no están interesados en la ejecución de algunas prácticas de conservación, aun cuando estén convencidos de sus beneficios. La presión de la población y la demanda de alimentos y tierras pueden ser factores críticos en una campaña de conservación. Por ejemplo, en tiempos de escasez de alimentos, los inviernos e inundaciones graves presionan el uso de tierras muy pendientes en cultivos limpios, produciéndose una fuerte erosión.

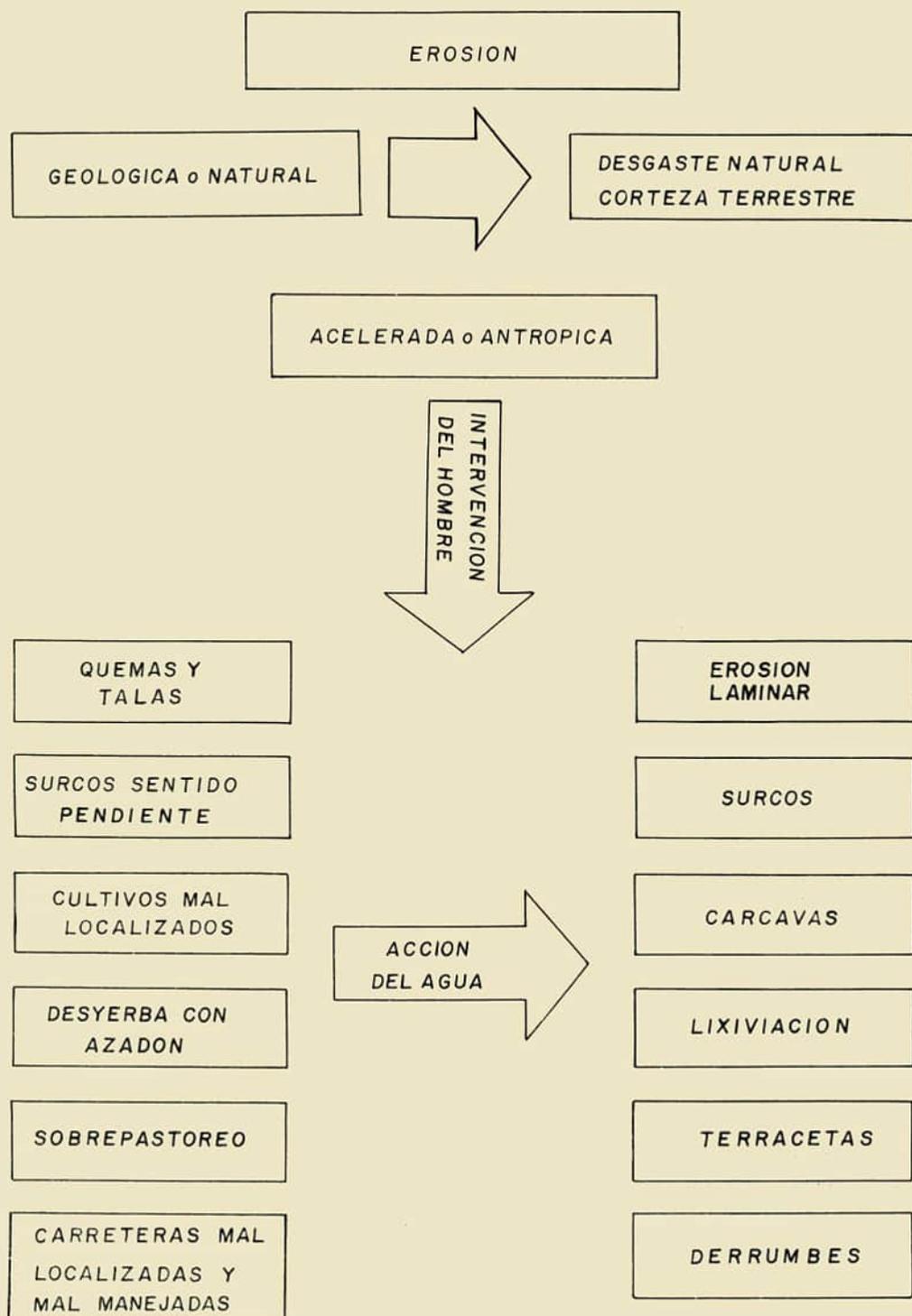


FIGURA 3.1.- FACTORES Y EFECTOS DE LA EROSION DE LOS SUELOS.-

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

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

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

La estructura minifundista limita la acción de campañas conservacionistas, pues la comunidad generalmente no dispone de los recursos económicos necesarios para este tipo de inversiones. En ocasiones, la comunidad no está formada para solucionar sus problemas integralmente. Esto se hace aún más crítico cuando se trata de obras de ingeniería de beneficio común.

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

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

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

5.2 TIPO DE SUELO

Cada tipo de suelo tiene un comportamiento agronómico diferente y requiere un uso racional y un manejo adecuado para su conservación.

La meteorización produce efectos que preparan las rocas y a los suelos para la erosión mediante su fragmentación o descomposición del substrato. La zona donde actúan estos procesos se llama zona de "alteritas". El material de origen de los suelos es una base para clasificarlos por grados de resistencia que ofrecen a la erosión: por ejemplo, entre los suelos de la zona cafetera la unidad Fresno (cenizas volcánicas) es la más resistente a la erosión, la unidad Chinchiná (cenizas volcánicas) le sigue en resistencia; la unidad Malabar (cenizas volcánicas) es de mediana resistencia; la unidad Catarina (esquistos pizarrosos) es susceptible, y las unidades originadas de los esquistos pizarrosos de la formación geológica "piso de Villeta" son muy susceptibles a la erosión.

5.3 PENDIENTE

La pendiente tiene dos factores principales que influyen en la erosión: la inclinación (grado) y la longitud. A medida que aumenta la inclinación, crece el peligro de erosión, porque el agua corre más rápidamente por la superficie y disminuye el tiempo para infiltrarse. La longitud de la pendiente influye en

la velocidad, energía y volumen del agua de escorrentía, lo cual aumenta su poder erosivo a medida que aumenta la longitud. Ya que la inclinación de un terreno no se puede variar fácilmente, muchas de las prácticas de conservación buscan disminuir el volumen y la energía del agua de escorrentía, cortando la longitud de la pendiente, o dividiéndola con zanjillas, acequias y canales.

Grado de pendiente. Es la diferencia de altura que hay entre dos puntos y se expresa en porcentaje de la distancia horizontal o a nivel, que los separa (figura 3.2).

El efecto de la pendiente en la pérdida de suelo por escorrentía se presenta en la figura 3.3.

Smith y Wischmeier estudiaron la relación entre la longitud de la pendiente, y la velocidad, la energía del agua de escorrentía y la pérdida de suelo. De sus ensayos, dedujeron que al aumentar cuatro veces la longitud de la pendiente, se duplica la velocidad del agua, su fuerza erosiva aumenta cuatro veces, y la cantidad de material arrastrado aumenta 32 veces. Por el contrario, si se corta una pendiente en cuatro, disminuye la erosión 32 veces.

5.4 USO Y MANEJO DEL SUELO

El tipo de cultivo, su localización y manejo, son factores que influyen en la conservación de los suelos.

El uso y el manejo de los suelos juegan un papel importante en la erosión, ya que si se hacen técnicamente constituyen factores temperantes de la misma, amortiguando el efecto de los factores activos.

Hay cultivos que son exigentes en desyerbas y labores, por lo cual ofrecen poca protección al suelo. También hay cultivos que permiten una conservación mayor de cobertura y mulch como los de semibosque, y otros que ofrecen alta protección como los pastos y bosques. En la tabla 3.2 se presenta el efecto del tipo de cultivo sobre la erosión, en terrenos de igual suelo y pendiente, durante el primer año de establecimiento que es el período más crítico, ya que se requieren labores culturales muy frecuentes.

Para localizar un cultivo deben tenerse en cuenta los factores de pendiente (grado y longitud), tipo de suelo (estabilidad) y lluvias (frecuencia e intensidad), en tal forma que ofrezcan el menor peligro de erosión.

En el manejo del suelo, las labores y su frecuencia, las herramientas que se utilicen y la profundidad a que se realicen, influyen en la escorrentía y la infiltración. El uso de azadón puede promover la infiltración y disminuir la escorrentía, pero como remueve y desmorona el suelo, éste queda en condiciones de ser arrastrado fácilmente por el agua.

El uso continuo de herbicidas impide el crecimiento de coberturas y los suelos se compactan, la infiltración es mínima y aumenta el peligro de erosión por el alto volumen de escorrentía.

El efecto del uso reiterado de azadón y herbicidas, comparado con la desyerba con machete, se muestra en la tabla 3.3.

5.5 QUEMAS

El fuego ha sido una práctica tradicional de

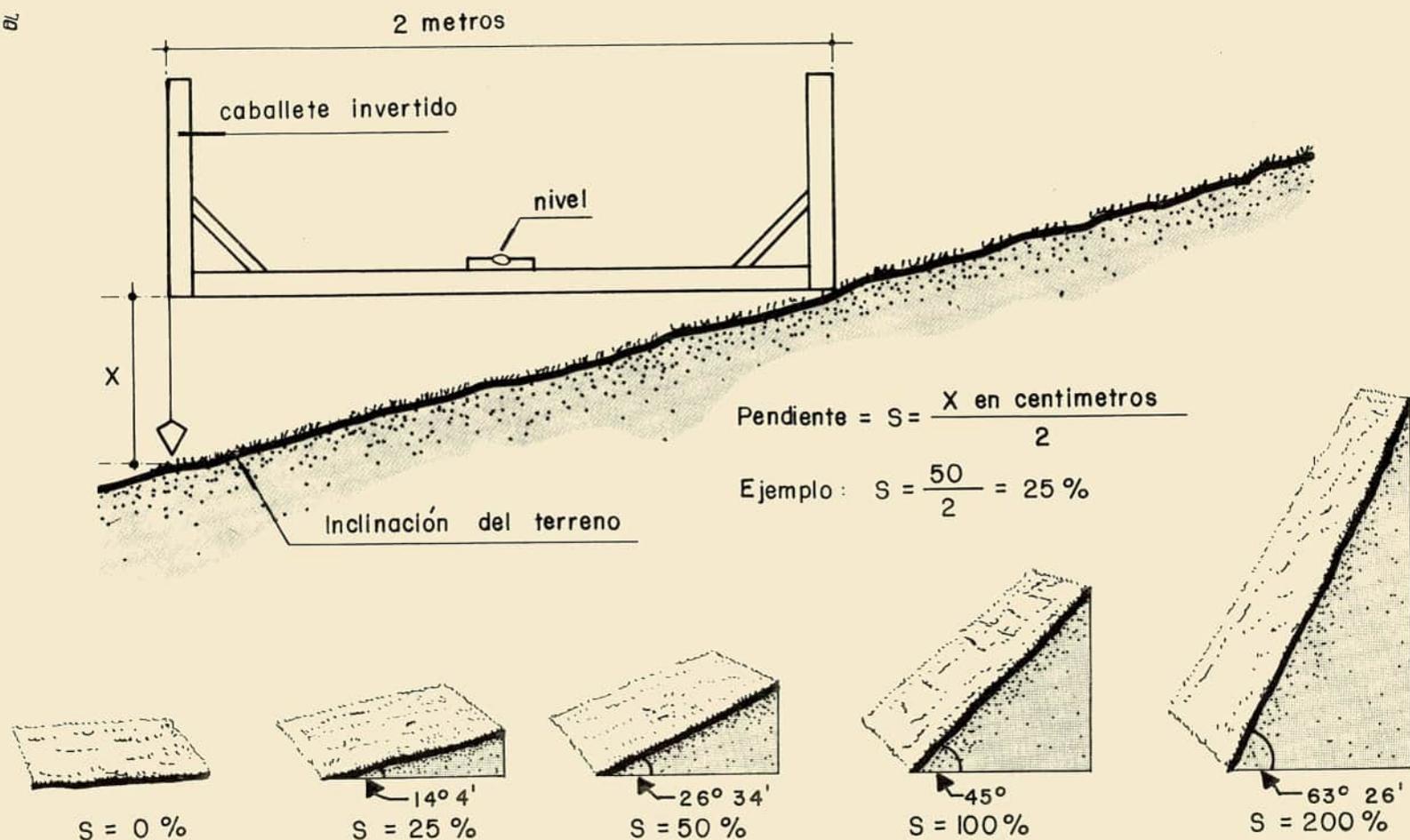


FIGURA 3.2.- MEDICION DE LA PENDIENTE CON UN CABALLETE DE 2 METROS. CORTE DE DIFERENTES GRADOS DE PENDIENTE

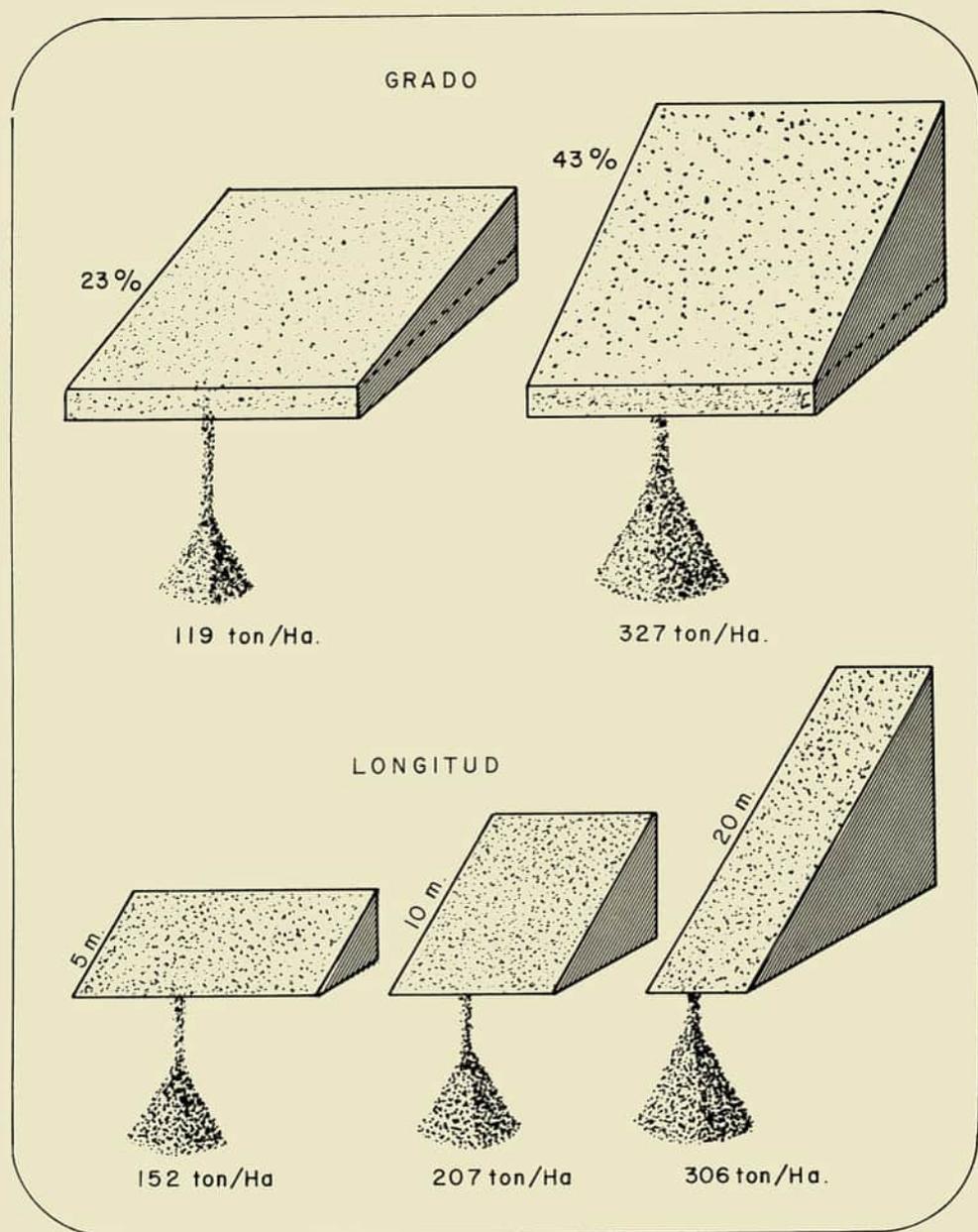


FIGURA 3.3.- EFECTOS DE LA PENDIENTE EN LA PERDIDA DE SUELO POR ESCORRENTIA EN LOTES DE IGUAL AREA CON SUELOS COLUVIALES (CENICAFE 1949-1956). Precipitación promedio anual- 2.701 mm.-

TABLA 3.2. - PERDIDA DE SUELO EN LOS PRIMEROS 14 MESES DE DIFERENTES CULTIVOS EN PREDIOS DE ESCORRENTIA DE 60% DE PENDIENTE Y SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINA. CENICAFE, 1972 - 1973. Precipitación anual promedio, 2.692 mm.

CULTIVO	SUELO PERDIDO Kg/Ha.	INDICE RELATIVO EROSION	OBSERVACIONES
Café 1 x 1 m al sol. Primer año desyerba con azadón cada dos meses	6.818	10,9	EL 52% de la pérdida total de suelo, se presentó los días 5 y 6 de diciembre /73 que fueron muy lluviosos. *
Yuca 1 x 1 m. Desyerba con azadón cada 2 meses	8.053	12,8	Se cosechó en el mes de noviembre. En 5 días de este mes se presentó el 39% de pérdida total de suelo. Los días 5, 6 y 7 de diciembre se presentó el 43% de las pérdidas.
Caña (surcos en contorno)	712	1,1	Los días 5 y 6 de diciembre se presentó el 16% de las pérdidas.*
Piña (surcos dobles a nivel) 3 Desyerbas con azadón luego, selectiva	1.185	1,8	Los días 5 y 6 de diciembre se presentó el 3% de las pérdidas. Baja la calidad cuando se deja cobertura
Pasto Micay corte cada 40 días	627	1,0	Los días 5 y 6 de diciembre se presentó el 50% de las pérdidas.*

* En noviembre /73 no se efectuó ninguna labor cultural.

Gómez, A. Pérdidas de Suelo por Erosión en Café y otros cultivos. Archivo Sección de Conservación de Suelos. Cenicafe, Chinchiná (Colombia), 1974.

limpieza, especialmente en el establecimiento de cultivos y praderas a partir de bosques.

En general, esta costumbre es considerada útil por los agricultores debido a los buenos resultados aparentes, ya que facilita y rebaja los costos de la limpieza, y puede aumentar en algunos casos la fertilidad de suelos pobres y erosionados, por el aporte de cenizas ricas en Ca, Mg, K y Na. Las quemas pueden producir buenas cosechas iniciales sin aplicación de fertilizantes, pero en suelos fértiles esta aparente ventaja no se nota.

Cenicafé realizó varios ensayos en diferentes suelos, con el fin de observar el efecto de las quemas en su erosión y fertilidad, y en la producción de maíz. Las conclusiones de los experimentos fueron las siguientes:

- La escorrentía aumentó con las quemas en todos los ensayos.

- Las pérdidas de suelo por erosión fueron mayores en los terrenos quemados, debido a su efecto sobre la estabilidad de los agregados.
- Hubo pérdidas de elementos nutritivos debido a la erosión.
- Las quemas influyeron en la composición química del suelo, ya que las cenizas aportaron bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na) que aumentaron el pH.
- Las quemas incrementaron la producción de maíz en suelos pobres.

Sin embargo, mayores rendimientos económicos se hubieran podido obtener en estos suelos con aplicación de fertilizantes y sin el peligro de la erosión.

5.6 LLUVIAS

Las lluvias ejercen un efecto mecánico sobre

TABLA 3.3. - PERDIDAS COMPARATIVAS DE SUELO DURANTE 2,5 AÑOS EN CULTIVOS DE BORBON AL SOL, DESYERBADOS POR METODOS DIFERENTES, SEMBRADOS EN SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINA CON 60% DE PENDIENTE. CENICAFE 1968-1970. Precipitación anual promedio 2.409 mm.

TRATAMIENTO	PERDIDA TOTAL DE SUELO Kg/Ha.	INDICE RELATIVO	PERDIDA PROMEDIA Kg/Ha-año
Azadón	6.925,95	51,96	2.770,38
Machete	133,27	1,00	53,31
Herbicida	16.149,26	121,17	6459,70

Uribe, A. *Métodos comparativos de desyerbas en cafetales al sol.* Archivo - Sección Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1970.

los agregados del suelo debido al impacto de las gotas que desprenden las partículas y así son arrastrados fácilmente por el agua de escorrentía.

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

5.6.1 Intensidad.- Es la cantidad de lluvia (en mm de altura) caída en un determinado tiempo. Cuando la intensidad de un aguacero sobrepasa la velocidad de infiltración del agua en el suelo, se presenta la escorrentía; ésta aumenta con el grado de humedad del suelo, el cual está determinado por la frecuencia y cantidad de lluvias anteriores. El efecto de la intensidad se puede observar en la tabla 3.4.

5.6.2 Frecuencia.- Es el tiempo transcurrido entre los aguaceros. Si los intervalos entre las lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas y se aumenta la posibilidad de que se origine escorrentía, aún con lluvias de baja intensidad. Si por el contrario son largos los períodos entre lluvias, el suelo estará seco y no habrá escorrentía con aguaceros de baja intensidad (tabla 3.5).

5.6.3 Potencialidad erosiva de las gotas de lluvia.- En Cenicafe se realizó un experimento con el objeto de observar el poder erosivo de las gotas de lluvia al aire libre y en un cafetal con sombrío, y determinar la acción defensiva del sombrío por intercepción directa de las gotas de lluvia (acción de paraguas). El citado experimento mostró que:

- La fuerza con que las gotas de lluvia golpean el suelo fué mayor dentro del cafetal que al aire libre.
- La pretendida acción defensiva del som-

brío por intercepción directa de las gotas de lluvia no existe, ya que las gotas que son interceptadas, caen después y alcanzan de nuevo su velocidad máxima.

Laws encontró que al caer una gota entre 2,2 y 7,8 metros de altura, adquiere el 95 o/o de su velocidad máxima. El tamaño de las gotas aumenta en el follaje por la unión de dos o más de ellas, siendo mayor su velocidad y energía que gotas normales. La mayoría de las plantas utilizadas como sombrío tienen alturas superiores a 2,00 metros.

El efecto protector del sombrío del cafeto debe explicarse, especialmente, por la formación de un colchón protector de residuos sobre el suelo (mulch).

5.7 VEGETACION

La vegetación tiene una gran importancia en la defensa contra la erosión, porque amortigua el golpe de las gotas de lluvia, forma hojarasca y raicillas que disminuyen la velocidad y fuerza del agua, retienen y amarran el suelo, y aportan materia orgánica.

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

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

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

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

TABLA 3.4.- EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN LA EROSION EN UN SUELO COLUVIAL . GENICAFE .

LLUVIA TOTAL MILIMETROS	INTENSIDAD MAXIMA MILIMETROS EN 5 MINUTOS	EROSION EN TONELAS POR HECTAREA
20,6	7,9	7,35
21,4	5,0	1,74
21,8	2,2	0,47
22,0	1,0	0,06

Suárez, F y Rodríguez, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1962. 473 p.

TABLA 3.5.- EFECTO DE LA FRECUENCIA DE LA LLUVIA EN LA EROSION EN UN SUELO COLUVIAL . GENICAFE .

TIEMPO DE LA SEGUNDA LLUVIA	CANTIDAD DE LA SEGUNDA LLUVIA	INTENSIDAD MAXIMA EN 5 MINUTOS	EROSION Kg /Ha.
2 días	12,6 mm	2,2 mm	395
17 días	17,8 mm	3,0 mm	2

Suárez, F. y Rodríguez, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1962. 473 p.

sarrollados; las leguminosas de grano (fríjol, garbanzo, arveja, etc.) ofrecen escasa protección por ser cultivos poco densos.

El sombrío en cultivos permanentes (café, cacao) proporciona hojarasca y mulch que disminuye la velocidad del agua de escorrentía favoreciendo la infiltración y retención del agua.

Los árboles frutales (cítricos, viñedos, etc.) contra lo que algunos suponen, ofrecen poca protección al terreno, porque se siembran muy separados y no cubren bien el suelo, y exigen que éste se mantenga libre de malezas, y sus raíces, por lo profundas, no pueden

retener la capa superficial del terreno. De ahí que en esta clase de cultivos sea importante el mantenimiento de coberturas en las calles. Cuanto más fértil sea el suelo y cuanto más materia orgánica y abonos se le aporten, las cosechas crecerán más vigorosas y frondosas y ofrecerán mejor protección contra la erosión. Por eso, si la defensa contra la erosión aumenta la fertilidad del suelo, en correspondencia, todo cuanto se haga para aumentar por otros medios la fertilidad, contribuirá a defender el suelo contra la erosión.

En la figura 3.4 se resumen las relaciones entre el uso y manejo de los suelos y los factores de erosión.

6.- DAÑOS CAUSADOS POR LA EROSION

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

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

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

6.1 DAÑOS DIRECTOS

Son los que se manifiestan visiblemente en

una finca y que pueden ocurrir aún por la acción de un sólo aguacero fuerte.

Entre los principales daños directos están:

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

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

6.1.3 *Pérdida de suelo.*- En suelos desprotegidos, con estructura débil y estabilidad baja, ocurren las mayores pérdidas de suelo por acción de las lluvias. Aunque la velocidad de la escorrentía sea muy baja, hay pérdida de partículas finas (limos, arcillas). Así, los suelos se empobrecen y tienden a convertirse en

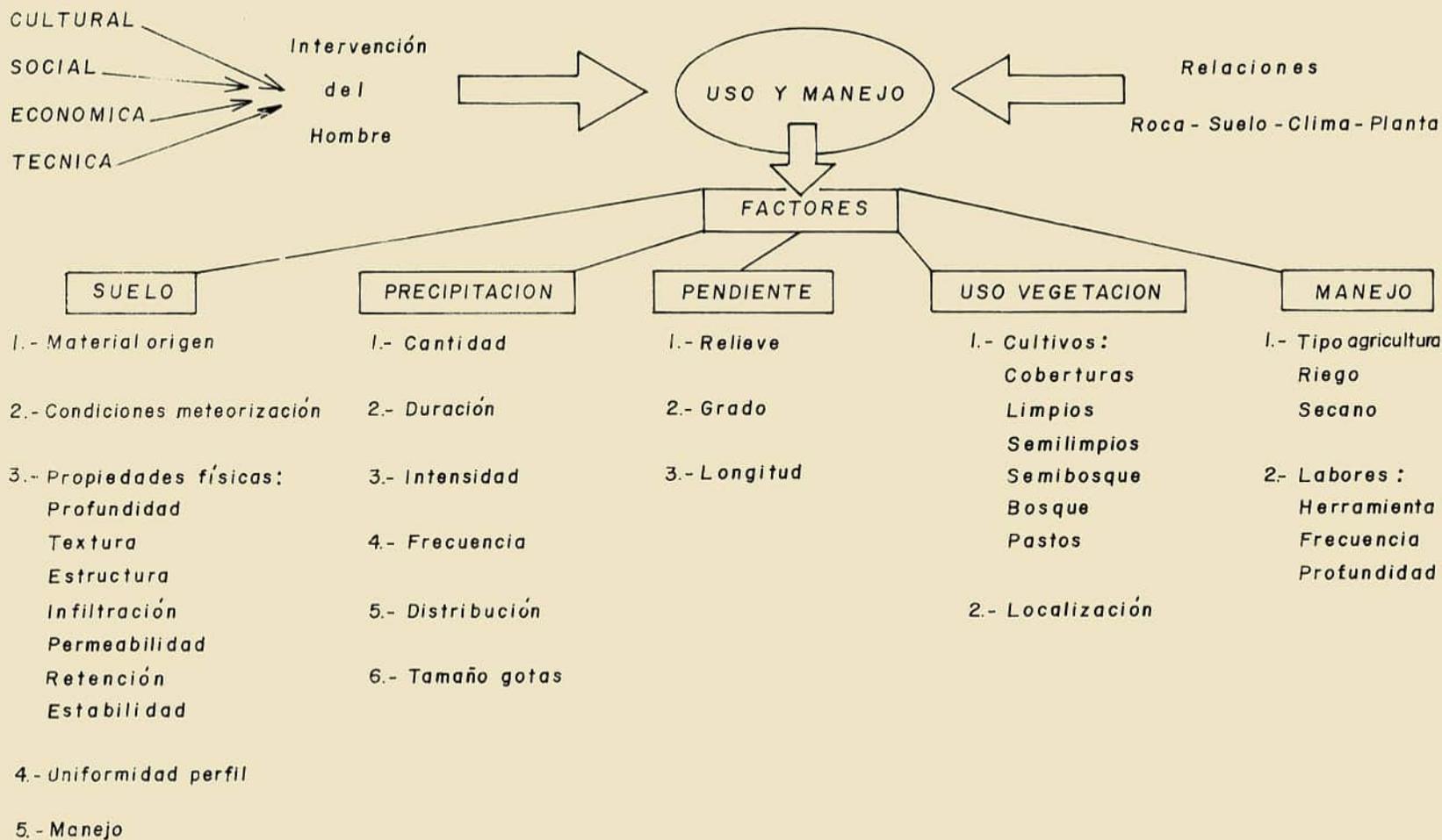


FIGURA 3.4.- RELACION ENTRE EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS Y LOS FACTORES DE EROSION .

campos de arena, grava o subsuelo improductivo. En las zonas de sedimentación se acumulan arcillas, que limitan la profundidad efectiva de los suelos.

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

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

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

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

6.2 DAÑOS INDIRECTOS

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

Los principales problemas ocasionados por

este desequilibrio hidrológico son:

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

Todos estos daños causan innumerables perjuicios a la actividad económica y social de las comunidades, al transporte y a los suministros de agua y energía, y ocasionan enormes gastos en la reparación y mantenimiento de estructuras.

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

6.3 PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD

La pérdida de productividad de los suelos como consecuencia de la erosión, puede ocurrir principalmente por arrastre o por

TABLA 3.6.- PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELO Y ELEMENTOS NUTRITIVOS CAUSADOS POR LA ESCORRENTIA EN SUELOS COLUVIALES, CON 45% DE PENDIENTE Y DIFERENTES MANEJOS (Cenicafé 1949-1956). Precipitación promedio anual 2.701,5 mm.

TRATAMIENTO	SUELO NITROGENO					
	PERDIDO Kg/Ha	TOTAL Kg/Ha	FOSFORO Kg/Ha	POTASIO Kg/Ha	CALCIO Kg/Ha	MAGNESIO Kg/Ha
Suelo desnudo (Azadón)	31.200	25,24	0,98	24,03	238,63	151,66
Potrero Micay	250	6,58	0,15	5,58	24,83	26,39
Cafetal joven Sombrío denso Desyerba azadón	4.760	8,57	0,06	2,14	4,71	5,09
Cafetal joven Sombrío denso Cobertura añil Desyerba machete	560	2,21	0,08	2,35	5,33	4,90

Suárez, F. y Rodríguez, A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1962. 473 p.

TABLA 3.7. - PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELO Y ELEMENTOS NUTRITIVOS CAUSADOS POR LA ESCORRENTIA EN SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINA CON CULTIVOS DE CAFE BORBON AL SOL EN PENDIENTE DEL 60%. CENICAFE 1956-1965 Precipitación anual promedio 2.618,7 mm.

TRATAMIENTO	SUELO PERDIDO Kg/Ha	NITROGENO TOTAL Kg/Ha	FOSFORO Kg/Ha	POTASIO Kg/Ha	CALCIO Kg/Ha	MAGNESIO Kg/Ha.
Suelo desnudo (Desyerba azadón)	4.349	15,73	0,35	10,89	7,45	2,32
Barreras vivas(a 3 m.)suelo desnudo (Desyerba azadón)	1.664	13,68	0,33	11,64	8,74	2,60
Añil Brasileiro Cobertura (No compite)	683	8,14	0,22	5,59	6,83	1,74
Añil Rastrero Cobertura (No compite)	348	4,04	0,19	3,67	3,31	0,88
Pasto Micay Cobertura Compite con café	326	4,28	0,26	5,44	3,70	0,12

Uribe, A. Conservación de suelos en plantaciones de café sin sombra. Cenicafé (Colombia), 17 (1): 17-29. 1966.

lixiviación de elementos nutritivos, y por disminución del espesor de la capa superficial del terreno.

6.3.1 *Pérdida por escorrentía.*- La escorrentía arrastra generalmente gran cantidad de nutrientes minerales del suelo.

También pueden perderse los fertilizantes aplicados, debido a su alta solubilidad (como los nitratos), o por arrastre directo como ocurre con los superfosfatos.

En las tablas 3.6 y 3.7 se presenta la cantidad de suelo perdido por escorrentía, en experimentos realizados por Cenicafé durante varios

años. Por análisis de laboratorio de los sedimentos, se determinó su contenido de nutrientes. En la tabla 3.7 se observa que muchas veces la pérdida de elementos nutritivos no está relacionada con la pérdida total de suelo, pues en los tratamientos que producen más erosión es posible que se haya perdido inicialmente la mayor parte del contenido de elementos nutritivos y el arrastre posterior sea de partículas menos fértiles.

6.3.2 *Pérdidas por lixiviación.*- Debido a la solubilidad de los nutrientes minerales, tanto naturales como aplicados, es frecuente la pérdida de ellos por lixiviación. Este lavado hacia las capas inferiores está relacionado

TABLA 3.8. - PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE NUTRIENTES POR LIXIVIACIÓN EN SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINA EN LISIMETROS MONOLITICOS CENICAFE 1952 - 1955. Precipitación anual promedio 2751.95 mm.

TRATAMIENTO	NITROGENO				
	MINERAL Kg/Ha	FOSFORO Kg/Ha	POTASIO Kg/Ha	CALCIO Kg/Ha	MAGNESIO Kg/Ha
Suelo desnudo	361,88	0,29	235,21	983,20	268,61
Mulch	305,05	0,15	190,75	760,21	212,50
Añil rastrero	76,32	0,11	114,52	710,70	208,06

Suárez, F y Rodríguez, A. Movimiento del agua en el suelo (estudio de lisímetros monolíticos). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín Técnico 2 (19) : 1-18. 1958.

con la permeabilidad de los suelos y se ve favorecido por la destrucción de las coberturas vegetales.

El mulch y las raicillas de las plantas ofrecen un amarre de las partículas de suelo que disminuyen la posibilidad de lavar los nutrientes minerales.

Para medir la pérdida de elementos nutritivos por lixiviación, se realizó un experimento en Cenicafé, con lisímetros monolíticos, y por análisis de las aguas de percolación recogidas, se obtuvieron los contenidos de los elementos principales. Los resultados se presentan en la tabla 3.8.

6.3.3 Pérdidas de espesor del suelo.- Además de la pérdida de partículas nutritivas, la erosión por escorrentía disminuye el espesor de la capa superficial, y en ocasiones ésta desaparece totalmente aflorando el subsuelo o la roca.

La disminución de la profundidad efectiva del suelo ocasiona una pérdida de productividad, ya que las plantas tienen que crecer en horizontes cada vez más angostos, con menos espacio para las raíces, y en condiciones físicas y de fertilidad desfavorables.

En la tabla 3.9 se observa el efecto de la pérdida de suelo y grado de erosión en la producción de maíz.

En la tabla 3.10 se presentan los índices relativos de pérdidas de suelo de diferentes cultivos, obtenidos en experimentos de Cenicafé en suelos resistentes a la erosión.

En la figura 3.5 se aprecia la influencia del espesor de la capa superficial en la producción de diferentes cultivos, según los resultados de experimentos realizados en los Estados Unidos durante 15 años.

TABLA 3.9 .- PRODUCCION RELATIVA DE MAIZ COSECHADO EN SUELOS _
CON DIFERENTE GRADO DE EROSION EN ENSAYO REALIZADO EN CENICAFE .

GRADO DE EROSION	PRODUCCION RELATIVA %
Levemente erodado	100,0
Severamente erodado	26,7

Suárez, F. *Influencia de las pérdidas de suelo en el rendimiento de las cosechas.* Archivo Sección Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná - (Colombia) 1951.

TABLA 3.10.- PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELOS EN CAFE Y OTROS CULTIVOS SEMBRADOS EN SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHILNA CON PENDIENTES VARIABLES 10-70 % CENICAFE 1951 1968 Precipitación anual promedio 2.521 mm.

TRATAMIENTO	PENDIENTE %	SUELO PERDIDO Kg/Ha -año	INDICE RELATIVO EROSION %
Café al sol Fajas dobles (1,00 x 1,00 x 3,00 m) Desyerba azadón Renovación total (Socas)	70	4.882	100
Café consombrío Desyerba a machete	10-60	2.170	44,4
Maíz y yuca Desyerba azadón Barreras vivas vetiver (cada 3,00 m).	60	1.946	39,8
Café al sol Fajas dobles (0,80 x 0,80 x 3,00 m) Cobertura natural Desyerba machete Renovación total (Socas)	70	509	10,4
Café al sol Fajas dobles (1,00 x 1,00 x 3,00 m). Cobertura natural Desyerba machete Renovación parcial (Por terceras partes, socas).	60	483	9,9
Pastos Pastoreo moderado Ganado vacuno	60	285	5,8

Uribe, A. Erosión y conservación de suelos en café y otros cultivos. Cenicafé (Colombia), 22 (1): 1-17. 1971.

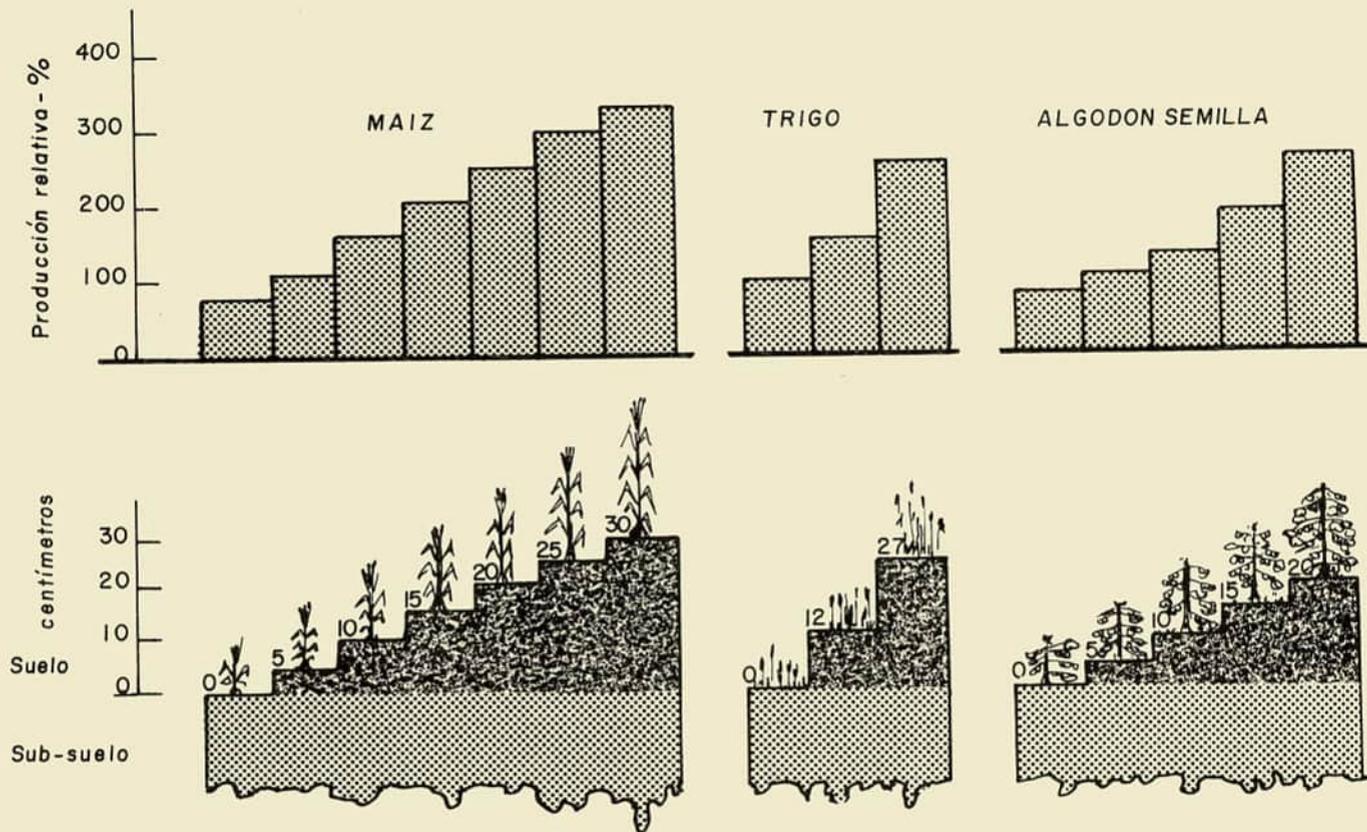


FIGURA 3.5.- PRODUCCION DE MAIZ, TRIGO Y ALGODON SEMBRADOS EN SUELOS CON DIFERENTES PROFUNDIDADES DE LA CAPA SUPERFICIAL.

Adaptado de Foster, A. B. Métodos aprobados en Conservación de Suelos. Centro Regional de Ayuda Técnica (A. I. D.), Mexico. Editorial F. Trillas, S. A., 1967. 411 p.

7.- INESTABILIDAD DE MASAS DE SUELOS

La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento, es lo que se llama su estabilidad. La inestabilidad se produce como resultado de la falla por esfuerzo cortante, en una serie de puntos que definen una superficie a lo largo de la cual se produce el movimiento. El desbalance de fuerzas estabilizadoras y los esfuerzos cortantes, hacen que se suceda o nó el movimiento de la masa.

Los factores que determinan la inestabilidad de muchas áreas agrícolas y urbanas de la zona cafetera de Colombia son de tipo geohidromórfico y obedecen a fenómenos naturales o artificiales.

Acción del agua: Las condiciones de exceso de humedad que registran la mayoría de los suelos cafeteros, obedecen principalmente al régimen de lluvias, (alta precipitación, frecuente e intensa); a la humedad ambiental; a la interferencia de drenes naturales, (relleno de cuencas para adecuación de terrenos, cortes transversales a la dirección de los cauces); deficiencia de los drenajes subterrá-

neos instalados. El relleno causa un taponamiento parcial del cauce al no permitir el flujo normal de las aguas de infiltración, produciéndose una sobresaturación del suelo (elevación del nivel freático, sobre cargas hidrostáticas que causa la inestabilidad de terrenos circundantes al alcanzar niveles críticos); cuando las obras para la colección y evacuación de aguas de escorrentía son inadecuadas, se presenta una divergencia de flujos que crea zonas de alta infiltración y sobresaturación.

Características geotécnicas de las áreas: Los índices de plasticidad y liquidez, la retención de humedad, el grado de infiltración y la relación entre las propiedades físicas del suelo y el subsuelo, el grado de consolidación y los esfuerzos y deformaciones que presentan los suelos y los materiales de origen de los mismos, influyen en la inestabilidad.

Forma y uso del suelo: Las condiciones topográficas y los usos de la tierra juegan papel importante en la inestabilidad del suelo.

BIBLIOGRAFIA

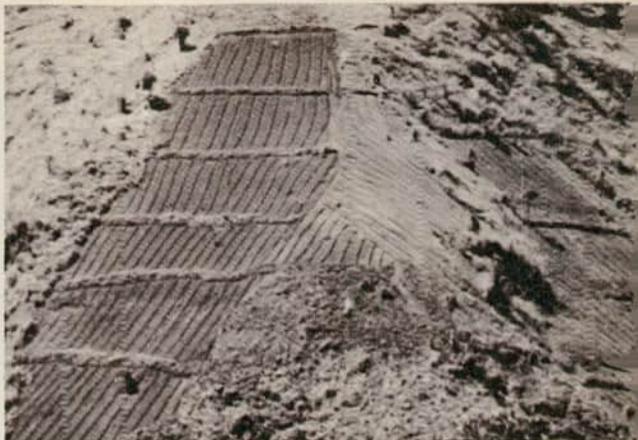
- 1.- FAO. La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 81, 1967. 207 p.
- 2.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del Cafetero Colombiano, Bogotá, Argra, 1958. 571 p.
- 3.- FOSTER, A. B. Métodos aprobados en conservación de suelos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.), 1967. 411 p.
- 4.- GOMEZ, A. Curso de Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p (mimeografiado).

- 5.- ——— La Erosión en Colombia. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 6 p (mimeografiado).
- 6.- GUTIERREZ T., E. Control de Erosión. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, Inderena, 1972. p 42-54 (mimeografiado).
- 7.- KHOBZI, J. Anotaciones sobre Geomorfología y Suelos. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, Inderena, 1972. p 72-79 (mimeografiado).
- 8.- KOHNKE, H. Soil Conservation. New York Mc. Graw, 1959. 298 p.
- 9.- LARSON, C. L. Erosión y Sedimentación en cuencas pequeñas. XIV Curso Interamericano sobre operación y conservación de sistemas de riego. Guamo (Colombia), 1973. 9 p (mimeografiado).
- 10.- LECARPENTIER, C. La geomorfología al servicio de la conservación de suelos en Colombia. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, Inderena, 1972. p 80-100 (mimeografiado).
- 11.- LOPEZ, R. y GOMEZ, A. Aspectos económicos y sociales de la erosión de los suelos en especial referencia a la zona cafetera colombiana. Sección de Investigaciones Económicas, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 50 p (mecanografiado).
- 12.- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Conservación del suelo y del agua. Dirección General de Investigaciones Agrícolas. Buenos Aires, Instituto de Suelos y Agrotecnia, 1957. 118 p.
- 13.- SECRETARIA DE AGRICULTURA. Manual de Conservación de Suelos. Servicio de Conservación de Suelos, Estados Unidos de América, Publicación TC-243, 1958. 332 p.
- 14.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. La Filosofía de la Conservación del Suelo. México, Dirección general de conservación del suelo y agua, Tomo I, 1962. 296 p.
- 15.- ——— La Filosofía de la Conservación del Suelo. México, Dirección general de conservación del suelo y agua, Tomo II, 1963. 436 p.
- 16.- SOCIEDAD AMERICANA DE CONSERVACION DE SUELOS. Glosario de Conservación de Suelos y Aguas (Inglés-Español). México, Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.), 1962. 219 p.
- 17.- SUAREZ DE C., F. y RODRIGUEZ, A. Investigaciones sobre la Erosión y la Conservación de los Suelos en Colombia. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1962. 473 p.
- 18.- SUAREZ DE C., F. Conservación de suelos. Barcelona, España, Salvat Editores S. A., 1956. 298 p.
- 19.- URIBE, A., SUAREZ DE C., F. y RODRIGUEZ, A. Efectos de las quemadas sobre la productividad de los suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia) 18(4): 116-135.
- 20.- VILLEGAS, J. G. Métodos para evaluar la erosión hídrica. Bogotá, Escuela de Postgrado ICA - Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Agrícola, 1970. 71 p (mimeografiado).

ALGUNAS CAUSAS DE LA EROSION



Talas rasas.



Surcos en sentido de la pendiente.



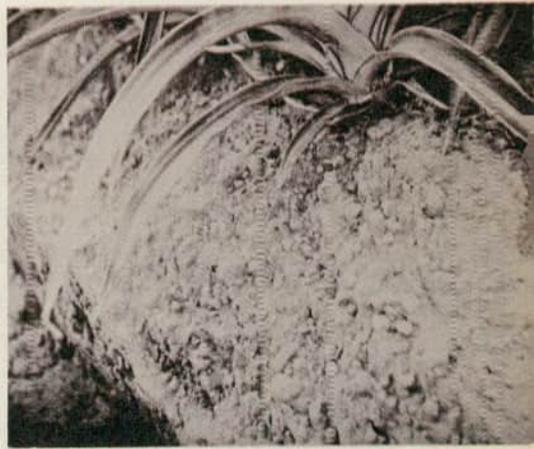
Surcos en sentido de la pendiente.



Desyerbas drásticas.



Cultivo mal localizado por suelo inestable.



Granulación por uso reiterado de herbicidas.

ALGUNAS FORMAS DE LA EROSION



Erosión geológica: relieve



Erosión pluvial : chapoteo



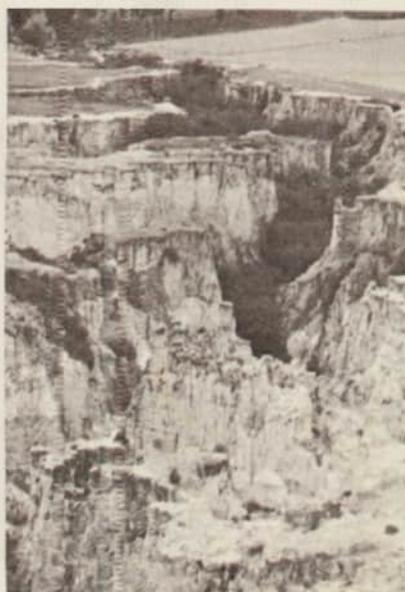
Erosión laminar : calvas



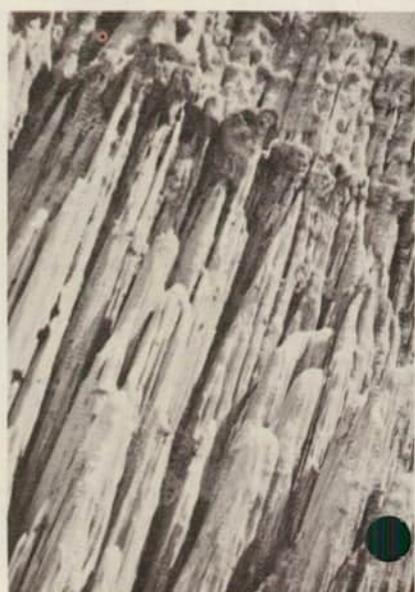
Erosión en surcos



Cárcava remontante



Cárcava profunda



Estoraques

REMOCIONES EN MASA



Sol:fluxión con deslizamiento



Negativo en carreteras



Coladas de barro



Hundimiento



Derrumbe por desplome

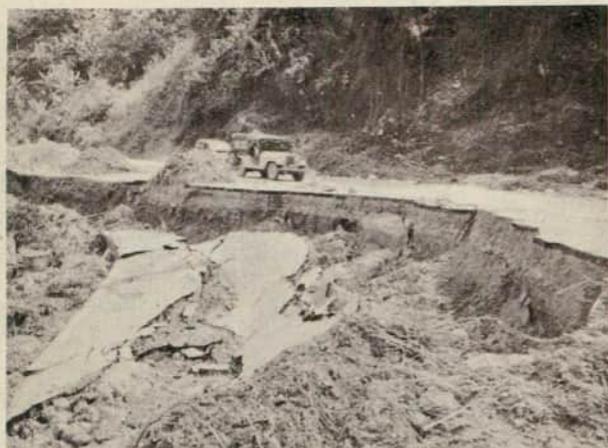


Derrumbe en toba

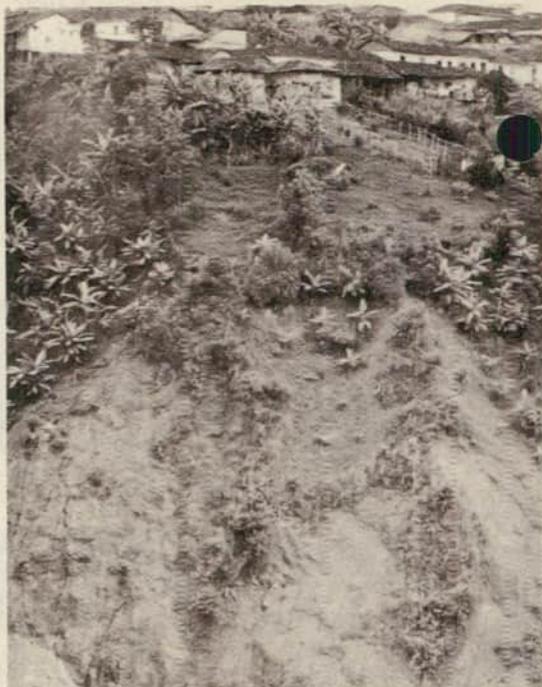


Derrumbe con deslizamiento

ALGUNOS EFECTOS DE LA EROSION



Negativo por infiltración no controlada



Derrumbe por infiltraciones y asentamientos mal localizados



Colmatación de embalses por sedimentos



Daños en construcción por soliflujión.



Deslizamiento por vía mal localizada

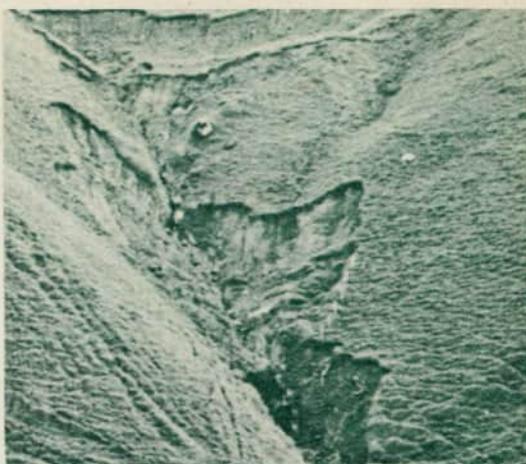


Deterioro de un talud por mal manejo.

EROSION EN POTREROS



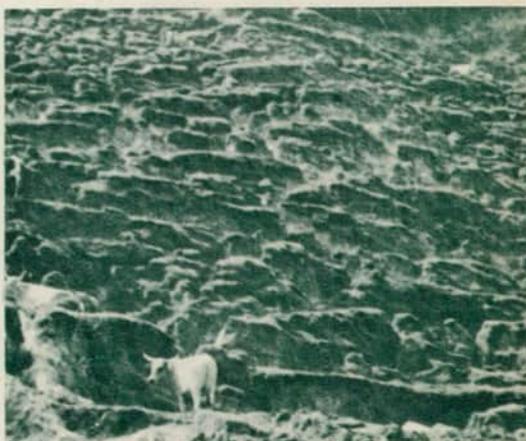
Calvas y surcos en suelo impermeable



Cárcava remontante en dren natural desprotegido



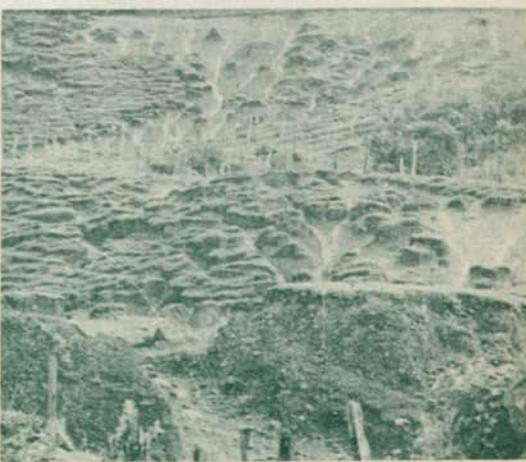
Calvas por sobrepastoreo



Terraceta por sobrepastoreo en zona húmeda.



Erosión en lupas en subsuelo arcilloso



Erial en zona de concentración de ganado.



PRACTICAS CULTURALES

IV DE CONSERVACION

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

La zona cafetera está localizada en su mayoría en terrenos pendientes de longitudes considerables y presenta cantidades, frecuencias e intensidades de lluvias que favorecen la erosión hídrica.

La conservación de los suelos y las aguas con estas características, requiere construir ciertas obras, aplicar ciertas restricciones en los cultivos, cambiar prácticas y herramientas de laboreo. Todo esto supone gastos naturalmente. Pero ello no debe ser obstáculo para la conservación de suelos, ya que toda obra o práctica que se realice debe ser remunerativa. Es decir, que tenga un beneficio económico, al aumentar o por lo menos al sostener la producción y evitar pérdidas. Para lograrlo, debe hacerse una explotación integral, con óptimas prácticas agronómicas y de manejo.

Teniendo conciencia de los daños directos que causa la erosión y del deterioro de la finca por cárcavas y derrumbes, no debe dudarse que los gastos que se hagan en la lucha contra la erosión se pagarán en muy corto plazo, quizá en el tiempo que se tarda en recoger una cosecha.

Otro tipo de prácticas busca mejorar las condiciones de producción y la resistencia de los suelos a la erosión. Por ejemplo: retener el agua en zonas secas, mejorar la estructura del suelo con materia orgánica, aumentar la cantidad y aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.

Finalmente, otras obras tienen por objeto la lucha directa contra los efectos ya causados por la erosión, tales como corrección de cárcavas y derrumbes, control de la torrencialidad de las quebradas, y recuperación de zonas agotadas o erosionadas.

Así como se conservan las máquinas y las construcciones, hay que tener conciencia que la tierra necesita conservarse, como capital fundamental del agricultor.

Las prácticas y obras de conservación buscan disminuir o anular el efecto de los factores que favorecen la erosión. Por ejemplo, amortiguar el golpe de las gotas de lluvia, disminuir la velocidad del agua de escorrentía, encauzar las aguas sobrantes, o proteger la estructura del suelo.

1.- PRACTICAS DE CONSERVACION

Son aquellas que tienden a conservar los suelos y las aguas para que produzcan los máximos beneficios económicos y sociales por el mayor tiempo posible.

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

Las diferentes prácticas utilizadas en la conservación de suelos se clasifican en culturales y mecánicas. Las prácticas agronómicas son un complemento indispensable para lograr el éxito de la empresa agrícola.

1.1 PRACTICAS CULTURALES

Son aquellas que buscan la protección de los suelos mediante sistemas de manejo de los cultivos.

La primera etapa en la aplicación de prácticas culturales, consiste en determinar la vocación de uso de los terrenos, y localizar en cada lote el cultivo que se adapte más al tipo de suelo y de pendiente, de tal forma que sea el más productivo con el menor riesgo de erosión.

Las coberturas vegetales, siembras en contorno, fajas y barreras vivas, disminuyen la velocidad y la energía del agua de escorrentía, aumentan la infiltración y disminuyen el arrastre del suelo.

Las rotaciones de cultivos y los abonos verdes buscan equilibrar la fertilidad de los suelos y disminuir la erosión, al alternar los cultivos densos con los limpios. Las rotacio-

nes intercambian plantas de diferentes exigencias, para evitar el agotamiento de los nutrientes naturales.

Los abonos verdes se incorporan a los suelos como materia orgánica para incrementar la fertilidad, la actividad microbiana y mejorar las condiciones físicas del suelo.

1.2 PRACTICAS MECANICAS

Se trata de obras de ingeniería para manejar y encauzar las aguas de escorrentía y controlar las remociones masales del suelo.

El manejo de las aguas de escorrentía pretende evitar que volúmenes grandes recorran longitudes largas, cortándolas y evacuándolas hasta lugares adecuados. Algunas prácticas buscan controlar los encharcamientos por medio de obras de drenaje.

Otras, promueven la regulación de los cauces naturales a través del control de sedimentos, la protección de los bordes de las quebradas o acequias, la disminución de la velocidad y energía de las corrientes y la rectificación de los cauces.

En zonas secas, cuando los suelos tienen poca capacidad de retención de humedad, se favorece la infiltración, lo mismo que en zonas con suelos pesados y compactos de baja capacidad de infiltración, mediante banquetas, bancales y terrazas.

También son prácticas mecánicas las que se construyen para controlar derrumbes, deslomes o hundimientos, proteger carreteras y construcciones y recolectar las aguas de estos sitios para evacuarlas.

Muchas de las prácticas mecánicas o de ingeniería, deben complementarse con prácticas culturales cuando sea necesario.

1.3 PRACTICAS AGRONOMICAS

Son técnicas que incrementan la producción, tales como el uso de semillas mejoradas, la aplicación de fertilizantes y correctores químicos del suelo, y el control de plagas y enfermedades.

Es necesario comprender que la sola conservación (que tiene sus costos) no reporta beneficios económicos si no se complementa con prácticas agronómicas óptimas.

1.4 USOS DE LAS PRACTICAS

Las prácticas culturales son las más efectivas y económicas. Las mecánicas, por su elevado costo, deben hacerse cuando sean estrictamente necesarias y en lo posible con materiales disponibles en la finca. Nunca debe planearse una práctica mecánica, si es posible obtener los mismos resultados con prácticas culturales o agronómicas, basadas en el uso de la vegetación y los métodos de cultivo.

Una práctica debe obedecer a condiciones específicas y no adoptarse masalmente. Además, una práctica por sí sola no resuelve los

problemas de la erosión, y debe combinarse adecuadamente con otras, ya que su eficiencia es variable (tabla 4.1). La eficiencia está relacionada directamente con la susceptibilidad del suelo a erodarse. Puede anularse esta eficiencia en suelos altamente susceptibles y de pendientes pronunciadas, caso en el cual habrá que dejar esas áreas con vegetación natural.

Al programar la conservación de una finca, se debe hacer un estudio de las necesidades de conservación de todos los lotes (para integrar las prácticas de tal manera que se complementen), reducir los costos de establecimiento de ellas, y evitar que se hagan prácticas que perjudiquen otros lotes o fincas vecinas. Por ejemplo, un error muy común es verter las aguas desviadas por un canal sobre una zona donde hay peligro de erosión.

Las prácticas culturales se aplican según el tipo de suelo, la pendiente (grado y longitud), el cultivo y la distribución de las lluvias. Las mecánicas necesitan cálculos y diseños cuidadosos basados en factores de suelo, pendiente y volúmenes de escorrentía; se deben analizar factores de costo y disponibilidad de materiales y mano de obra y destinarse a áreas de cultivos muy remunerativos, o a proteger vías, construcciones o lotes valiosos, que justifiquen la inversión, o en aquellas zonas de beneficio social.

2.- CURVAS A NIVEL

Las curvas a nivel se utilizan en las siembras de cultivos, en la construcción de canales, acequias de ladera, zanjillas de infiltración, en el establecimiento de barreras vivas y en

cultivos en fajas. Estas prácticas deben hacerse antes de establecer el cultivo. Un sistema práctico para trazar curvas a nivel, es empleando el caballete.

TABLA 4.1.- EFICIENCIA DE ALGUNAS PRACTICAS DE CONSERVACION

PRACTICA	MAXIMA EFICIENCIA	OBSERVACIONES USO
Culturales		
Siembra en contorno	30 %	Mayor de 5% pendiente: siempre 5 - 10% pendiente: sola Mayor de 10% pendiente: combinarla con otras prácticas.
Siembra en contorno con zanjillas en <u>con</u> <u>torno</u> .	70 - 85%	Zanjillas con pendientes de 1-2%
Coberturas	95 %	Tipo, estado, manejo y conservación
Barreras vivas	60 %	Tipo, estado, manejo y conservación
Cultivo en fajas	60 %	Mayor de 5 % pendiente: siempre 5 - 10 % pendiente: sola Mayor de 10% pendiente: combinarla
Rotaciones	Negativa, 0-80%	Depende del tipo y forma de la rotación
Mecánicas		
	Variable	Su eficiencia está en función de:
		a. Necesidad
		b. Localización
		c. Especificaciones
		d. Diseño
		e. Cálculo
		f. Construcción
		g. Evaluación
		h. Ajustes
		i. Combinaciones con otras prácticas
		j. Conservación
		K. Manejo

Gómez, A. Curso de Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p. (mimeografiado).

2.1 CONSTRUCCION DEL CABALLETE

En la mitad de una tabla de dos metros de largo y 10 cm de ancho se hace una caja donde se ajusta un nivel de carpintería. Se le colocan dos patas de 60 cm de largo y 6 cm de ancho. A una de las patas se le adiciona una tablita que corre entre dos guías de madera. Esta pata tiene un hueco de 10 cm de largo por donde se pasa un tornillo que va fijo a la tablita, de tal forma que permita alargar esta pata hasta 10 cm. Esto sirve para trazar acequias o canales de desviación con un desnivel hasta de 5 por ciento (cada centímetro representa un desnivel de 0,5 o/o). (figura 4.1).

2.2 TRAZADO DE LAS CURVAS A NIVEL

Una vez localizado el sitio por donde se desea

trazar una curva a nivel, se clava una estaca en el punto donde se va a iniciar el trazado. Se coloca una de las patas del caballete al pie de esa estaca, y se mueve la otra pata (arriba o abajo) hasta que la burbuja del nivel quede en la mitad. Se clava una estaca al pie de la segunda pata.

Esta operación se repite hasta terminar la curva. Generalmente, la línea de estacas presenta ángulos que dificultan la siembra o la excavación. Para corregir esto, se amarra una cabuya en un extremo de la línea y se va pasando por entre todas las estacas hasta que llega al otro extremo. La cabuya muestra la curva trazada facilitando su corrección.

Se recorre la línea subiendo o bajando un poco las estacas que se apartan de la dirección general de la cabuya, hasta que ésta quede siguiendo una línea suave sin curvas forzadas.

3.- PRACTICAS CULTURALES

Las prácticas culturales más aplicables a la zona cafetera, por sus bajos costos o porque son fácilmente adaptables a las labores que actualmente hacen los agricultores, son: localización de cultivos, siembras en contorno, coberturas vegetales, barreras vivas, sombrío, coberturas muertas, cultivos en franjas y bloques transversales, uso de materia orgánica (abonos verdes, composte, residuos, pulpa de café).

3.1 LOCALIZACION DE CULTIVOS

El primer paso en un programa de conservación es la correcta localización de los cultivos, para lo cual es necesario conocer su

efecto sobre la erosión, además de los criterios puramente técnicos de suelos, ecológicos y económicos. Por ejemplo, si se localiza un cultivo por aspectos agronómicos en un terreno desfavorable desde el punto de vista de erosión, requerirá una mayor inversión en obras de conservación o de lo contrario ocasionará pérdidas irreparables de suelo.

Las explotaciones más frecuentes de la zona cafetera, podrían clasificarse en el siguiente orden, de mayor a menor peligro de erosión:

Grupo 1. *Cultivos limpios*.- Requieren siembras y desyerbas muy frecuentes (maíz, frijol, hortalizas, yuca, lúpulo, y achira entre otros). Para este grupo se recomienda desde el punto

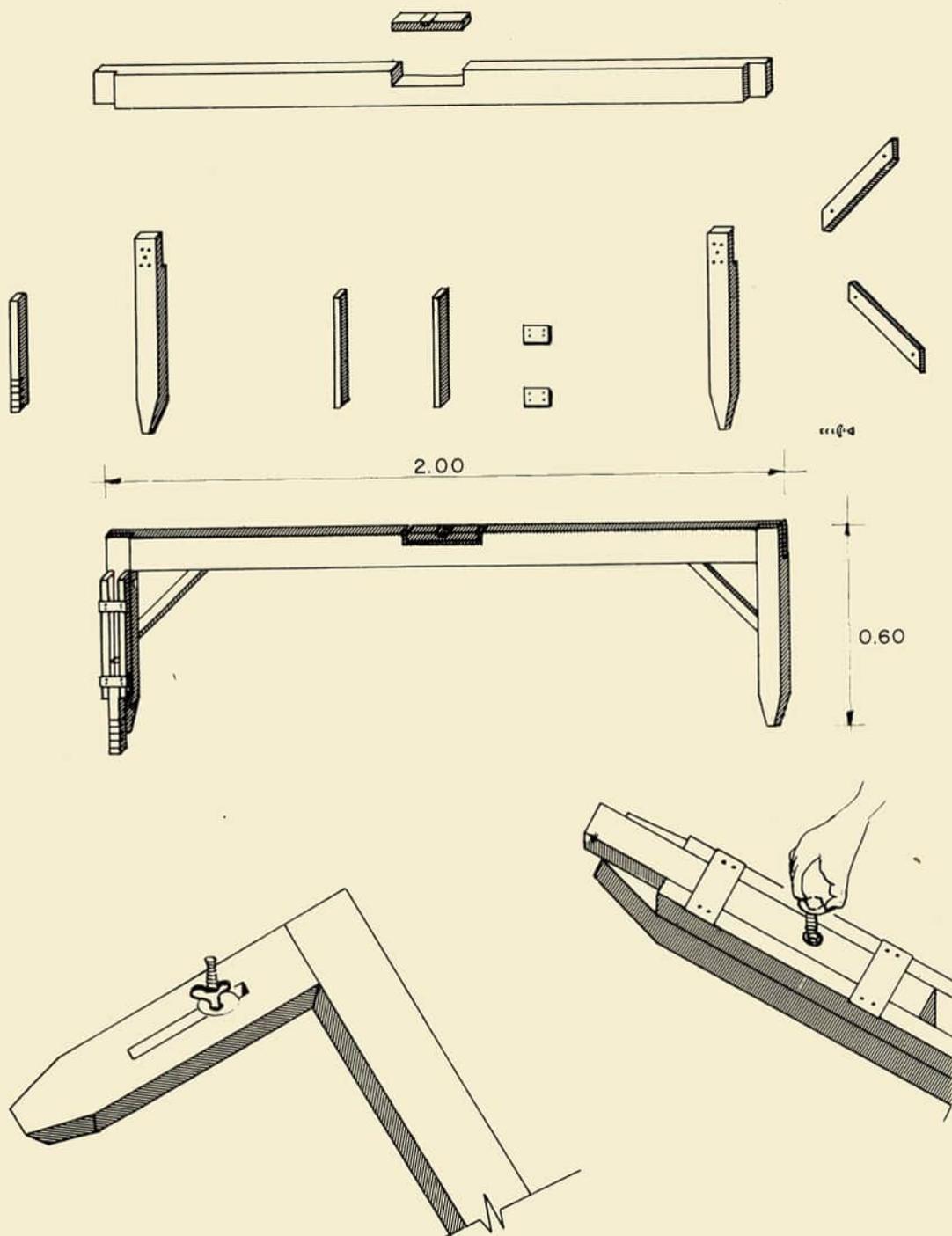


FIGURA 4.1.- CONSTRUCCION DEL CABALLETE .

de vista de conservación, localizarlos en pendientes menores del 20 o/o, con prácticas culturales de conservación (fajas alternas, curvas a nivel, rotaciones, etc.). En ocasiones, obras de desvío de aguas de escorrentía.

Grupo 2. Cultivos semilimpios.- Como el plátano y los frutales, que ofrecen baja protección al suelo contra la erosión. Deben localizarse en pendientes menores del 40 o/o y requieren prácticas culturales intensas, complementadas con obras de desvío de aguas de escorrentía (curvas a nivel, desyerbas selectivas, uso de machete, barreras vivas, zanjillas, canales).

Grupo 3. Cultivos densos.- Como caña, ramio, menta, citronela, y pastos de corte, que tienen buen sistema radical y macollamiento. Pueden localizarse en pendientes hasta del 50 o/o, o en pendientes mayores en suelos altamente resistentes a la erosión. En estos cultivos se requieren siembras en contorno y evitar el uso del azadón.

Grupo 4. Cultivos de semibosque.- Tales como el café y el cacao con sombrío, en los cuales hay buena producción de mulch y coberturas naturales. Se pueden localizar en pendientes hasta del 40 o/o. En suelos altamente resistentes a la erosión y con buen sombrío se pueden sembrar en pendientes mayores. Deben hacerse desyerbas con machete, desyerbas selectivas y obras de desvío de aguas.

Grupo 5. Pastos.- Las praderas manejadas racionalmente permiten pendientes mayores del 50 o/o. Se debe evitar el sobrepastoreo.

Grupo 6. Bosques.- Los bosques comerciales pueden sembrarse en pendientes aún mayores del 50 o/o. Es importante hacer algunas obras de desvío de aguas para evitar el arrastre del mulch.

Grupo 7. Bosques protectores.- Deben localizarse en los nacimientos de agua, en las márgenes de las vías, ríos y corrientes de agua y en áreas con peligro potencial de erosión.

Es necesario tener en cuenta otros factores económicos, técnicos, ecológicos y del suelo mismo, para la localización de los cultivos. A manera de ejemplo, en la tabla 4.2 se presentan los requerimientos de algunos cultivos de la zona cafetera, recomendados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

3.2 SIEMBRAS EN CONTORNO

Es la disposición de las hileras de cultivo a través de la pendiente, siguiendo las curvas de nivel. Así, cada surco o hilera de plantas forma un obstáculo donde choca el agua de escorrentía.

La siembra en contorno se debe complementar con labranzas en el mismo sentido (desyerbas, aporques).

El cultivo en contorno debe implantarse en todos los casos en que la pendiente del terreno sea superior al 5 por ciento.

Esta sola práctica no es suficiente para evitar la erosión. Cuando aumenta la pendiente (10 o/o en adelante) y las lluvias, o el suelo es poco permeable, se debe complementar con otras prácticas, tales como acequias, barreras vivas y coberturas, según las necesidades.

En regiones lluviosas se debe surcar el terreno con una pendiente del 2 por mil (zanjillas de desagüe) con el objeto de evacuar el agua de escorrentía.

La siembra en contorno facilita también el uso de otras prácticas de conservación de suelos, tales como barreras vivas, fajas de contención, acequias de ladera y canales de desviación. En los cultivos permanentes, facilita el manejo, la desyerba, el control fitosanitario, la recolección y la aplicación de fertilizantes y plaguicidas.

3.2.1 *Trazado de cultivos.*- En terrenos con pendiente uniforme, se deben trazar varias curvas a nivel cada 10 ó 15 metros, que sirven de "líneas guía". En el espacio entre dos líneas guías se trazan surcos paralelos hacia arriba y abajo de cada una de ellas (figuras 4.2 y 4.3).

Cuando el terreno es de pendiente muy uniforme, o la clase de cultivo así lo requiere,

se puede trazar cada hilera de cultivo con una curva a nivel. Cuando la pendiente del terreno es diferente dentro del mismo lote, las curvas tienden a juntarse en las partes más inclinadas y a separarse en las más suaves, dejando "islas" que deben sembrarse.

En terrenos de relieve ondulado o con variaciones de pendiente, lo más práctico es trazar una curva guía a nivel, en el centro de cada lote de características similares, y completar el resto con surcos paralelos a lado y lado de dicha línea.

Una vez corregida la curva a nivel que sirve de guía, se trazan los surcos paralelos con dos varas iguales, de una longitud que depende de la distancia entre surcos que se desea (figura 4.2).

TABLA 4.2.- EJEMPLO DE REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS PARA ALGUNOS CULTIVOS DE LA ZONA CAFETERA. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA .

CULTIVO	TEMPER. °C	PRECIPIT. mm año	ALTURA m.s.n.m.	TEXTURA	PROFUND. EFECTIVA (m.)	pH	PEND. MAXIMA %
Café	18 a 22	1500 a 2800	1250 a 1750	F	0.60	5.0-6.0	40
Citricos	18 a 25	1500 a 2000	0 a 1600	FA a FAr	0.80	5.0-6.0	40
Cacao	24 a 28	1800 a 2500	0 a 1300	FA a FL	0.90	5.5-6.0	40
Caña	20 a 26	1200 a 1800	1800 a 1400	FA a FAr	0.80	6.0-7.5	50

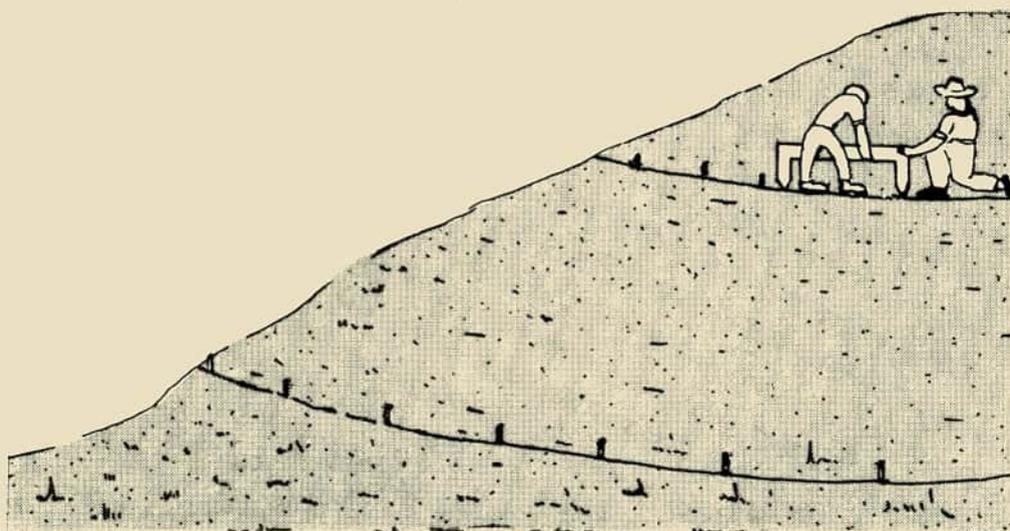
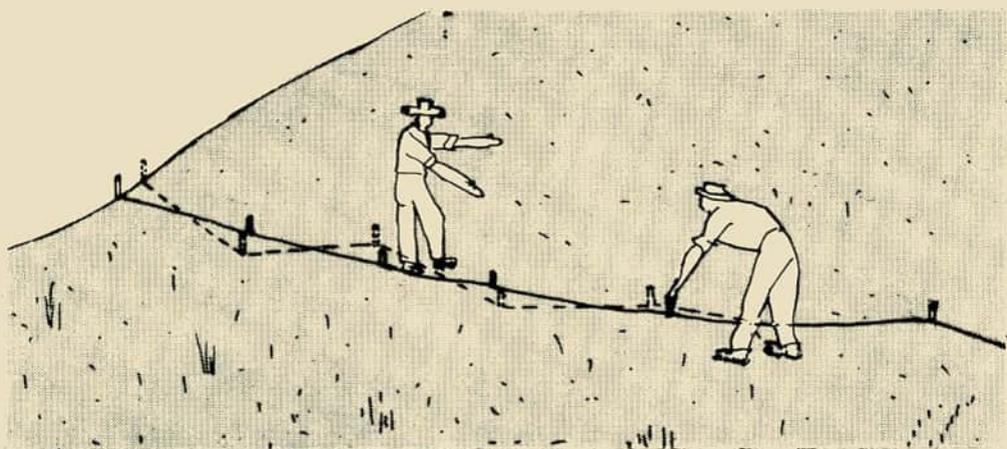
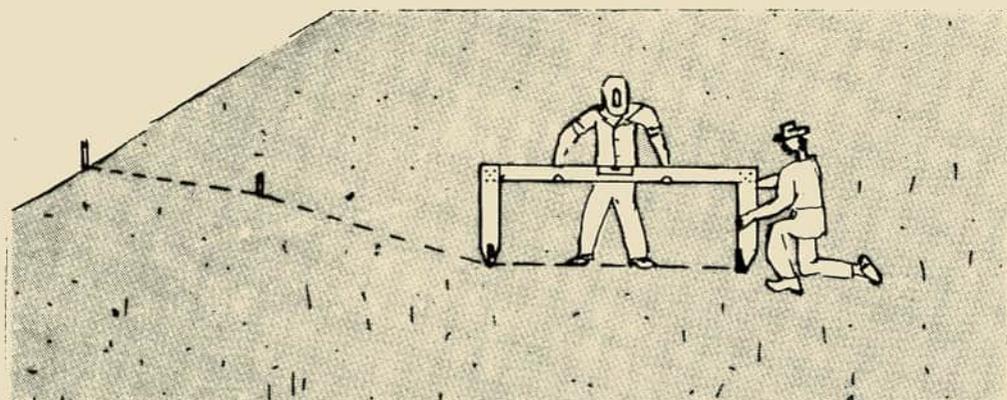


FIGURA 4.2.- TRAZADO Y CORRECCION DE CURVAS A NIVEL .

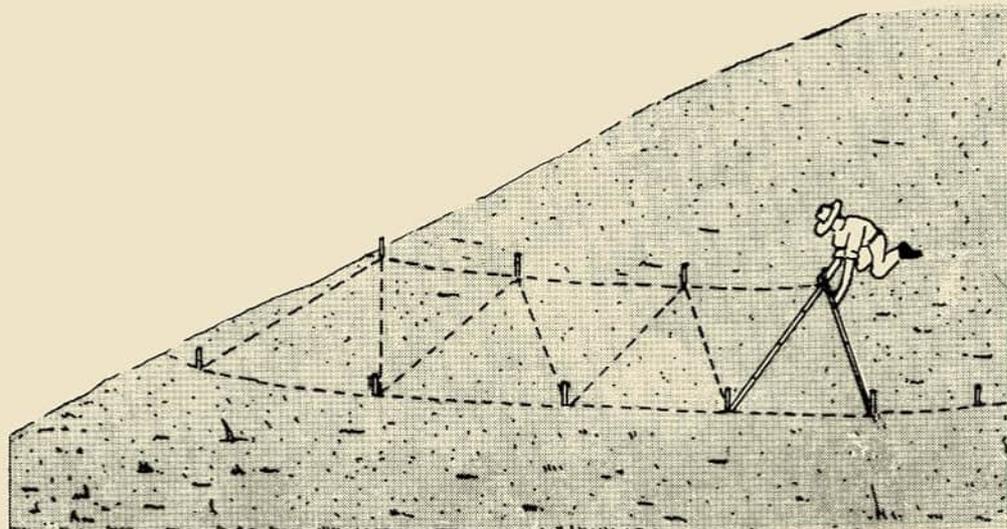
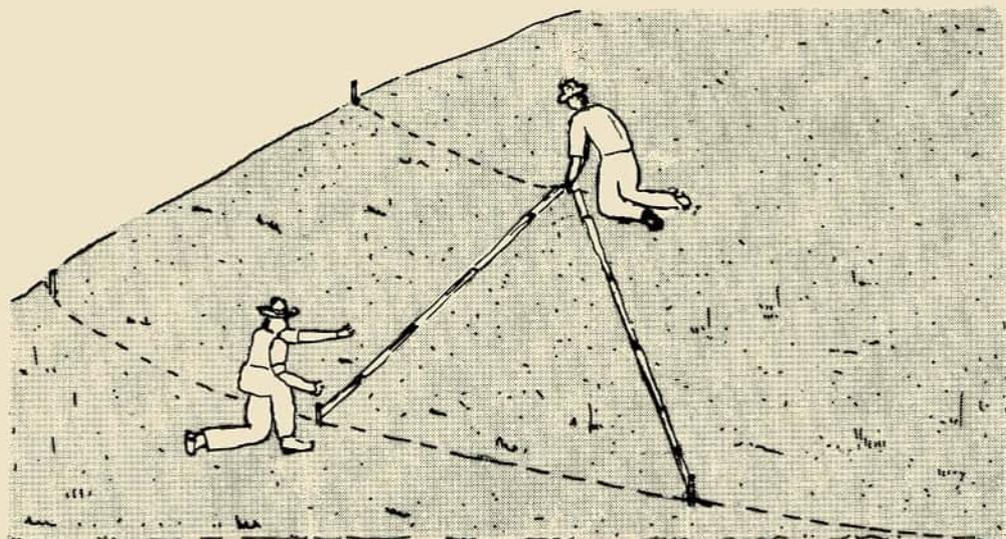


FIGURA 4.3.- TRAZADO DE CURVAS PARALELAS PARA CULTIVOS EN CONTORNO

Los extremos de las varas se colocan junto a dos estacas contiguas de la curva guía.

Recostando las varas en el terreno, se juntan los otros dos extremos y se marca este punto.

Se repite este proceso siguiendo la línea guía. Las estacas forman la segunda línea paralela pero no indican los sitios de siembra, ya que éstos dependen de la clase de cultivo (figura 4.3).

3.3 COBERTURAS VEGETALES

Es la práctica de conservación que mayor eficiencia, en la protección del suelo contra la erosión, ha mostrado en todos los experimentos realizados en el mundo.

La cobertura consiste en mantener una cubierta densa y permanente de plantas que tengan sistemas radicales superficiales y de poca competencia con el cultivo, ó raíces profundas no fasciculadas. Los agricultores acostumbran llamar estas plantas con el nombre de "malezas nobles", para distinguirlas de aquellas que crecen demasiado, y le quitan agua y nutrientes al cultivo comercial.

La mayoría de las plantas empleadas para coberturas, son nativas y abundantes en la zona cafetera.

Las coberturas van intercaladas entre las plantas y en calles o surcos, menos en la zona de influencia de las raíces del cultivo (plato o gotera).

Las coberturas amortiguan el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y forman una superficie rugosa que disminuye la velocidad del agua de escorrentía.

Las raicillas de la cobertura amarran el suelo, aumentan su porosidad y mejoran las condiciones de agregación, estabilidad y la relación aire-agua del suelo.

Las plantas leguminosas utilizadas como coberturas, aumentan la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno del aire en sus raíces.

Cuando se haya destruído la cobertura natural por desyerbas continuas y por empleo de sistemas y herramientas inadecuadas, lo primero que debe hacerse es propiciar una cobertura vegetal apropiada. Para esto deben

preferirse plantas nativas, de propagación e invasión espontánea lo cual se logra con las siguientes prácticas:

- Destruír a mano las malezas que son competitivas (desyerbo selectivo).
- Arrancar las cepas de pasto con azadón, procurando no remover mucho el suelo.
- Sacar del lote las cepas de pasto y maleza indeseables y quemarlas.
- Efectuar las desyerbas periódicas, con machete, a una altura de 3 a 5 centímetros del suelo, y hacer el ploteo a mano.
- Esparcir el resto del material cortado, para que sirva de cobertura muerta (mulch).
- Continuar las desyerbas selectivas durante todas las labores, arrancando las malezas indeseables, ya que estas plantas tienen una gran capacidad para reproducirse y volver a invadir los lotes.

Entre las plantas nativas, deseables para coberturas en la zona cafetera, están:

- Todas las leguminosas rastreras, no trepadoras.
- La coneja o golondrina (*Pseudochinolaena polystaquia*).
- La suelda o consuela, de flor blanca y morada (*Tripogandra cumanensis* y *Commelina diffusa*).
- La panameña o zebra (*Tradescantia sp.*).
- Yerba de sapo (*Hyptis atrorubens*).
- Los botoncillos (*Galinsoga spp.*).

Estas últimas presentan características óptimas como cobertura conservacionista, ya que tupen muy bien, tienen sistema radical superficial, gran poder de invasión, alta competencia con las gramíneas, y resistencia a la acción de herbicidas de contacto.

Son muy rústicas y abundantes en algunas zonas cafeteras.

Entre las plantas indeseables están principalmente:

- Todas las plantas trepadoras.
- Todas las gramíneas, excepto la coneja o golondrina, y los pastos de corte cuando se utilizan como barreras vivas.

Hay dos leguminosas muy buenas para cobertura, y son las que mayor efecto protector han demostrado en investigación, pero que no se encuentran en forma nativa y deben sembrarse. Estas plantas son, el amindoil, o

añil brasileiro (*Araquis sp*), y el añil rastrero (*Indigofera sp*).

El primero es una planta pequeña y forma un tapete muy denso que no deja prosperar fácilmente otras coberturas. Su sistema radical es menos profundo que el del añil rastrero.

El añil rastrero es parecido al anterior, pero debido a su tendencia a presentar tallos erectos, y de mayor tamaño, no tupe tan bien como el amindoil.

TABLA 4.3.- PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELOS EN CULTIVOS DE CAFE BORBON AL SOL EN SUELOS DE LA UNIDAD CHIN-CHINA CON 60% DE PENDIENTE Y CON DIFERENTES PRACTICAS DE CONSERVACION (CENICAFE 1956-1965). Promedio precipitación anual 2618.70 mm.

TRATAMIENTO	SUELO PERDIDO Kg/Ha	EFICIENCIA RELATIVA DE LA PRACTICA %
Suelo desnudo	4.349	0
Barreras vivas	1.664	61,8
Añil brasileiro (Cobertura)	683	84,3
Añil rastrero (Cobertura)	348	92,0
Pasto micay (Cobertura, compite con el café).	326	92,6

Uribe, A. Conservación de Suelos en plantaciones de café sin sombra. Cenicafé (Colombia), 17 (1): 17-29. 1966.

Para establecer coberturas de éstas leguminosas, o de las demás plantas de valor conservacionista, pueden construirse parcelas pequeñas de multiplicación, para que el agricultor obtenga material vegetativo y lo vaya sembrando con el tiempo a medida que sus trabajos se lo permitan.

El efecto protector de las coberturas ha sido ampliamente demostrado, como puede verse en la tabla 4.3.

Es importante tener en cuenta el medio ecológico de las coberturas; por ejemplo, la coneja o golondrina prosperan muy bien a la sombra, pero en cambio el amindoil y el añil rastrero no la toleran.

Al sol, las gramíneas son muy agresivas.

3.4 BARRERAS VIVAS

Son hileras de plantas perennes de crecimiento denso, sembradas a través de la pendiente, en contorno o curvas a nivel.

Las barreras vivas reducen la velocidad y energía del agua de escorrentía, y retienen el suelo arrastrado.

En los bordes superiores de acequias de ladera, canales de desviación y drenajes y a todo lo largo, se recomienda sembrar una barrera simple o doble, con el fin de evitar

TABLA 4.4.- ESPACIAMIENTO DE BARRERAS VIVAS.-

PENDIENTE DEL TERRENO %	DISTANCIA EN METROS	
	CULTIVOS LIMPIOS	CULTIVOS DENSOS Y SEMIBOSQUES
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	15
25	8	15
30	6,5	12
35		12
40		9
45		9
50		9
55		9
60		6

Suárez, F. *Conservación de Suelos*. Salvat Editores, Madrid, 1956. 298 p.

al máximo la sedimentación de los canales, al interceptar el suelo arrastrado y evitar el deterioro de los taludes.

También se recomienda establecer barreras vivas dobles o triples en los bordes de los derrumbes y barrancos y dentro de los mismos.

Las plantas que se utilizan como barreras vivas tradicionalmente, han sido el vetiver (*Vetiveria zizanioides*), limoncillo (*Cymbopogon citratus*), citronela (*Cymbopogon winterianus*), el pasto imperial (*Axonopus scoparius*), el pasto micay telembí (*Axonopus micay*). Las tres primeras han mostrado los mejores resultados.

Se ha tenido éxito con barreras de cañabrava (*Gynerim sagittatum*) y elefante (*Pennisetum purpureum*) en los derrumbes y orillas de quebradas, ríos y vías. También con quiebra barrigo o nacedero (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*), bambú (*Bambusa spp*), chusque (*Chusquea spp*), sauce (*Salix humboldtiana*), y cabuya (*Agave sp*).

Las barreras vivas en cultivos perennes se siembran en surcos cada 5 a 30 metros, dependiendo de la pendiente y resistencia del suelo a la erosión (tabla 4.4). Se hacen en curvas en contorno o a nivel, con material vegetativo sembrado a 20 cm entre plantas. En barreras múltiples, la distancia entre surcos es de 30 a 40 cm. Se establecen como todo cultivo, con fertilización y resiembra. Deben manejarse como los pastos de corte, efectuando cortes periódicos para mantenerlas a una altura de 50 cm y evitar que se ensanchen e invadan los cultivos.

En la tabla 4.3 se presentan los resultados de un experimento donde se comparó la eficiencia de las barreras vivas con otras prácticas (coberturas) en la conservación de suelos en cafetales.

Las barreras vivas ofrecen una eficiencia media, y deben tener el carácter de complementarias, combinadas con otras prácticas culturales y de desvío de aguas.

3.5 SOMBRIO

En Colombia se cultiva el cafeto principalmente con sombrío de guamos, carboneros y plátano. Esta práctica influye en el porte del cafeto y otras características, tales como menor actividad fotosintética.

Los cafetales con sombrío tienen las ventajas de un bosque protector (cultivo de semi-bosque) en la regulación de las aguas y protección de los suelos de regiones montañosas. El sombrío afecta el crecimiento de malezas y gramíneas que compiten con el cultivo, lo cual permite efectuar desyerbas menos frecuentes y menos costosas.

Desde el punto de vista de conservación de suelos, el follaje del sombrío por sí sólo no constituye defensa contra la erosión, ya que inicialmente ataja las gotas de lluvias, pero luego se forman gotas de tamaños mayores que al caer alcanzan nuevamente la velocidad máxima.

El sombrío es una de las prácticas de conservación más efectivas, en la medida que produzca hojarasca, y se complementa con una buena cobertura vegetal que impida el arrastre de estos residuos por el agua de escorrentía. Las menores pérdidas de suelo, en experimentos de Cenicafé, se han obtenido en cafetales con cobertura vegetal, tanto al sol como a la sombra.

La hojarasca y demás residuos del sombrío caen al suelo formando mulch, que los agricultores llaman "Capote". Este mulch tiene las siguientes ventajas:

- Sirve de amortiguador del impacto de las gotas de lluvia y las que escurren del sombrero.
- Forma una especie de esponja, que aumenta la retención de agua, disminuye la velocidad y volumen de escorrentía.
- Es una fuente de materia orgánica al descomponerse.

Para mantener un buen sombrero en cafetales con fines conservacionistas, debe complementarse con el establecimiento de coberturas vegetales nativas, efectuando las desyerbas con machete y destruyendo las gramíneas y malezas competitivas, como se vió en el manejo de coberturas. Así se conserva el efecto protector del mulch, impidiendo que este sea arrastrado.

En cafeto de porte bajo, con altas densidades de siembra, no se acostumbra el sombrero, presentándose altas pérdidas relativas de suelo por erosión en sus primeros estados de desarrollo (ahoyada, desyerbas). Sin embargo, a medida que se va desarrollando, tupe y amarra el suelo.

Debido a que en esta clase de cultivo, por la alta competencia de luz, no prosperan las coberturas (sotobosque), deben dejarse franjas transversales y complementarse con otras prácticas de conservación según las condiciones (canales, zanjillas).

También se acostumbra sembrar el café con sombrero transitorio o permanente de plátano. En este caso, para que tenga un efecto conservacionista, deben picarse y esparcirse los desechos de las matas de plátano y mantenerse siempre una buena cubierta vegetal.

3.6 COBERTURAS MUERTAS

Son los residuos vegetales provenientes de

desyerbas, podas, realces, soqueos y desperdicios de cosecha, que se esparcen por el suelo con el fin de formar una cubierta protectora contra la erosión (mulch).

Los productos de las desyerbas deben esparcirse uniformemente por el terreno, excepto los provenientes de gramíneas y malezas indeseables, que deben sacarse del lote y quemarse para evitar su nuevo establecimiento e invasión.

Cuando se hacen podas en café, cacao, árboles frutales y de sombrero, el material resultante debe picarse.

Cuando se realiza el soqueo de un cafetal, antes de proceder a cortar los troncos, el cafeto se desbraza con machete y las ramas resultantes se pican.

Los desperdicios de cosecha (fríjol, maíz, caña, plátano) han dado muy buenos resultados como cobertura muerta.

En regiones muy secas, se propicia la retención de humedad con cobertura de aserrín, cisco de arroz, tamo y otros materiales, especialmente para cultivos de alto rendimiento (frutales, hortalizas).

3.7 CULTIVOS EN FAJAS

Esta práctica consiste en sembrar plantas de cultivo que requieren desyerbas periódicas y otras labores de remoción del suelo, en fajas transversales, alternándolas con calles de coberturas densas (naturales o artificiales), con el fin de disminuir a intervalos la velocidad del agua y aminorar el peligro de erosión.

Como estas calles quedan siguiendo curvas a nivel, pueden aprovecharse para sembrar barreras vivas, construir zanjillas, acequias de

ladera, canales de desviación, cuando sea necesario.

Las calles, también presentan ventajas en el manejo del cultivo, pues facilitan prácticas de recolección, transporte de elementos, aplicación de plaguicidas y fertilizantes e inspección de las plantaciones.

En cultivos transitorios, las fajas permiten hacer rotaciones, alternando las zonas de cultivo.

El cultivo en fajas se utiliza en terrenos con pendientes mayores del 5 por ciento. En suelos con pendientes mayores de 10 por ciento, se debe combinar con otras prácticas de conservación.

La anchura de la faja de cultivo varía entre 10 y 30 metros de acuerdo a la pendiente y al grado de susceptibilidad del suelo a la erosión. A mayor pendiente y susceptibilidad menor será la anchura de las fajas.

El ancho de las calles protectoras varía entre 2 y 3 metros.

2.7.1 Surcos dobles.- Esta práctica consiste en sembrar hileras de dos surcos en contorno, separadas entre sí por calles de mayor distancia.

Pueden emplearse en cultivos con altas densidades de siembra, con el fin de propiciar la cobertura vegetal en las calles, para contrarrestar los efectos de la erosión, facilitar la evacuación de aguas de escorrentía y el manejo de la plantación.

La eficiencia conservacionista de los surcos dobles, depende de la cobertura que se mantenga entre las calles, como se aprecia en la tabla 4.5.

3.7.2 Bloques transversales.- En plantaciones perennes y densas, las fajas transversales se parten en bloques o sectores rodeados por calles con coberturas, que presentan las ventajas de manejo y conservación anotadas para los cultivos en fajas (figura 4.4).

En café de porte bajo y altas densidades de siembra, algunos agricultores utilizan bloques

TABLA 4.5.- PERDIDAS PROMEDIO ANUAL DE SUELO EN LA UNIDAD CHIN. CHINA, CON 60 % DE PENDIENTE (CENICAFE 1958 - 1970). Precipitación promedio anual 2652.00 mm.

CULTIVO	DESYERBA	PERDIDA DE SUELO Kg/Ha
Café Borbón al Sol Surcos dobles (1 x 1 x 3)m	Machete y plateo	439,2
	Azadón	4.278,6
Café caturra al Sol Surcos dobles (0,8 x 0,8 x 3)m.	Machete y plateo	480,4

Uribe, A. *Erosión en cafetales sembrados en surcos dobles*. Archivo Sección Conservación de Suelos, Cenicafe, Chinchiná (Colombia), 1970.

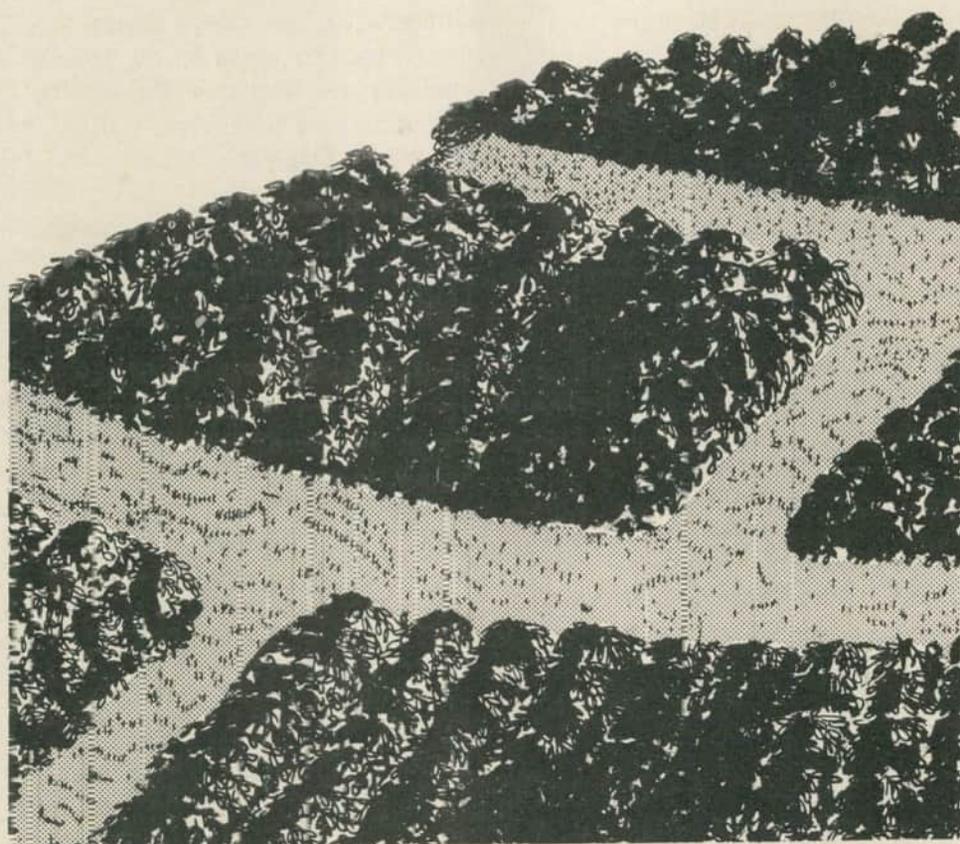


FIGURA 4.4.- SURCOS DOBLES Y BLOQUES TRANSVERSALES CON CALLES EMPASTADAS.-

transversales con longitudes entre 10 y 30 metros y una anchura a lo largo de la pendiente de 10 metros.

Las calles entre los bloques se acostumbran de 2 a 3 metros.

Cuando los bloques son muy grandes, o la plantación en bloques está sobre una ladera muy larga, deben trazarse zanjillas o acequias de ladera, a los intervalos necesarios, para evacuar las aguas de escorrentía. En ocasiones es conveniente construir canales de desviación si el suelo lo permite.

3.8 INCORPORACION DE MATERIA ORGANICA

Al cultivar un suelo debe protegerse la capa superficial donde se encuentra la materia orgánica y evitar pérdidas por lavado o volatilización de sus nutrientes. Es importante devolver al suelo nuevas fuentes de materia orgánica mediante su incorporación.

Las fuentes más utilizadas son: el estiércol de animales y residuos vegetales descompuestos (composte), y los abonos verdes (leguminosas). Son efectivos como abonos orgánicos en la medida en que sean fácilmente descompuestos y siempre que se incorporen adecuadamente al suelo. Sin embargo, no debe esperarse un aumento grande en el contenido de humus, debido a que éste tiende a ser estable en el suelo, por un equilibrio entre la población de microorganismo y la pérdida de las sustancias simples que no sean aprovechadas como alimento por las plantas. Un experimento realizado en Estados Unidos, aplicando 40 toneladas de estiércol todos los años durante 25 años, a un terreno de cultivo, sólo elevó el contenido de materia orgánica del suelo entre uno y dos por ciento.

El efecto benéfico de la aplicación de abonos orgánicos, se debe al suministro inmediato de sustancias nutritivas, y al mejoramiento o mantenimiento de las condiciones físicas del suelo, tales como la granulación, la estabilidad estructural y la relación aire-agua. Es decir, los abonos orgánicos son acondicionadores físicos del suelo de valor incalculable.

3.8.1 Relación C:N en la descomposición de la materia orgánica.- Los residuos vegetales y los abonos verdes serán más fácilmente descompuestos por los microorganismos si son tiernos o verdes, y menos si son leñosos o fibrosos. Los tejidos vegetales están compuestos principalmente por carbono (C) y nitrógeno (N). Mientras más viejos y leñosos, tienen mayor contenido de C y menor de N y se dice que la relación C:N es alta. Al contrario, en un tejido verde o tierno, hay una relación C:N más estrecha.

Cuando se adicionan al suelo materiales orgánicos que tienen una amplia relación C:N (mayor de 30:1) se favorece la inmovilidad del N mineral que se encuentra en el suelo, ya que el contenido no alcanza a satisfacer las necesidades de los microorganismos que realizan su descomposición y toman al N mineral del suelo, lo inmovilizan temporalmente en sus cuerpos y vuelve a quedar libre al morir los microorganismos.

Lo contrario ocurre con materiales orgánicos que tienen una relación C:N baja (menor de 15:1).

Los residuos o plantas con relación C:N baja, son más fácilmente descompuestos debido a que proveen suficientes nutrientes para servir de alimento y energía a los microorganismos y acelerar su descomposición, y producen una mayor cantidad de nutrientes pero menor de humus.

Al incorporarse abonos verdes al suelo, éstos deben tener la relación C:N estrecha, pero con el máximo de volumen, lo cual se consigue antes o durante su floración. El uso de esta práctica en la zona cafetera, en suelos de ladera, es difícil y costosa. En zonas mecanizables esta práctica es importante.

Los residuos de cosechas de cereales y gramíneas, aunque tienen una relación C:N alta, es ventajoso incorporarlos durante la arada de los terrenos ya que contribuyen a mejorar las condiciones de los suelos arcillosos, al disminuir la densidad y aumentar el número de espacios (macroporos).

Esta práctica no es recomendable en terrenos con más del 15 o/o de pendiente, ya que la remoción de suelo es favorable para su pérdida por erosión.

En terrenos pendientes, estos residuos picados y esparcidos por el terreno, servirán de cobertura muerta y sus sistemas radicales dejados en el suelo mejorarán la porosidad. En el caso de las leguminosas, las raíces pueden ser fuente de nitrógeno.

Se puede cambiar la relación C:N desfavorable de la materia orgánica adicionándole Urea u otro fertilizante nitrogenado.

3.8.2 Composte.- Es el producto resultante de las mezclas artificiales de desechos animales y vegetales. Los estiércoles son materiales orgánicos que tienen una fase líquida rica en elementos nutritivos (N, P y K) y por lo tanto son empleados más como abonos orgánicos que como materia orgánica. Por su composición y grado de humedad, son descompuestos rápidamente por bacterias, en condiciones de muy buena aireación, produciendo altas temperaturas. No deben aplicarse frescos a las plantas, pues las queman.

Se aconseja descomponer el estiércol en fosas, en capas superpuestas con tamo, hojas, residuos de cosechas y basuras, rociándoles cal y un fertilizante rico en P2O5 con el fin de mejorar la proporción de nutrientes, su densidad, y acelerar la descomposición. Así, el estiércol descompuesto, o "composte", es más concentrado, seco y fácil de aplicar. Debido al costo de este sistema, sólo es económico emplearlo en fincas donde se produzca estiércol, y utilizarlo en cultivos de alto rendimiento y poca extensión, tales como huertas caseras y jardines, o en hoyos para siembra de árboles de café, cacao, frutales, plátano etc. También para almácigos de café, cacao, frutales, entre otros.

El composte como materia orgánica, es benéfico en la medida que tenga una fase sólida considerable, o esta se aumente con la aplicación de paja u otros residuos vegetales.

3.9 PULPA DE CAFE

En la zona cafetera, la pulpa de café es una de las principales fuentes de materia orgánica por su abundancia. Incorporada al suelo, mejora sus condiciones físicas y aumenta la fertilidad. Estudios que actualmente realiza Cenicafe sobre uso de pulpa como abono no incorporado han dado resultados muy positivos.

La pulpa descompuesta debe incorporarse o enterrarse en el suelo, en forma local o en áreas de alta producción. Se recomienda su utilización en la preparación de bolsas para almácigos, en mezclas de tierra-pulpa 1 a 1 ó de 2 a 1.

También se usa en el abonamiento de hoyos para siembra de árboles de café, cacao, frutales, sombrío y plátano, aplicando 5 a 7

kg de pulpa descompuesta por hoyo. Cuando se esparce en el suelo en terrenos pendientes, puede ser arrastrada fácilmente por el agua de escorrentía.

La pulpa de café debe utilizarse siempre descompuesta, ya que así tiene las siguientes ventajas:

- Evita quemar las plantas, ya que la pulpa fresca produce calor al descomponerse.
- Da tiempo de utilizarla después de las ocupaciones de la cosecha y el beneficio.
- Se reduce su volumen al eliminar agua, facilitando su manejo y transporte.
- Reduce la relación C:N ya que la pulpa fresca, tal como sale de la despulpadora, tiene una relación C:N de 25:1 a 20:1. Después del proceso de fermentación la pulpa descompuesta tiene una relación C:N 12:1 a 8:1. .

La pulpa fresca se descompone por la acción de bacterias aeróbicas, produce calor y gases, y libera sustancias nutritivas. Para que las bacterias puedan descomponer la pulpa, necesitan aire ó sea que debe escurrirse la mayor parte del agua, y evitar que le caiga la lluvia. Otras condiciones necesarias para el desarrollo de estas bacterias es el pH. Como la pulpa fresca tiene un pH muy bajo, que es desfavorable, éste se debe elevar rociando cal.

La descomposición de la pulpa se hace en fosas y dura unos 3 meses. Para acelerar el proceso, puede mejorarse la relación C:N de la pulpa fresca adicionando úrea o algún abono nitrogenado. Deben hacerse remociones periódicamente, o perforar el montón con un palo, para airear la pulpa.

Puede aprovecharse la fosa para adicionar otros subproductos vegetales de la finca, y basuras que no sean papel, plástico, vidrio o latas.

4.- CONSTRUCCION DE FOSAS

Se debe conocer la cantidad de pulpa que se produce en una finca para calcular las fosas de descomposición.

Del grano necesario para producir una carga de café pergamino seco (10 arrobas o 125 kg) se producen aproximadamente 240 kg de pulpa fresca, que da a los tres meses de descomposición unos 150 kg de pulpa para abonar.

Como ejemplo, si una finca produce 30 cargas de café pergamino seco (300 arrobas ó 3.750 kg) producirá 7.200 kg de pulpa fresca que se convierten en 4.500 kg de pulpa descompuesta aproximadamente.

Con la pulpa descompuesta que produce una carga de café (150 kg aproximadamente) se pueden llenar:

150-180 bolsas de 2 kg con relación tierra-pulpa 1:1 en volumen, ó
225-260 bolsas de 1,5 kg con relación tierra-pulpa 1:1 en volumen, ó
300-360 bolsas de 1 kg con relación tierra-pulpa 1:1 en volumen,

o llenar:

230-270 bolsas de 2 kg con relación tierra-pulpa 2:1 en volumen, ó
345-400 bolsas de 1,5 kg con relación tierra-

pulpa 2:1 en volumen, ó
460-540 bolsas de 1 kg con relación tierra-
pulpa 2:1 en volumen.

o llenar:

30 a 40 hoyos para sembrar café, cacao, plátano, o frutales con 5-7 kg de pulpa por hoyo.

Las fosas pueden construirse en tierra con paredes de guadua o en forma de tanques con ladrillos o concreto, y deben reunir los siguientes requisitos:

- Estar cerca del beneficiadero para facilitar la conducción de la pulpa.
- El piso de la fosa debe tener una inclinación hacia afuera para que salga el agua y las mieles que escurre (1 a 3 o/o de pendiente).
- Tener una cama de guadua o empalizada en el fondo, levantada unos 10 a 15 centímetros del piso, para que escurra el agua de la pulpa y para que haya circulación de aire. Si es muy ancha la fosa, debe reforzarse el piso de guadua con una hilera de ladrillo en el centro.
- Tener un techo para proteger la pulpa de la lluvia.
- Evitar que le entre agua de escorrentía, desviándola en la cabecera por una acequia, un muro pequeño o una empalizada.
- No deben ser muy profundas, para que la pulpa se descomponga fácilmente.

4.1 FOSAS EN TIERRA

Cuando la producción de café en la finca no es muy grande (hasta 30 cargas), basta con hacer una excavación cerca del beneficiadero, trazando sobre el terreno las medidas que se indican en la tabla 4.6. Estas fosas en tierra deben ser inclinadas, es decir, tener taludes para evitar que se derrumben las paredes. También se recomienda hacerles paredes de guadua en los lados y al frente, con lo cual se aumenta su capacidad al doble aproximadamente (figuras 4.5 y 4.6).

4.2 FOSAS DE TANQUE

Estas fosas tienen todas las paredes de la misma altura, y pueden construirse con ladrillo o bloques de cemento, pegados con mezcla de 4 a 1 y dejando a trechos espacios o huecos (calados) que favorezcan la aireación y el escurrimiento del agua. El lado del frente de la fosa debe tener una tapa de tablonos o guaduas que permita sacar la pulpa y también para favorecer su escurrimiento (figura 4.7).

Para construir este tipo de fosas en terrenos pendientes, es necesario hacer una excavación, como para las fosas en tierra. Las medidas que ha encontrado la Federación más aconsejables para hacer las excavaciones con el mínimo de remoción de suelo y para que la altura no sea excesiva, se indican en la tabla 4.7.

TABLA.- 4.6.-DIMENSIONES APROXIMADAS PARA EXCAVAR FOSAS EN TERRENOS PENDIENTES Y SU CAPACIDAD DE PRODUCCION DE PULPA DESCOMPUESTA.

PRODUCCION CARGAS CAFE PERGAMINO	DIMENSIONES SOBRE EL TERRENO PARA EXCAVACION EN METROS.1).						PRODUCCION DE PULPA DESCOMPUESTA K I L O S
	PENDIENTE 20%		PENDIENTE 30%		PENDIENTE 40 %		
	ANCHO	LONGITUD SEN TIDO PENDIENT.	ANCHO	LONGITUD SEN TIDO PENDIENT.	ANCHO	LONGITUD SEN TIDO PENDIENT.	
10	5	2	4	2	3	2	1.500
20	5	3	4	3	3	3	3.000
30	4	4	5	3	4	3	4.500
40 ²⁾	5	3	4	3	3	3	6.000
60 ²⁾	4	4	5	3	4	3	9.000

1). Medidas para excavación vertical. Luego deben rebanarse los taludes así:

1/2 a 1: 1 para suelos estables

2 a 2 1/2: 1 para suelos sueltos

2) Iguales medidas de excavación que para 20 y 30 cargas pero con paredes laterales y al frente

Adaptado del Manual del Cafetero. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1.969.

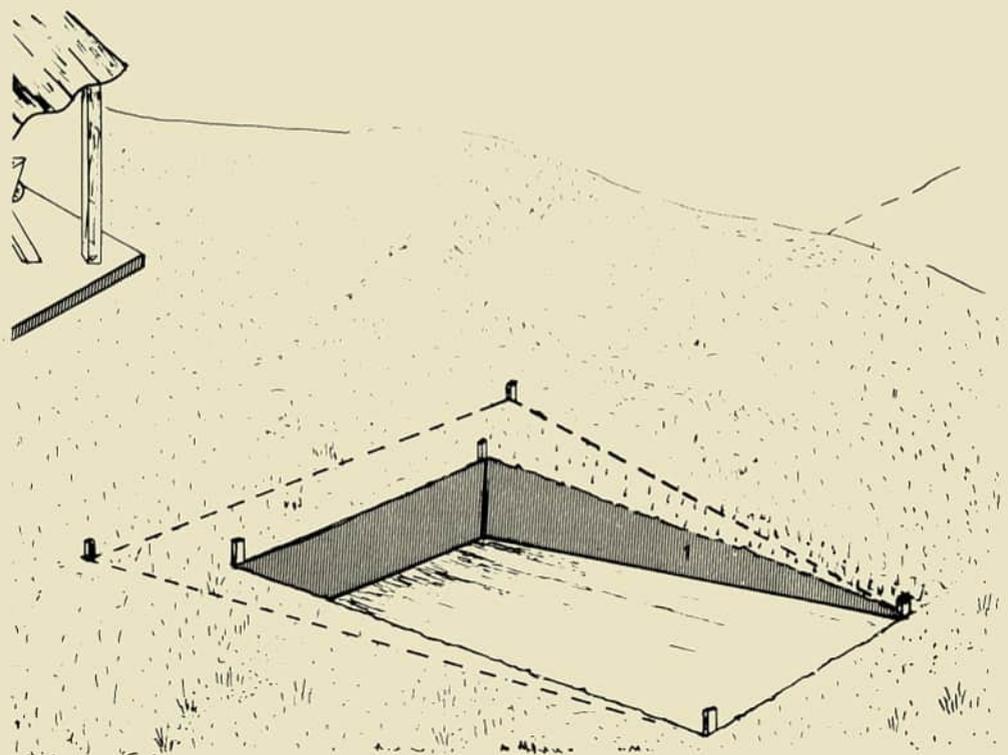
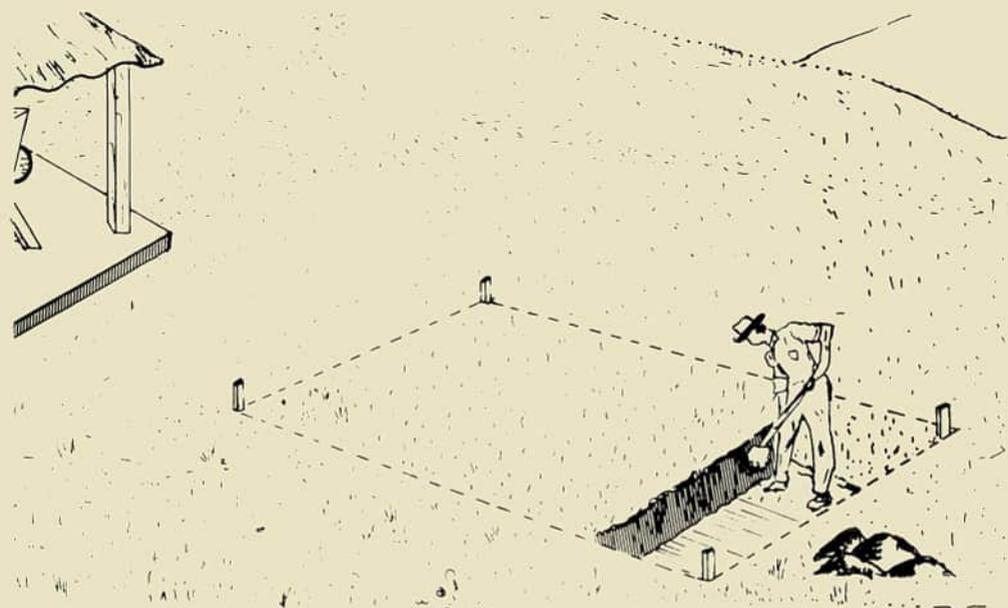


FIGURA 4.5.- LOCALIZACION Y EXCAVACION DE UNA FOSA .TRAZADO . PARA REBANAR LOS TALUDES.

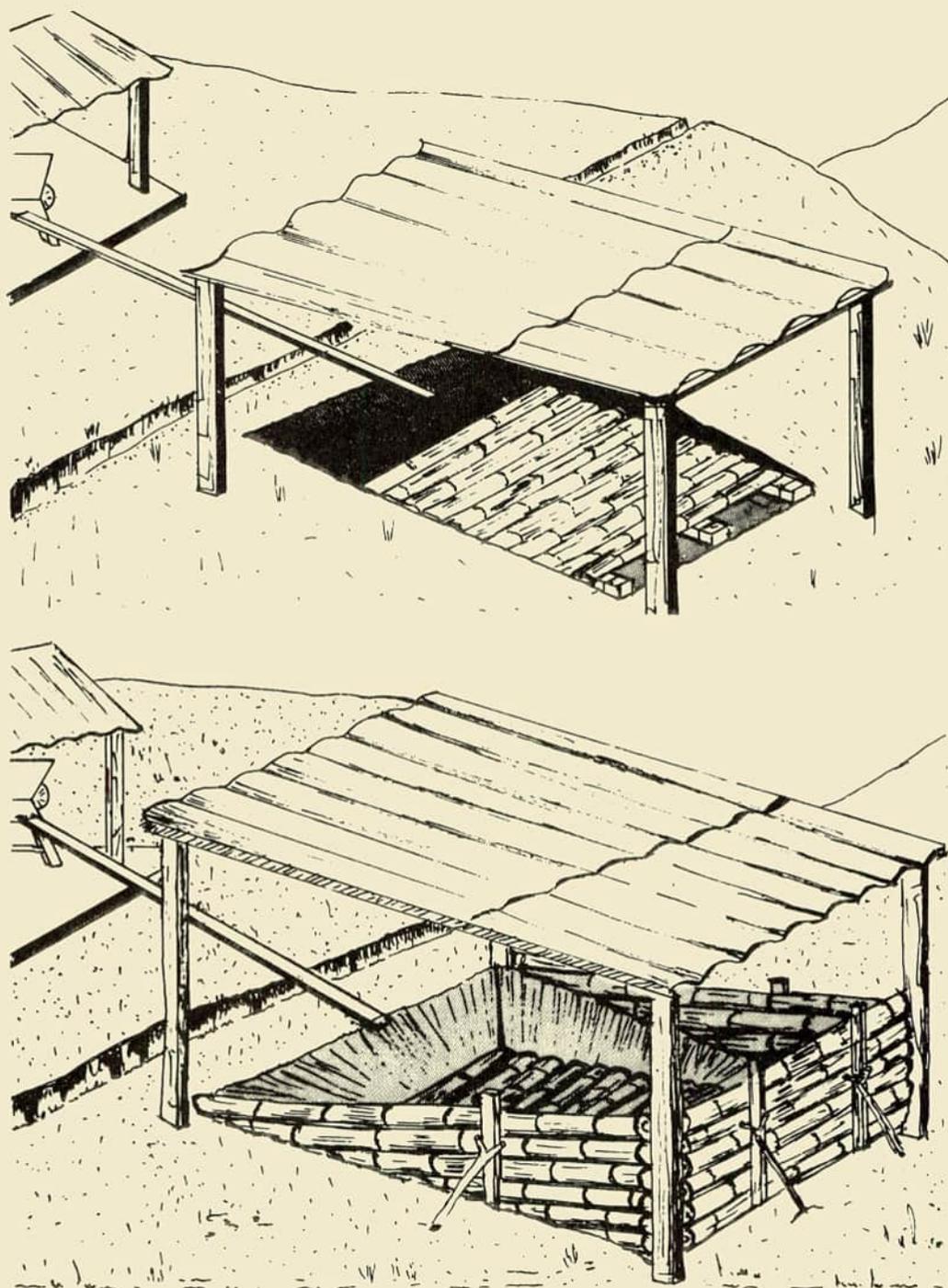


FIGURA 4.6.-FOSA EN TIERRA TERMINADA. FOSA CON PAREDES DE GUADUA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD.

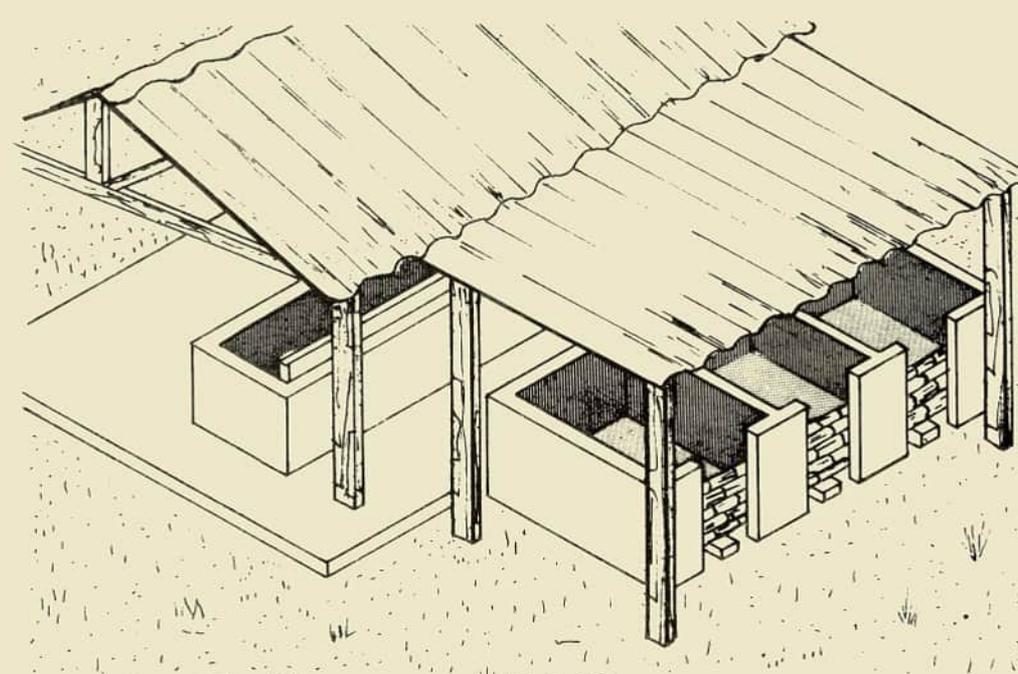
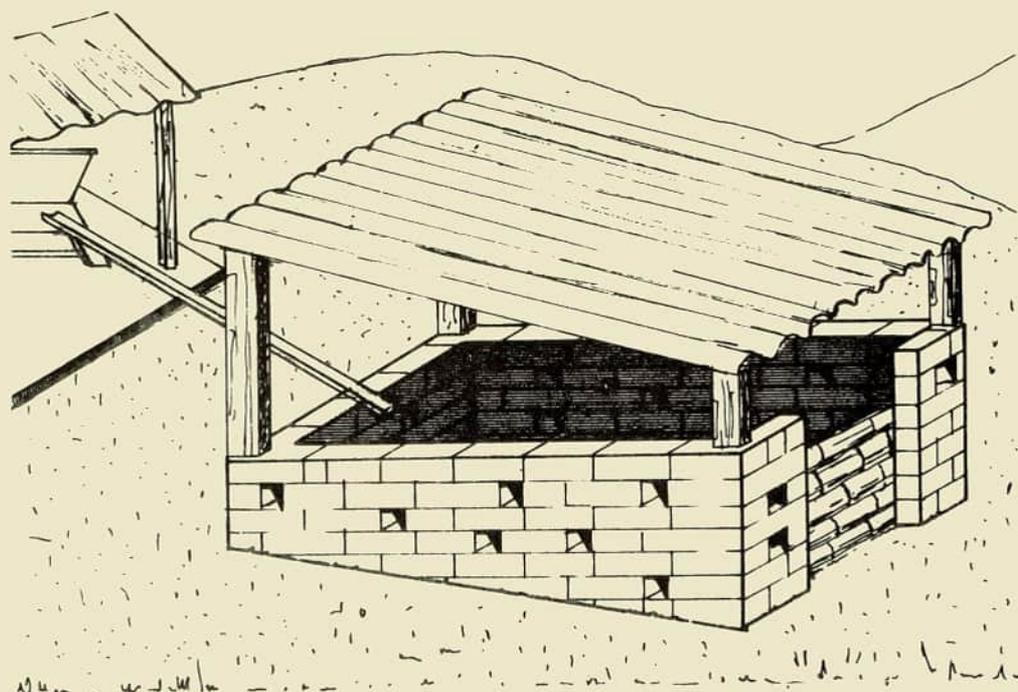


FIGURA 4.7.- FOSA CON PAREDES DE LADRILLO. BATERIA DE FOSAS

TABLA 4.7.- DIMENSIONES APROXIMADAS PARA EXCAVACION Y CONSTRUCCION DE FOSAS CON PAREDES DE IGUAL ALTURA EN TERRENOS PENDIENTES, Y PRODUCCION DE PULPA DESCOMPUESTA.

PRODUCCION CARGAS CAFE PERGAMINO	PENDIENTE DEL TERRENO 20%			PENDIENTE DEL TERRENO 40%			PRODUCCION PULPA DESCOMPUESTA KILOGRAMOS
	MEDIDAS PARA EXCAVACION		ALTURA ⁽¹⁾ MUROS(m)	MEDIDAS PARA EXCAVACION		ALTURA ⁽²⁾ MUROS(m)	
	ANCHO(m)	LARGO(m)		ANCHO(m)	LARGO(m)		
30	1,90	4,00	1,20	2,40	2,50	1,45	4.500
40	2,50	4,00	1,20	3,20	2,50	1,45	6.000
50	3,10	4,00	1,20	4,00	2,50	1,45	7.500
60	3,75	4,00	1,20	4,80	2,50	1,45	9.000
70	4,35	4,00	1,20	5,60	2,50	1,45	10.500
80	5,00	4,00	1,20	6,40	2,50	1,45	12.000
90	5,60	4,00	1,20	7,20	2,50	1,45	13.500
100	6,25	4,00	1,20	8,00	2,50	1,45	15.000

(1) El muro superior sobresale 0,40 m. de la superficie del terreno.

(2) El muro superior sobresale 0,25 m. de la superficie del terreno.

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

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANDREUX, F. Formación, propiedades y clasificación de los tipos de humus. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Dirección Agrológica, 1973. 45 p. (mimeografiado).
- 2.- ——— El nitrógeno de los suelos; aspectos químicos y agrológicos. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Dirección Agrológica, 1973. 25 p (mimeografiado).
- 3.- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. Informes anuales y proyectos de Investigación, Sección de Conservación de Suelos. Chinchiná (Colombia), 1956 a 1974 (mecanografiado).
- 4.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual de Consulta para los supervisores seccionales de la campaña de suelos, Cenicafe (Colombia), 1956. 79 p.
- 5.- ——— Manual del Cafetero Colombiano. Bogotá, Argra, 1958. 571 p.
- 6.- ——— Manual del Cafetero Colombiano. Medellín (Colombia) Bedout, 1969. 398 p.
- 7.- FOSTER, A. B. Métodos aprobados en Conservación de Suelos. México Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.), 1967. 411 p.
- 8.- GOMEZ, A. Curso de Conservación de Suelos. Cenicafe, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p (mimeografiado).
- 9.- SALGADO, F. Dinámica de la conservación del suelo y del agua en México. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, 1961. 106 p.
- 10.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Conservación del suelo y del agua. México, Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, 1964. 175 p.
- 11.- SEGALÉN, P. Suelos Tropicales. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1964. 105 p (mimeografiado).
- 12.- SUAREZ DE C., F. Conservación de Suelos. Barcelona, España, Salvat, 1956. 298 p.

ALGUNAS COBERTURAS VEGETALES



AÑIL RASTREO



AÑIL BRASILEIRO



CROTALARIA



CENTROSEMA



KUDZU



SUELTA MORADA



Curvas a nivel



Café en curvas a nivel



Surcos transversales con fajas de protección en levante de café.



Surcos dobles a nivel.



Acequias y surcos dobles a nivel



Zanjillas de desagüe en contorno.



Sombrío de Carbonero



Sombrío de Guamo.



Mulch de Guamo



Mulch de Guamo y Cacao



Cobertura de Añil



Vegetación nativa para protección de orillas y cuencas.





Siembra de pasto en taludes



Calles con cobertura en café



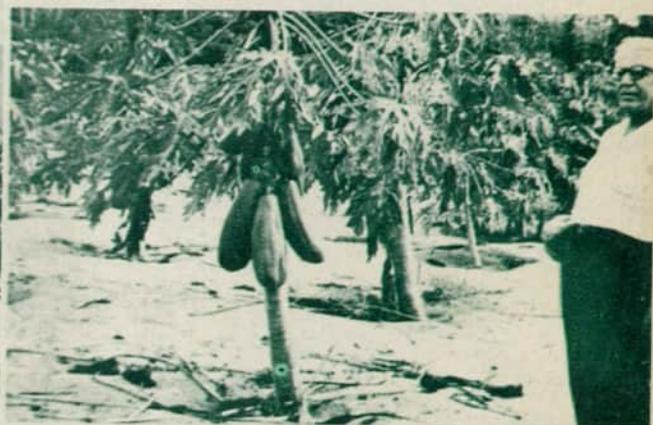
Construcción de fosas en Guadua.



Detalle de fosas en batería.



Efecto de la pulpa en el abonamiento



Abono orgánico y cobertura de cisco en zonas secas.



V

PRÁCTICAS MECÁNICAS DE CONSERVACION

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

La topografía y el régimen de lluvias de la zona cafetera favorecen la escorrentía, que es la responsable de la mayoría de los fenómenos erosivos. En muchos tipos de suelos no es conveniente ni posible propiciar una mayor infiltración porque la topografía no lo permite, y por el peligro de remociones masales, por lo cual es necesario evacuar la escorrentía de los predios agrícolas y conducirla hasta los cauces naturales.

En este capítulo se presentan los principales

sistemas para la evacuación de aguas, así como los métodos para el cálculo de la escorrentía crítica. Igualmente, se dan los criterios y bases para la selección, diseño, cálculo y trazado de acequias de ladera, canales de desviación y de drenaje. Finalmente, se presentan algunas obras complementarias tales como saltos, vertederos, muros, trinchos, gaviones y empalizadas, que son necesarias para la protección de vías y cauces naturales o artificiales, contra la fuerza del agua concentrada.

1 ESCORRENTIA

La escorrentía es el agua sobrante de las lluvias que no alcanza a penetrar en el suelo, escurre por la superficie en los terrenos pendientes y se va concentrando en cauces naturales hasta llegar a las quebradas y los ríos.

La escorrentía tendrá un mayor volumen y velocidad a medida que las lluvias sean más intensas y la pendiente sea más inclinada y prolongada. Si ésta ocurre en terrenos desnudos, produce el arrastre del suelo en láminas, surcos y cárcavas.

1.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESCORRENTIA

- La superficie del suelo determina una rugosidad. Mientras más liso sea el piso, el agua fluye con mayor facilidad aumentando el volumen de escorrentía, su velocidad y energía.
- Capacidad de infiltración del suelo. Está determinada principalmente por la textura, la estructura, la presencia de grietas y raíces, y la uniformidad del perfil. A mayor capacidad de infiltración, habrá menor porcentaje de escorrentía. La compactación de los suelos, principalmente los arcillosos, disminuye hasta niveles críticos la infiltración.
- Intensidad de las lluvias. Es el factor que más influye, ya que cuando la intensidad sobrepasa la velocidad de infiltración del suelo, escurre un alto porcentaje de la lluvia. En intensidades menores de la velocidad de infiltración, el volumen de escorrentía está regido por el grado de saturación del suelo.

- Porcentaje de humedad del suelo. En el momento de ocurrir una lluvia, si el suelo está seco, tendrá mayor capacidad de absorber agua. Si está húmedo, se saturará rápidamente, iniciándose la escorrentía. El grado de humedad del suelo está muy relacionado con la frecuencia de las lluvias.

- Pendiente y microrelieve. A mayor grado y longitud de la pendiente, habrá menor tiempo de infiltración, y aumento del volumen y la velocidad de la escorrentía. La irregularidad del relieve favorece la infiltración (obstáculos o planos horizontales), formando encharcamientos. También se propicia la concentración de la escorrentía si hay entalladuras, surcos o canales, en el sentido de la pendiente.

Estos factores no actúan independientemente, ya que la escorrentía es una resultante de la acción simultánea de ellos.

1.2 VOLUMEN DE ESCORRENTIA

Es necesario conocer la cantidad de agua que debe evacuarse de un lote, para seleccionar y calcular obras de desvío que tengan la capacidad necesaria. Este cálculo debe hacerse con base en las intensidades máximas más probables de lluvia y depende además de otros factores tales como pendiente, longitud y área del terreno, clase de suelo y cobertura.

Datos experimentales de Cenicafé han comprobado que son las lluvias de gran intensidad las que causan la mayor escorrentía y la mayor erosión.

Por esta razón, es necesario diseñar y calcular

las obras de ingeniería con base en las lluvias de intensidad más probable, que ocurran en un período mínimo de 10 años, según el estudio de los registros meteorológicos de una región.

No se deben utilizar los promedios de intensidades para cálculos de estructuras de conducción ya que éstos pueden resultar cortos con respecto a la intensidad más probable, de una zona.

Tampoco es conveniente utilizar la máxima intensidad absoluta en los cálculos, ya que las obras serían demasiado grandes, y la probabilidad de que ocurra esa máxima intensidad, sería muy remota.

Sólo se justifica el uso de máximas absolutas cuando se trata de protección de viviendas, construcciones costosas y obras de ingeniería.

2. EVACUACION DE AGUAS DE ESCORRENTIA

Aunque algunas prácticas culturales buscan disminuir la velocidad de la escorrentía y propiciar la infiltración, siempre habrá un punto de saturación del suelo que cause escorrentía. Es necesario por lo tanto, combinar estas prácticas con obras hidráulicas para evacuar el exceso de agua (canales, desagües) e impedir que la escorrentía cause erosión.

Por otra parte, en suelos poco profundos, sueltos o que descansan sobre planos de deslizamiento u horizontes impermeables, no se puede propiciar la infiltración y es necesario evacuar la escorrentía para evitar remociones masales (derrumbes, coladas de barro, solifluxiones, etc).

No se debe esperar que toda el agua llegue al final de un lote para evacuarla, ya que alcanzaría un volumen y una velocidad grandes que causarían erosión. Es necesario, por lo tanto, ir evacuando dicha escorrentía a intervalos, por medio de zanjillas, acequias o canales.

2.1 DESAGÜES NATURALES

Son las quebradas, chorros, hondonadas y

depresiones naturales que sirven para la conducción de las aguas sobrantes de una ladera. En las épocas lluviosas reciben grandes cantidades de agua que tienden a formar cárcavas y derrumbes.

Hay que proteger estos desagües y propiciar la vegetación nativa y plantas protectoras tales como pastos, cañabrava, guadua, bambú.

En los sitios más peligrosos por el cambio de pendiente, o donde reciben aguas de canales o acequias, se deben contruir escalones de piedra, diques amortiguadores y fajas de pasto. También es conveniente acumular en los desagües todas las piedras y troncos que resulten del lote.

2.2 ZANJILLAS DE ABSORCION

Consisten en pequeños surcos contruidos a intervalos cortos. Se trazan siguiendo curvas a nivel, con un azadón o una herramienta similar. La profundidad de estas zanjillas es entre 5 y 10 centímetros y no tienen desnivel para que el agua se infiltre.

Esta práctica debe emplearse en zonas de escasas lluvias, o en suelos de texturas gruesas, o muy gruesas, sin estructura o estructura débil, con el fin de propiciar la infiltración y la retención de humedad. También se usan en suelos de texturas finas, compactos, de baja capacidad de infiltración en regiones secas.

En suelos sueltos o arenosos, deben construirse muy superficialmente y con una base ancha (en forma de batea). En suelos compactos y de estructura moderada o fuerte, pueden hacerse más angostas y profundas.

No se deben construir estas zanjillas, en suelos sueltos con capas interiores impermeables, ni en zonas lluviosas, ya que si son de pendiente suave, ocasionan problemas de drenaje, y si son muy pendientes ocasionan deslizamientos, derrumbes o problemas de soliflujión.

Debido a su tamaño, estas zanjillas se sedimentan y borran fácilmente, por lo cual deben considerarse como obras temporales que es necesario limpiar o reconstruir periódicamente.

2.3 ZANJILLAS DE DESAGUE

Son similares a las zanjillas de absorción, pero en este caso se busca la evacuación de las aguas a intervalos cortos. Estas zanjillas deben tener una pendiente de 0,5 a 2 por mil y se construyen a intervalos de 10 a 2 metros según aumente la pendiente y el volumen de escorrentía.

Se deben utilizar en zonas lluviosas y en suelos muy pendientes (mayores de 40 o/o), en los cuales no se recomienda la construcción de acequias de ladera o canales de

desviación. También se deben emplear en suelos poco profundos, que no permitan la excavación de acequias o canales, y en suelos con el primer horizonte estable y el segundo muy susceptible a la erosión, como en el caso de las unidades Montenegro, Quindío, Anaimé y Fondesa entre otras, siempre que el horizonte orgánico existe.

En cultivos de surcos continuos (papa, hortalizas etc.) puede hacerse el surcado con un desnivel de 1 a 2 por mil, de tal manera que el espacio entre los surcos funcione como zanjillas.

En aquellos suelos donde la infiltración puede ser peligrosa por problemas potenciales de remociones masales (suelos derivados de esquistos, anfíbolitas, areniscas, granitos, etc.), no se deben hacer zanjillas a menos que exista un horizonte orgánico profundo y estable que lo permita.

En suelos arcillosos pendientes, las zanjillas favorecen el drenaje. En algunos casos, se recomiendan para la protección o estabilización de taludes y derrumbes.

Estas zanjillas se sedimentan rápidamente, haciendo costoso su mantenimiento.

2.4 ACEQUIAS DE LADERA

Son pequeños canales de 30 centímetros de ancho en el fondo (plantilla), taludes 1:1 en suelos estables, 3/4:1 ó 1/2:1 en suelos muy estables, y 1 1/2:1 ó 2:1 en suelos poco estables o susceptibles a la erosión (suelos muy livianos).. Su desnivel y profundidad son variables. Se construyen a través de la pendiente, a intervalos que varían con ésta y con la clase de cultivo (tablas 5.1 y 5.2 y figura 5.1).



FIGURA 5.1.- ACEQUIAS DE LADERA Y DESAGUADERO PROTEGIDO

TABLA 5.1.- ACEQUIAS DE LADERA EN TERRENOS OCUPADOS CON CULTIVOS LIMPIOS CON 30 cm DE PLANTILLA Y TALUD 1:1

Pendiente del terreno %	Espaciamiento entre acequias m	Area Servida (m ²) por cada 100m. de canal	Descarga q litros/seg por cada 100 m de canal	Metros de acequia por hectárea	Límite de longitud de acequia m
2	42,0	4.200	109,5	238	90
3	30,6	3.066	95,0	326	100
4	25,0	2.500	65,0	400	120
5	21,6	2.160	56,0	464	140
6	19,3	1.933	50,0	518	160
7	17,7	1.771	64,0	565	180
8	16,5	1.650	43,0	606	200
9	15,5	1.555	40,5	615	220
10	14,8	1.486	38,5	675	260
11	14,2	1.418	36,9	705	270
12	13,6	1.366	35,5	730	280
13	13,2	1.323	34,4	755	290
14	12,8	1.285	33,4	780	300
15	12,0	1.200	31,2	835	320
16	11,2	1.125	29,2	890	340
17	10,6	1.060	27,6	945	360
18	10,0	1.000	26,0	1000	380
19	9,5	950	24,6	1055	400
20	9,0	900	23,4	1110	420
21	8,6	858	22,3	1165	450
22	8,2	820	21,3	1220	470
23	7,8	783	20,4	1275	490
24	7,5	750	19,5	1330	500
25	7,2	720	18,7	1390	500
26	6,9	695	18,0	1440	500
27	6,6	667	17,3	1500	500
28	6,4	644	16,3	1550	500
29	6,2	620	15,8	1612	500
30	6,0	600	15,6	1670	500

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

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Manual del Cafetero, Bogotá, 1969. 398 p.

TABLA 5.2.-DISTANCIA ENTRE ACEQUIA PARA CAFETALES, CACAOTALES, —
SEMIBOSQUES Y POTREROS, CON PLANTILLA DE 30 cm Y TALUD
1:1."

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

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

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Manual del Cafetero, Bogotá, 1969. 398 p.

Las acequias son aconsejables en zonas con lluvias intensas y en áreas con suelos pesados, poco permeables, donde hay exceso de escorrentía, y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta 40 o/o y longitudes largas.

No se deben construir en terrenos con cultivos limpios o potreros de más de 30 o/o de pendiente, ni en terrenos con cultivos de semibosque (café, cacao, etc.) de más de 50 o/o de pendiente.

El desnivel de las acequias varía de 0,5 a 1 por ciento y la profundidad es la que mayormente determina la capacidad de descarga (tabla 5.3).

Las acequias de ladera deben protegerse con una barrera viva simple o doble, sembrada de 15 a 30 centímetros del borde superior, con el objeto de frenar la fuerza del agua y filtrar los sedimentos. Se deben desaguar en un sitio bien protegido con vegetación, en donde no vayan a causar erosión. Se trazan y construyen desde el desagüe hacia arriba, asegurándose que el fondo quede lo suficientemente alto sobre el desagüe (20-40 cm), para que el agua que baje por éste no penetre a las acequias, o las represe.

En la construcción de varias acequias, debe iniciarse con la más alta del terreno, pues de otro modo se podrían dañar las más bajas por un aguacero fuerte.

2.5 CANALES DE DESVIACION

Son estructuras para evacuar volúmenes considerables de agua (de escorrentía, drenaje, acueductos, desagües, beneficiaderos, etc) y su costo es relativamente alto.

Se les da generalmente una sección trapezoi-

dal y hay necesidad de calcularlos y diseñarlos individualmente para las condiciones en que van a trabajar. Sus pendientes fluctúan entre 0,5 y 5 o/oo (máximo). Cuando se hacen con pendientes mayores, deben revestirse con pastos, o protegerse con obras transversales (trinchos, barreras, etc). En la parte superior del canal, y a todo lo largo, debe sembrarse una barrera viva doble, de 30 a 50 cm del borde.

Estas estructuras son más efectivas cuando sirven en áreas que estén cubiertas de bosques o de pastos, pues en tales condiciones no ocurren sedimentaciones que son la causa más frecuente de su fracaso. Cuando sirven en lotes ocupados con cultivos limpios, que necesitan escardas periódicas, las barreras vivas deben complementarse con una faja amortiguadora ancha sobre el borde superior del canal, la cual se mantiene sembrada de pasto para que filtre el agua de escorrentía. Así, evitan costosos trabajos de mantenimiento y se asegura un buen funcionamiento del canal.

Para evitar la entrada de aguas a una cárcava que presente grave peligro de erosión, el canal debe localizarse a una distancia prudencial de la cabeza o extremo superior de ella, de manera que quede construido sobre terreno firme. La estructura debe quedar a una distancia superior a tres veces la profundidad de la cárcava.

Cuando se desea proteger áreas bajas de la escorrentía proveniente de la parte alta de la vertiente, el canal se construye a la menor distancia posible de la zona que se quiere proteger.

Los cauces naturales o artificiales que integren el sistema de evacuación, deberán cubrirse con una conveniente vegetación y contar además con defensas apropiadas en su

curso, que tiendan a aminorar la velocidad de la corriente y su acción erosiva (presas de piedra acomodada, de ramas, de guaduas, malezas bien manejadas, barreras vivas tupidas, saltos).

2.6 VERTIMIENTO DE AGUAS

No se debe olvidar que el vertimiento último de las aguas, deberá conducirse de manera

adecuada por las vías naturales existentes (o en ocasiones habrá que recurrir a construir-las) con el objeto de llevar el agua hacia cursos o fuentes permanentes (ríos, arroyos, cañadas, lagunas). Los desagües, por seguir generalmente el sentido de la pendiente, deberán estar bien empastados y contar a intervalos con defensas apropiadas (saltos, empalizadas, diques, barreras), (figura 5.2). En ocasiones es necesario construir estructuras especiales, tales como (tuberías) y deslizaderos.

TABLA 5.3.-ACEQUIAS DE LADERA DE 0,30 METROS DE PLANTILLA, TALLUD 1:1.-

DESNIVEL DE LA ACEQUIA (S)	PROFUNDIDAD METROS(D)	DESCARGA (Q) EN LITROS POR SEGUNDO
0,5%	0,10	10,6
	0,12	22,1
	0,15	37,5
	0,18	57,5
	0,21	81,5
	0,25	110,0
1%	0,10	15,0
	0,12	32,0
	0,15	55,5

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

En el manejo de las corrientes de agua el sistema deberá ser integral, partiendo de las tierras más elevadas y abarcando, si fuere menester, varias propiedades vecinas; en muchos casos la sistematización deberá incluir todos los campos de una cuenca natural. De esta manera, se disminuyen los perjuicios que puedan ocasionar las avenidas de aguas provenientes de las áreas más altas, sobre las situadas en niveles inferiores.

Es muy común que un agricultor, al construir los desagües, se olvide del vecino y

vierta las aguas en la propiedad contigua. Esto también ocurre muy a menudo con los desagües de las carreteras y caminos vecinales, que vierten aguas a los predios que están a lado y lado de ellos sin ningún criterio y sin considerar los daños que causen.

Cuando el cultivo en contorno o en fajas transversales prevee la construcción de acequias de ladera o canales de desviación, es imprescindible planear junto con estas prácticas, el sistema adecuado para eliminar el agua.

3.- CALCULO DE LA ESCORRENTIA CRITICA

La escorrentía crítica es la cantidad máxima de agua por segundo que saldría permanentemente de un lote durante un aguacero, si se recogiera e hiciera pasar por un solo punto.

Se conocen varios métodos para el cálculo de la escorrentía de cuencas y pequeñas áreas, como los de Ramser, Cook, E. W., Culp, Mockus, NEH-4. Algunos de estos métodos requieren cálculos especiales y datos meteorológicos e hidrológicos que no disponemos en nuestro medio.

El método de Ramser se ha venido utilizando tradicionalmente para el cálculo de escorrentía y está basado en las intensidades críticas de la lluvia y las características de la superficie del terreno.

La fórmula de Ramser para el cálculo de la escorrentía crítica es la siguiente:

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

En donde:

Q = Es el caudal más probable, en metros cúbicos por segundo, de la escorrentía.

C = Es el coeficiente de escorrentía de la vertiente, que depende de la topografía, del suelo y de la cubierta vegetal, y expresa la relación entre el agua de escorrentía y el agua de la lluvia. A mayor valor de C, mayor proporción de escorrentía de una lluvia.

I = Es la intensidad crítica, (intensidad máxima más probable de lluvia) en función del tiempo de concentración, expresada en milímetros por hora. A mayor intensidad habrá mayor escorrentía y mayor caudal (Q).

A = Es el área del terreno para el cual va a servir el canal, expresada en hectáreas. A mayor área, habrá mayor volumen de escorrentía.



FIGURA. 5.2.- DESAGUADERO NATURAL PROTEGIDO

360=Es el factor de conversión de unidades, para expresar Q en metros cúbicos por segundo.

3.1 CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

En la práctica, para una condición especial de cultivo, suelo, y topografía y en una zona de pluviometría conocida, puede obtenerse C haciendo la relación: $\frac{\text{escorrentía (mm)}}{\text{lluvia (mm)}}$ durante un determinado tiempo.

Estas medidas deben hacerse varias veces para determinar los valores de C más probables. La escorrentía en mm de un aguacero se obtiene recogiendo toda el agua superficial de un lote de área conocida que se presente como consecuencia de ese aguacero, y dividiendo la cantidad de escorrentía en litros, por el área del terreno en metros cuadrados (ya que 1 mm de lluvia equivale a 1 litro de agua distribuido en un m²). Ejemplo: durante un aguacero intenso, típico de la zona, se midió en un lote aislado de 10 metros cuadrados, la cantidad de escorrentía recogida y la lluvia caída.

Lluvia caída durante el aguacero : 30 mm.

Volumen de escorrentía producido por el aguacero : 40 litros.

$$\text{Escorrentía mm} = \frac{40 \text{ litros}}{10 \text{ metros}^2} = 4 \text{ mm}$$

$$C = \frac{\text{Escorrentía (mm)}}{\text{Lluvia (mm)}} = \frac{4}{30} = 0,13$$

Ramser, Cook y otros investigadores del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, han obtenido experimentalmente algunos valores de C para cuencas hidrográficas pequeñas, con base en la topografía, el grado de pendiente, el tipo de cultivo y la capacidad de infiltración del suelo. Los más utilizados en América Latina son los de Ramser (tabla 5.4).

En estudios realizados durante varios años, en los predios de escorrentía de Cenicafé, en suelos coluviales (inestables) y de cenizas volcánicas (estables) con pendientes que varían de 20 a 70 o/o, con cultivos limpios, de pasto y de café se han obtenido algunos valores de C más frecuentes en los meses lluviosos (tabla 5.5).

Frecuentemente una vertiente que va a servir un canal tiene 2 ó más clases de cultivo y diferentes grados de pendiente. En estos casos, C es un valor promedio ponderado. Se obtiene multiplicando los valores de C de cada lote, por el área del mismo, y dividiendo la suma de estos valores por el área total estudiada.

Ejemplo: se trata de calcular el valor de C de una vertiente de 80 hectáreas, suelo estable, que tiene:

20 hectáreas con pasto y 40 o/o de pendiente.

30 hectáreas con café al sol y 20 o/o de pendiente.

30 hectáreas de cultivo limpio con 20 o/o de pendiente.

Según la tabla 5.5 tenemos los valores de C para cada lote (C').

Resumiendo los datos necesarios para el cálculo de C promedio, tenemos:

TABLA 5.4.- COEFICIENTES DE ESCORRENTIA (C) DE RAMSER

VERTIENTE	PENDIENTE %	CULTIVO	C
Ondulada	5 - 10	Limpio	0,60
"	" "	Pastos	0,36
"	" "	Bosques	0,18
Montañosa	10 - 30	Limpio	0,72
"	" "	Pastos	0,42
"	" "	Bosques	0,21

Suárez, F. *Conservación de Suelos*. Salvad Editores, Madrid, 1956. 298 p.

Lote	Pen- diente o/o	Area Ha	C'	C' x A	por donde se desea evacuar el agua. Se supone que en el tiempo de concentración ocurre el máximo caudal, ya que está llegando agua desde todos los puntos de la vertiente.
Pastos	40	20	0,40	8,0	El tiempo de concentración es una función de la velocidad de la escorrentía (V) y la longitud máxima del lote servido por el canal (L).
Café sol	20	30	0,15	4,5	
Cultivo limpio	20	30	0,45	13,5	
TOTAL		80		26,0	

$$C = \frac{26}{80} = 0,32$$

3.2 CALCULO DE LA INTENSIDAD CRITICA

Es la intensidad máxima más probable que puede ocurrir en un tiempo de concentración, expresada en milímetros por hora.

El *tiempo de concentración* (t_c) es el tiempo que tardaría una gota en llegar desde el punto más lejano de la vertiente hasta la estructura

$$t_c \text{ (minutos)} = \frac{L \text{ (metros)}}{V \text{ (metros / minuto)}}$$

La velocidad de escorrentía depende de la pendiente y la clase de vegetación. Ramser y Horton han encontrado algunos valores de V en trabajos experimentales; en la tabla 5.6 se presentan dichos valores expresados en metros por minuto.

Conociendo el tiempo de concentración, se obtiene la intensidad crítica en la tabla 5.7, de intensidades de lluvia más probables de la zona cafetera (tiempo de concentración en minutos contra milímetros de lluvia por hora). Se debe tomar el valor más aproximado

a la condición resultante, y en algunos casos habrá que interpolar. Con los datos de intensidad crítica y coeficiente de escorrentía conocidos, se aplica la fórmula de Ramser para conocer Q.

TABLA 5.5.- VALORES DE C MAS FRECUENTES EN LOS MESES LLUVIOSOS OBTENIDOS EN GENICAFE (1949 -1973). Precipitación anual promedio 2.550 mm.

PENDIENTE %	CULTIVO	PERMEABILIDAD DEL SUELO	
		ALTA SUELO COLUVIAL	MODERADA SUELO CENIZAS VOLCANICAS
20	Limpio	0,25	0,45
	Pastos	0,15	0,25
	Café sol	— *	0,15
	Café sombrío	0,07	—
40	Limpio	0,35	0,60
	Pastos	0,20	0,40
	Café sol	—	0,20
	Café sombrío	0,10	0,10
60	Limpio	0,40	0,70
	Pastos	0,30	0,50
	Café sol	—	0,30
	Café sombrío	0,10	0,15

* No se ha investigado

Gómez, A. Coeficiente de escorrentía más frecuentes en cultivos de la zona cafetera. Archivo Sección de Conservación de Suelos, Genicafé, Chinchiná (Colombia), 1973

4. DISEÑO Y TRAZADO DE CANALES

Una vez conocidos el gasto (Q) (con base en la escorrentía crítica), el tipo de suelo y el área a beneficiar, se debe hacer un balance entre qué es más conveniente: si evacuar la escorrentía por medio de varias zanjillas, acequias, o de un canal. Esto se hace con base en los costos y según sea la protección contra la erosión, considerando que estos sistemas tengan la misma eficiencia de evacuación.

4.1 SELECCION ENTRE CANALES Y ACEQUIAS

Para hacer esta selección se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Pendiente del terreno. Los canales deben construirse en pendientes menores del 30 o/o (o hasta del 40 o/o en suelos estables con bosques, potreros o cultivos de semibosque), ya que en pendientes mayores resultarían secciones con una excavación muy grande y costosa.
- Clase de suelo. Un canal construido todo en excavación, exige perfiles uniformes, sin obstáculos tales como pedregosidades o lenticelas de arena. También requieren suelos estables, que permitan el desnivel y el corte en secciones angostas con taludes estables.
- Volumen de la escorrentía. Por ser estructuras costosas y de precisión, los canales deben preferirse para evacuar gastos mayores de $100 \text{ m}^3/\text{hora}$ (30 litros por segundo).
- Costo de excavación. Aún llenando los requisitos permisibles para construir un canal se deben comparar los costos de su excavación con los de un sistema de acequias.

En las tablas 5.1 y 5.2 se indican los metros por hectárea de acequia necesarios para evacuar un volumen dado.

4.2 SECCIONES DE CANALES

La sección es el corte transversal de un canal generalmente de forma trapezoidal. En ocasiones, para obras pequeñas, pueden hacerse secciones rectangulares revestidas con ladrillo en pandereta o sogá. La forma y proporción de la sección, determinan la capacidad y la eficiencia del mismo, y dependen de la clase de material en que se construya o excave (figura 5.3).

Los elementos de una sección son:

Plantilla (b). Ancho del fondo del canal.

Tirante (d). Altura máxima del agua en el canal.

Borde libre (d'). Altura por encima del agua hasta el borde del canal.

Profundidad (D). Profundidad normal de excavación del canal, igual a $d + d'$.

Talud (Z : 1). Es la inclinación de las paredes del canal para darles estabilidad. Z es la componente horizontal por cada unidad vertical del talud.

Angulo (\mathcal{L}). Angulo externo del talud del canal, con la horizontal.

Ancho Superior (B). Es el ancho del canal a la altura de la profundidad de excavación (D).

Area (A). Es el área mojada de la sección del canal, definida por la altura del tirante d.

**TABLA 5.6.-VELOCIDAD DE ESCORRENTIA EN m/minuto
(RAMSER Y HORTON). -**

	PENDIENTE EN %							
	0 - 4	4-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35 - 40
BOSQUE								
18	36	60	72	84	90	96	102	
POTRERO								
22	54	72	90	96	108	114	120	
CULTIVO LIMPIO								
36	72	90	102	108	114	120	126	

Suarez, F. *Conservación de Suelos*. Salvat Editores, Madrid, 1956. 298 p.

Perímetro mojado (P). Es el perímetro del área mojada del canal, A.

Radio hidráulico (R). Es la relación que hay entre el área mojada y el perímetro mojado.

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

Otros elementos del canal son:

Pendiente (S). Es la inclinación que se da al fondo del canal, para que corra el agua. Se expresa en tanto por mil (o/oo).

Coefficiente de rugosidad (n). Es la aspereza que tienen las paredes y el fondo del canal, (con relación a una superficie lisa) que opone resistencia a la velocidad del agua.

4.3 SELECCION DE LA SECCION DE UN CANAL

Los canales en terrenos pendientes, se construyen todos en corte, por razones de seguridad.

Hay tres tipos de secciones:

- Máxima eficiencia hidráulica. Son secciones que requieren la menor excavación, angostas y profundas, donde el tirante "d" es mucho mayor que la plantilla "b"
- Sección media. Son secciones en que la plantilla aumenta y disminuye el tirante con relación a la sección anterior.
- Mínima infiltración. Son secciones que tienen la plantilla ancha, y un tirante pequeño.

Las secciones próximas a la de máxima eficiencia, son las más recomendables para terrenos pendientes, con suelos profundos y uniformes, con buena estabilidad estructural y donde no existan problemas potenciales de remociones en masa por infiltración.

Se deben utilizar secciones de mínima infiltración en los suelos con peligro de erosión por infiltración, poco profundos, o con el segundo horizonte inestable, cuando la pendiente no sea muy alta (menos del 40 o/o) y cuando el primer horizonte orgánico permita hacer el corte.

En canales de corona, en derrumbes, taludes y cárcavas, donde se está previniendo o corrigiendo un problema de remoción por infiltración, la sección debe ser de mínima infiltración.

La condición de sección media, se usará en suelos de mediana estabilidad estructural y donde el peligro de remociones en masa sea muy remoto; también cuando la pendiente o el tipo de suelo no permita excavar canales de máxima eficiencia hidráulica.

El tipo de sección, para el cálculo de canales, está representado por la relación entre la plantilla y el tirante (b/d) (tabla 5.10).

4.4 CALCULO DE CANALES

Para calcular un canal es necesario seguir los siguientes pasos:

- Calcular la escorrentía crítica con base en la fórmula de Ramser:

$$Q = \frac{C I A}{.360} \text{ (en m}^3\text{/seg).}$$

- Seleccionar el tipo de Sección (numeral 4.3).

- Determinar la velocidad máxima permisible en el canal (V) en m/seg (tabla 5.8).

- Determinar el área de la sección del canal en m^2 ($A = \frac{Q}{V}$)

- Determinar el talud del canal Z:1 (tabla 5.9).

- Determinar la relación plantilla - tirante ($K = \frac{b}{d}$) del canal, según el talud y la sección seleccionada (tabla 5.10).

- Calcular el tirante (en metros) $d = \frac{A}{K + Z}$

- Calcular la plantilla (en metros) $b = Kd$

- Calcular el perímetro (en metros)
 $P = b + 2d\sqrt{Z^2 + 1}$

- Calcular el radio hidráulico (en metros)
 $R = \frac{A}{P}$

- Determinar el coeficiente de rugosidad (n) de acuerdo a las condiciones de las paredes del canal (tabla 5.11).

- Determinar la pendiente del canal (S) en tanto por mil (o/oo) en el nomograma para la solución de la fórmula de Manning, con n, R y V conocidas (figura 5.4).

- Calcular B y D:

$$d' = 10 \text{ a } 15 \text{ centímetros}$$

$$D = d + d'$$

$$B = b + 2ZD$$

- Resumir los datos del canal que se necesitan para su excavación.

- Gasto	Q
Area	A
Velocidad	V

TABLA 5.7.- INTENSIDAD CRITICA EN mm/HORA DE LAS LLUVIAS DE LAS ZONAS
(PERIODO 1961 - 1970)

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ESTACION METEOROLOGICA	1	2	3	4	5
Antioquia	Jardín	Miguel Valencia	4,28	6,42	8,56	12,31	15,52
	Venecia	Esteban Jaramillo	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
Boyacá	Moniquirá	Bertha	4,76	7,14	9,52	13,69	17,24
Caldas	Chinchiná	Cenicafé	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
	Chinchiná	Naranjal	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
	Manizales	Agronomía	4,28	6,42	8,56	12,31	15,52
	Manzanares	Llanadas	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
	Popayán	La Florida	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
Cesar	Manaure	Ramón Mejía	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
	Pueblo Bello	Pueblo Bello	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
Cundinamarca	Tibacuy	Tibacuy	4,79	7,14	9,52	13,69	17,24
	Yacopí	Monte Líbano	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
Huila	Gigante	Jorge Villamil	4,28	6,42	8,56	12,31	15,52
Nariño	Consacá	Ospina Pérez	4,28	6,42	8,56	12,31	15,52
	La Unión	Manuel Mejía	4,28	6,42	8,56	12,31	15,52
Norte Santander	Chinácota	Blonay	4,76	7,14	9,52	13,69	17,24
	Salazar	Francisco Romero	5,72	8,55	11,41	16,41	20,69
Quindío	Calarcá	La Bella	4,76	7,14	9,52	13,69	17,24
	Pijao	Paraguacito	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
Risaralda	Santa Rosa	Pedro Uribe	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
Tolima	Dolores	La Montaña	4,79	7,14	9,52	13,69	17,24
	Ibagué	Chapetón	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
	Líbano	La Unión	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
Valle	Restrepo	Julio Fernández	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97
	Sevilla	Heraclio Uribe	5,24	7,86	10,48	15,03	18,97

Suárez, J y Gómez, A. Estudio de las intensidades de las lluvias de las zonas cafetera

CAFETERAS EN FUNCION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION CON 70% DE PROBABILIDAD

TIEMPO DE CONCENTRACION (minutos)										
10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
15,56	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	14,29	16,00
17,78	21,05	18,18	16,90	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	18,37	18,00
17,78	21,05	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	14,29	16,00
17,78	21,05	18,18	19,72	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	20,41	20,00
17,78	21,05	18,18	19,72	17,72	21,43	20,45	19,57	18,95	20,41	20,00
17,78	17,54	18,18	16,90	17,72	21,43	20,45	19,57	18,95	18,37	18,00
20,00	21,05	18,18	21,13	22,78	21,43	20,45	19,57	18,95	18,37	20,00
17,78	21,05	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	19,57	18,95	18,37	20,00
15,56	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	17,39	16,84	18,37	18,00
20,00	21,05	22,73	25,35	22,78	21,43	20,45	22,83	22,11	21,43	21,00
20,00	21,05	27,27	25,35	26,58	25,00	23,86	22,83	25,26	24,49	24,00
20,00	21,05	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	16,33	16,00
20,00	21,05	18,18	21,13	21,52	21,43	20,45	19,57	18,95	18,37	18,00
17,78	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	14,29	18,00
13,33	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	14,29	18,00
17,78	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	18,95	18,37	18,00
17,78	17,54	18,18	22,54	22,78	21,43	23,86	22,83	22,11	21,43	21,00
20,00	21,05	27,27	25,35	26,58	25,00	23,86	22,83	25,26	24,49	24,00
17,78	21,05	18,18	19,72	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	18,37	20,00
17,78	21,05	18,18	21,13	18,99	19,05	20,45	19,57	18,95	18,37	20,00
17,78	21,05	18,18	19,72	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	18,37	20,00
17,78	21,05	18,18	16,90	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	18,37	18,00
17,78	17,54	18,18	16,90	17,72	17,86	20,45	19,57	18,95	18,37	18,00
17,78	21,05	18,18	19,72	17,72	21,43	20,45	19,57	18,95	18,37	20,00
17,78	21,05	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	15,22	14,74	14,29	17,00
17,78	17,54	18,18	16,90	17,72	16,67	15,91	19,57	18,95	18,37	18,00

Colombiana. Cenicafé, Chinchiná, 1974.

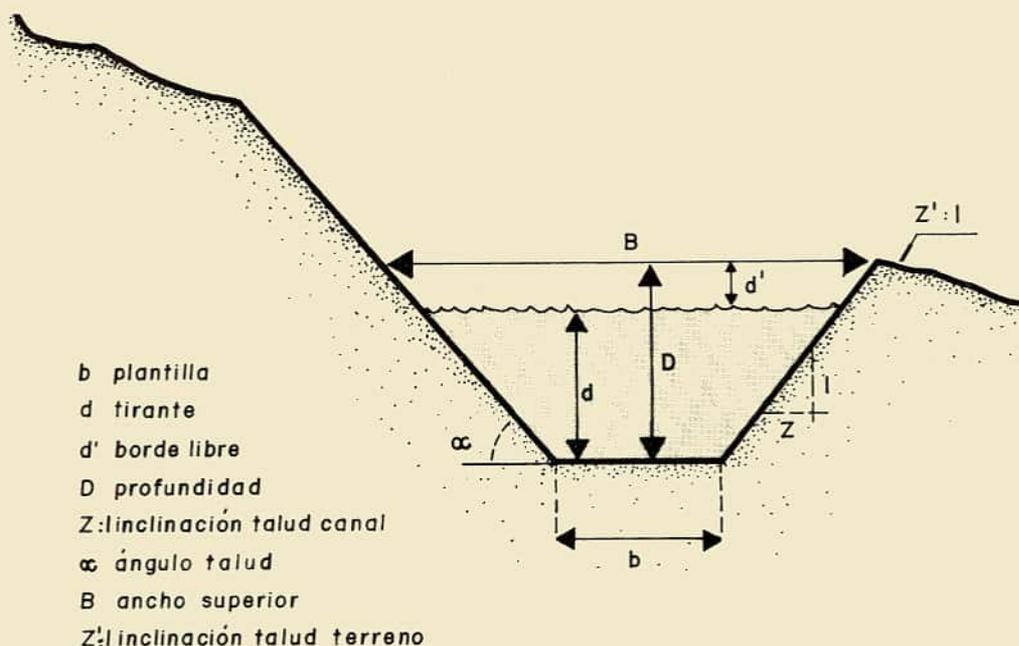


FIGURA 5.3.- ELEMENTOS DE UNA SECCION DE CANAL.-

Coefficiente de rugosidad n	
Taludes	Z : 1
Borde libre	d'
Profundidad	D
Ancho superior	B
Pendiente (desnivel)	S o/oo

En cuanto a las velocidades máximas permisibles en canales empastados, el Manual 135 del Departamento de Agricultura de los E. U. sugiere las siguientes reglas para que el agua no dañe la cubierta:

- Velocidad de 0,90 m/seg para canales en suelos superficiales con pasto en mal estado y disperso.
- Velocidad de 1,20 m/seg para condiciones normales de la cubierta.
- Velocidad de 1,50 a 1,80 m/seg para cu-

biertas vigorosas y de rápido crecimiento.

- Velocidad de 2,10 m/seg para cubierta ya establecida, de excelente calidad, con buen mantenimiento, y en circunstancias especiales que no permiten utilizar velocidades menores.

En la tabla 5.12 aparecen algunos canales de desviación ya diseñados para diferentes gastos de escorrentía crítica.

4.5 LOCALIZACION Y TRAZADO DEL CANAL

Se debe seleccionar tentativamente el trayecto por donde pasaría el canal, teniendo en cuenta la localización del punto de desagüe, y que no haya obstáculos (tales como rocas, derrumbes, construcciones, cambios bruscos de pendiente) que exijan la construcción de

TABLA 5.8.- VELOCIDADES PERMISIBLES EN CANALES EN TIERRA Y EMPASTADOS.-

I.- CANALES EN TIERRA

MATERIAL	V m/seg *
Arena fina, suelta	0,30 - 0,45
Arena gruesa o suelo arenoso fino, toba, lapilli	0,45 - 0,60
Suelo arenoso medio	0,60 - 0,75
Suelo arcilloso	0,50 - 0,70
Suelo arcillo arenoso	0,75 - 0,80
Suelo franco arenoso	0,75 - 0,83
Suelos francos, aluviales	0,80 - 0,90
Suelo franco arcilloso	0,90 - 1,10
Suelo arcilloso duro, cenizas volcánicas estables	1,20 - 1,50

II.- CANALES EMPASTADOS

Tipo de pasto	Pendiente del canal %	V m/seg	
		Suelo resistente a la erosión	Suelo fácilmente erosionable
Pasto trenza Ki kuyo	1 - 5	2,40	1,80
	5 - 10	2,10	1,50
	Mayor de 10	1,80	1,20
Mezclas de pastos	1 - 5	2,10	1,80
	5 - 10	1,80	1,50
	Mayor de 10	1,50	1,20

* Valores mayores para suelos muy resistentes a erosión; Valores menores para suelos con menor resistencia

Adaptado del Manual 135 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

estructuras adicionales (saltos, vertederos, sifones).

Una vez seleccionado el sitio del canal, se hace el trazo preliminar comenzando del desagüe o punto de salida hacia arriba, de tal forma que el fondo del canal en este punto quede lo suficientemente elevado para que el agua salga con facilidad y no se represe (20 – 40 cm de caída).

El trazo preliminar es una curva a nivel, ejecutada con la ayuda de un caballete o un nivel de ingeniería, según la precisión que requiera la pendiente del canal.

A medida que se traza la curva a nivel, se debe ir comprobando el perfil con un barreno, para ver si ese punto admite la excava-

ción, o si se debe cambiar la trayectoria. Se marca con estacas la línea trazada, y con ayuda de una cabuya que se pasa entre ellas se suaviza la línea en los puntos muy abiertos o muy forzados, corriendo las estacas.

4.6 EXCAVACION DE CANALES

Una vez hecho y marcado el trazo definitivo, se procede al corte o excavación del canal, para lo cual se sugiere seguir los pasos ilustrados en la figura 5.5. La excavación se hace a partir del punto de desagüe, aguas arriba. A medida que se excava, se debe ir comprobando el desnivel del fondo del canal, con la pendiente calculada, y al terminar, comprobar la pendiente o desnivel total del trazado.

TABLA 5.9.- TALUDES RECOMENDADOS PARA CANALES EXCAVADOS.-

TIPO DE SUELO	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
<i>Roca en buenas condiciones</i>	<i>Vertical</i>	<i>1/4 : 1</i>
<i>Arcillas compactas, conglomerados</i>	<i>1/2 : 1</i>	<i>1 : 1</i>
<i>Suelos limo-arcillosos</i>	<i>1 : 1</i>	<i>1 1/2 : 1</i>
<i>Cenizas volcánicas estables</i>	<i>1 : 1</i>	<i>1 : 1</i>
<i>Suelos limo arenosos</i>	<i>1 1/2 : 1</i>	<i>2 : 1</i>
<i>Arenas sueltas, toba, lapilli</i>	<i>2 : 1</i>	<i>3 : 1</i>

Trueba Coronel, S. Hidráulica. Norgis Editores, México, 1955. 430 p.

4.7 TERMINADO Y MANTENIMIENTO DEL CANAL

Una vez terminada la excavación, se compactan las paredes y el fondo del canal con un mazo de madera, para darles mayor resistencia y estabilidad.

Se siembra una barrera viva en doble o triple hilera a 0,50 a 1,00 m de distancia del borde superior, y esta zona se empedra, con el fin de frenar la velocidad de llegada del agua y filtrar los sedimentos. Los canales deben mantenerse libres de sedimentos, malezas, basuras, etc.

TABLA 5.10.- VALORES DEL COCIENTE $\frac{b}{d} = \frac{\text{Plantilla}}{\text{Tirante}} = K$

TALUD	ANGULO	EFICIENCIA MAXIMA K	EFICIENCIA MEDIA K	FILTRACION MINIMA K
Vertical	90°	2,000	3,000	4,000
1/4 : 1	75° - 56'	1,562	2,342	3,126
1/2 : 1	63° - 26'	1,236	1,854	2,472
4/7 : 1	60° - 15'	1,161	1,741	2,321
3/4 : 1	53° - 08'	1,000	1,500	2,000
1 : 1	45° - 00'	0,828	1,243	1,657
1 1/4 : 1	38° - 46'	0,702	1,053	1,403
1 1/2 : 1	33° - 41'	0,605	0,908	1,211
2 : 1	26° - 34'	0,472	0,708	0,944
3 : 1	18° - 26'	0,325	0,487	0,649

Trueba Coronel, S. Hidráulica. Norgis Editores, México, 1955. 430 p.

TABLA 5.II.- VALORES DE "n." PARA CANALES Y ZANJAS PARA LA FORMULA DE MANNING (HORTON).

SUPERFICIE	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
-En tierra, rectos y uniformes	0,017	0,020	0,022	0,025
En roca lisos y uniformes	0,025	0,030	0,033	0,035
En rocas, con salientes e irregularidades.	0,035	0,040	0,045	0,04
-Sinuosos y de escurrimiento lento.	0,0225	0,025	0,027	0,030
-Dragados en tierra	0,025	0,0275	0,030	0,033
-Con lecho pedregoso y bordos de tierra enyerbados	0,025	0,030	0,035	0,040
-Plantilla de tierra, taludes ásperos.	0,028	0,030	0,033	0,035

Trueba Coronel, S. Hidráulica. Norgis Editores, Mexico, 1955. 430 p.

TABLA 5.12.- CANALES DE DESVIACION DISEÑADOS PARA DIFERENTES GASTOS DE ESCORRENTIA CRITICA (Talud 1,5:1).

Pendiente 0,5 ‰

Q (l/seg)	m^3/h	Plantilla cm.	Tirante cm.	Profundidad Total cm
15	54	31	21	31
30	108	47	23	33
55	198	60	28	38
115	414	93	35	45
230	828	125	45	55

Pendiente 1 ‰

Q (l/seg.)	m^3/h	Plantilla cm	Tirante cm	Profundidad Total cm
15	54	31	16	20
30	108	40	23	33
55	198	47	27	37
115	414	60	35	45
230	828	93	42	52

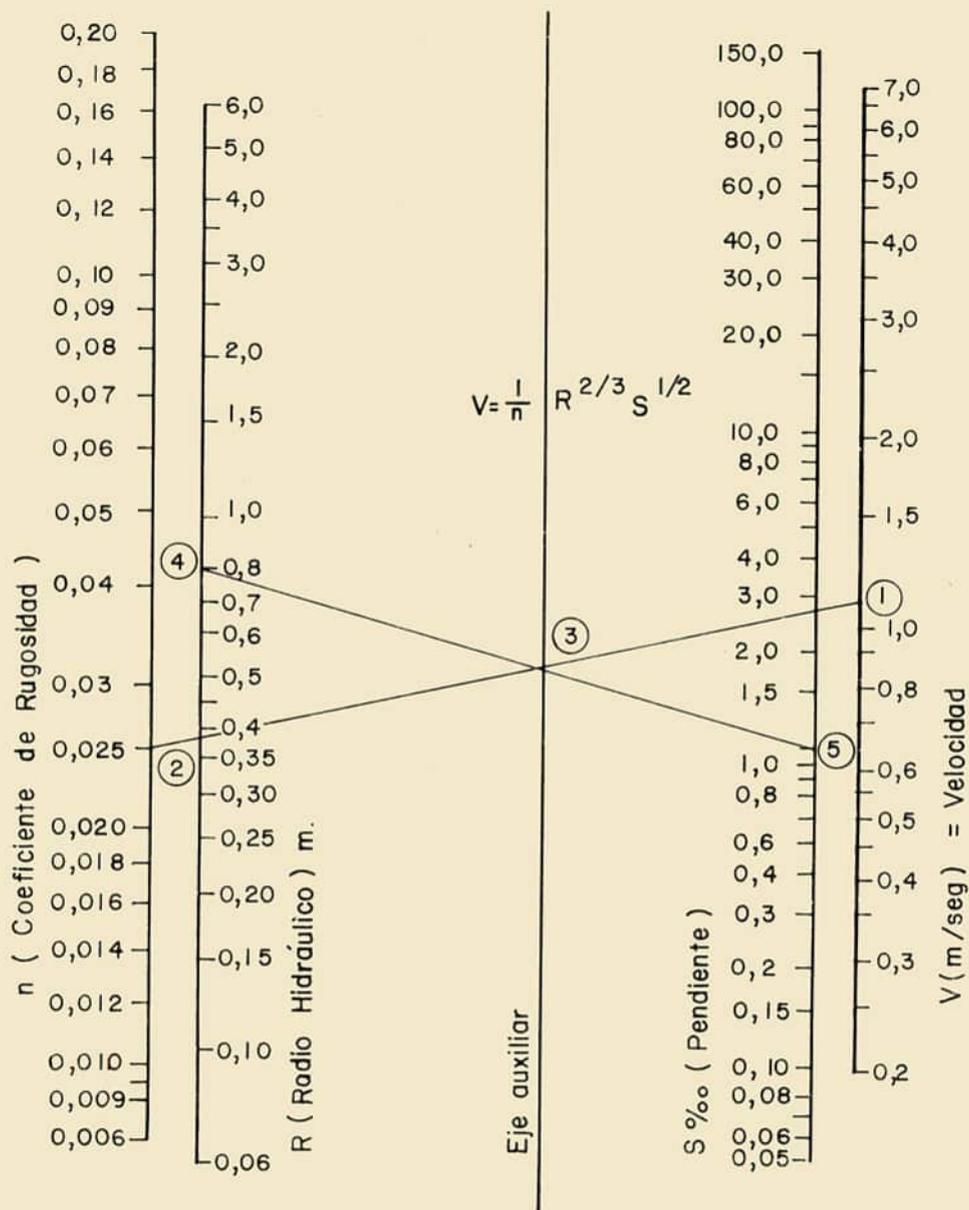
Pendiente 2 ‰

Q (l/seg.)	m^3/h	Plantilla cm	Tirante cm	Profundidad Total cm
15	54	31	13	23
30	108	40	13	23
55	198	47	23	33
115	414	47	31	41
230	828	60	40	50

Pendiente 5 ‰

Q (l/seg)	m^3/h	Plantilla cm	Tirante cm	Profundidad Total cm
15	54	31	11	21
30	108	31	15	25
55	198	47	18	28
115	414	47	26	36
230	828	60	34	44

Gómez, A. Curso de Hidráulica. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales (Colombia), 1970.

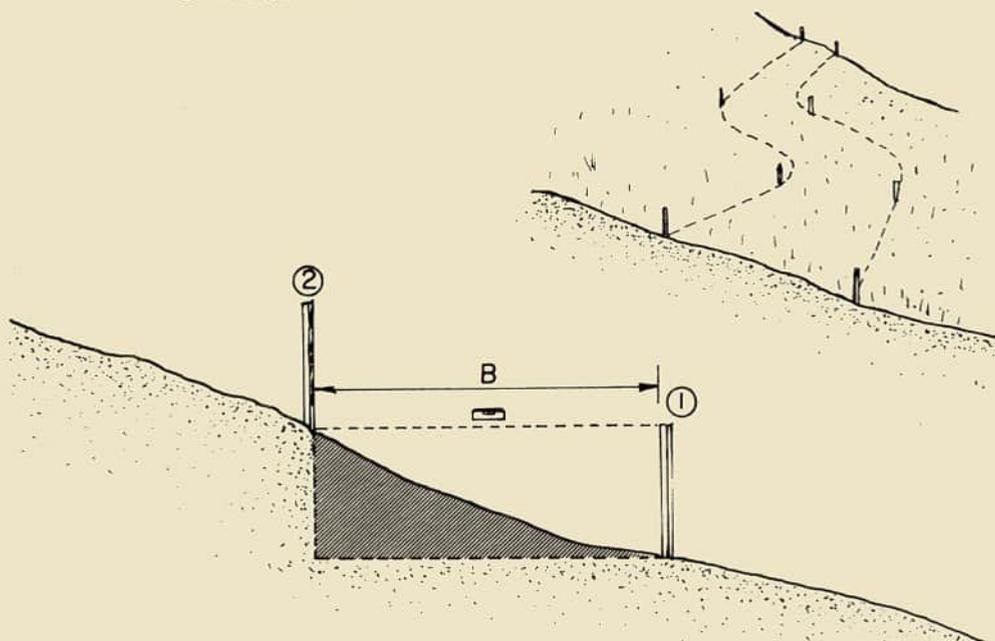


EJEMPLO : Conocidos $R=0,8$ m. $V=1,1$ m/seg. $n=0,025$
 Buscar "S"

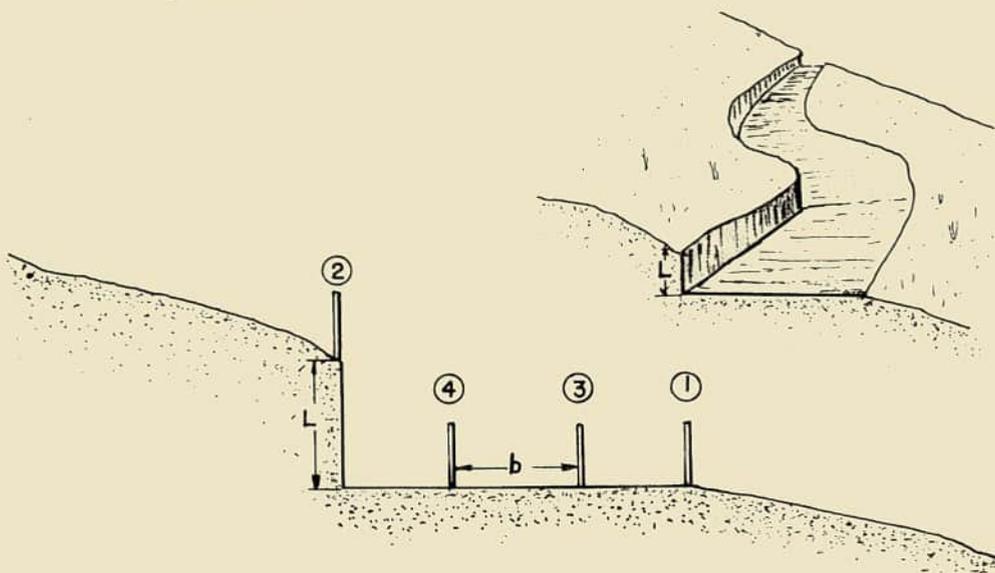
Se entra con V , punto (1) y se une con "n" punto (2), se determina el punto (3) en el eje auxiliar. Se busca R , (4) y se une con (3) y se prolonga hasta el eje de pendiente "S" de terminando el punto (5), donde $S \approx 1\text{‰}$

FIGURA 5.4.- NOMOGRAMA PARA LA SOLUCION DE LA FORMULA DE MANNING.-

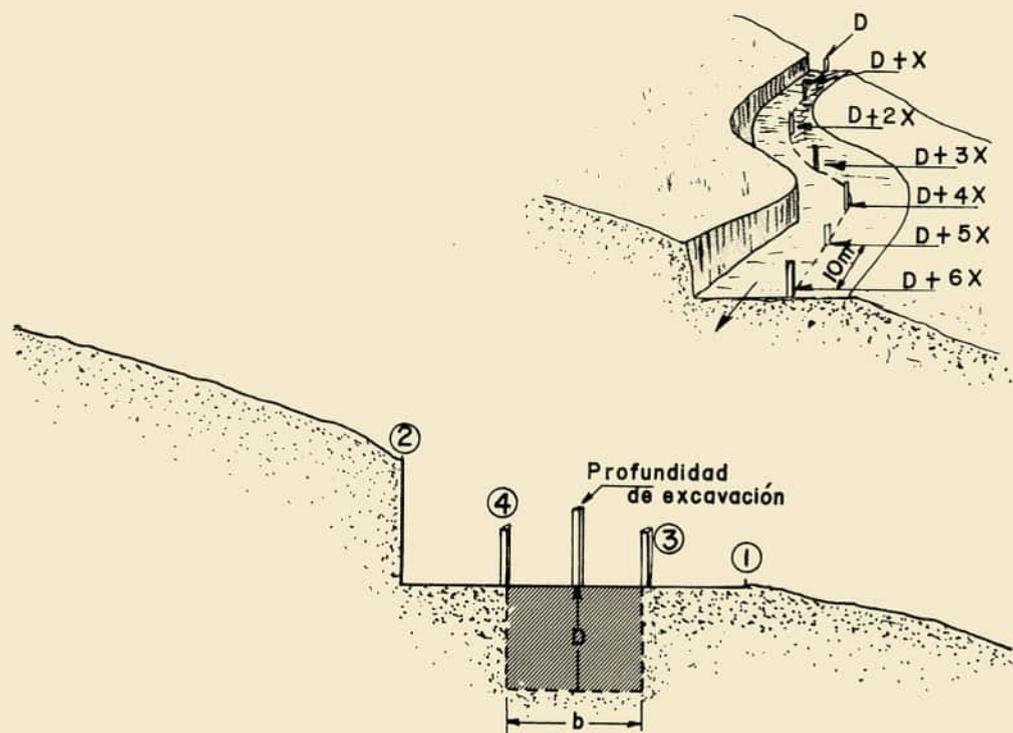
FIGURA.-5.5.- PASOS PARA EL TRAZADO Y CONSTRUCCION DE UN CANAL O ACEQUIA.-



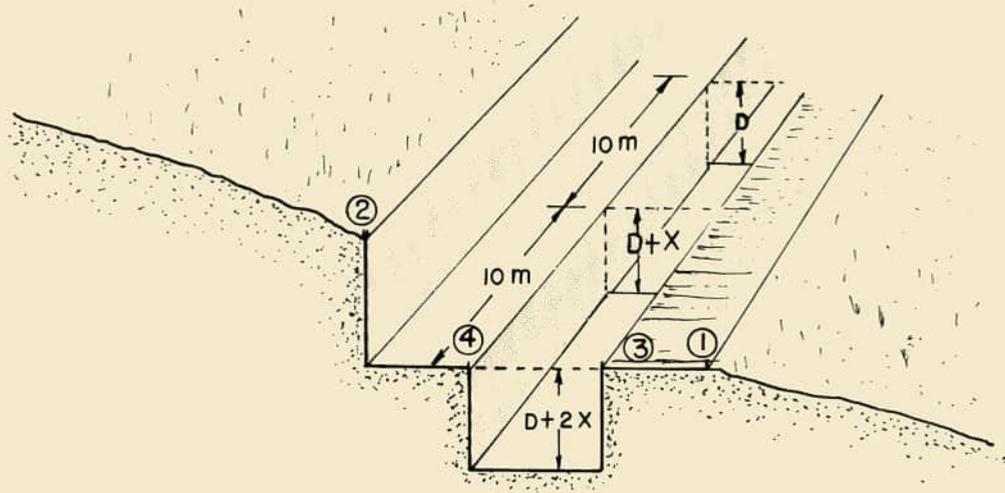
PASO 1.- Sobre la curva a nivel ① (borde inferior) se traza una línea paralela ② a una distancia horizontal igual a "B". Se excava una banca formando ángulo recto.



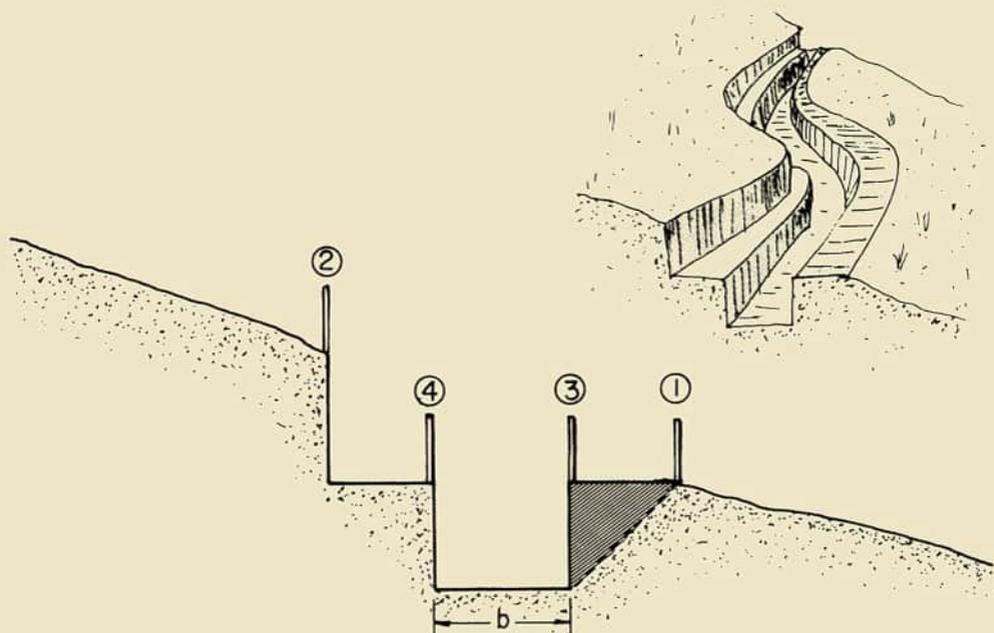
PASO 2.- La banca queda aproximadamente a nivel y en el centro de ella se marca el ancho de la plantilla "b" mediante las estacas ③ y ④



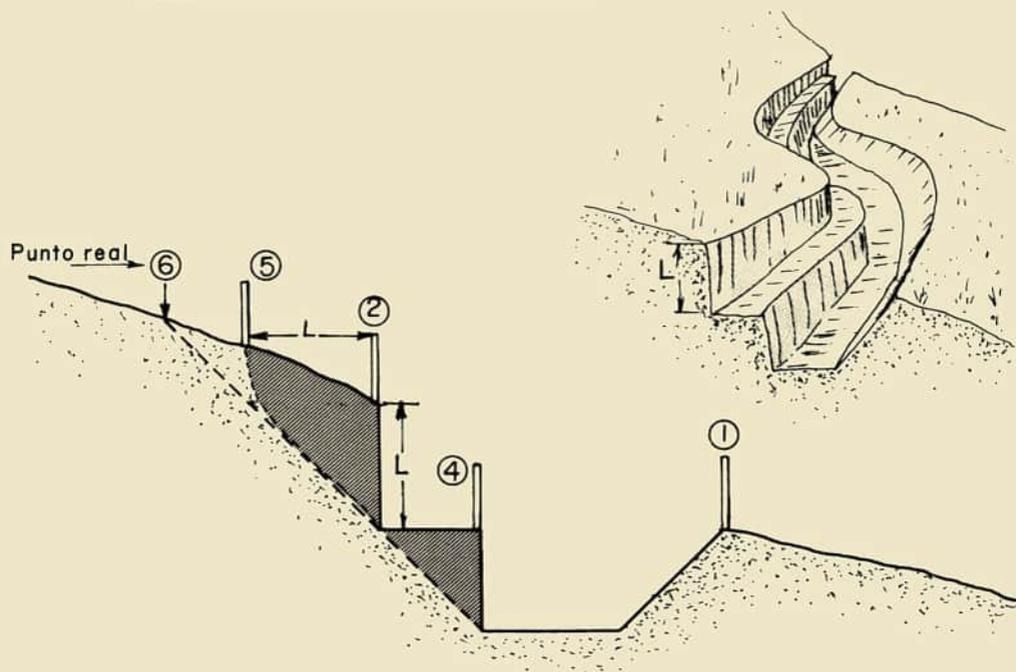
PASO 3.- Cada 10,00 m. se coloca una estaca en el centro marcada con la profundidad de excavación en ese sitio del canal. La profundidad en la parte más alta es igual a "D".



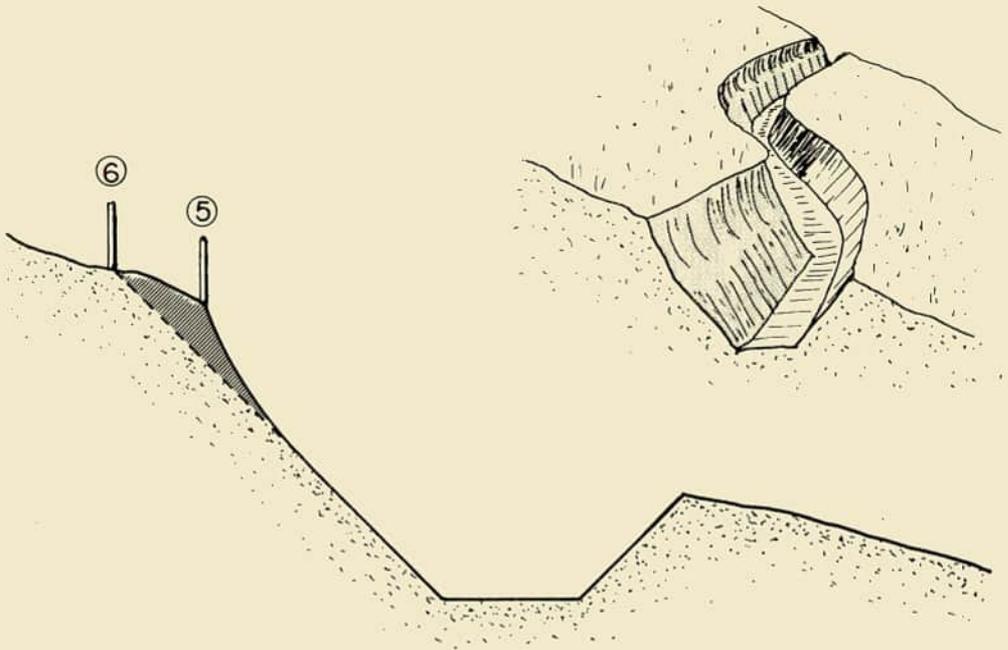
PASO 4.- Cada 10,00 m "D" aumenta en "X" para darle el desnivel al fondo del canal (X en cm. = al valor de la pendiente en ‰). La excavación se hace de abajo hacia arriba.



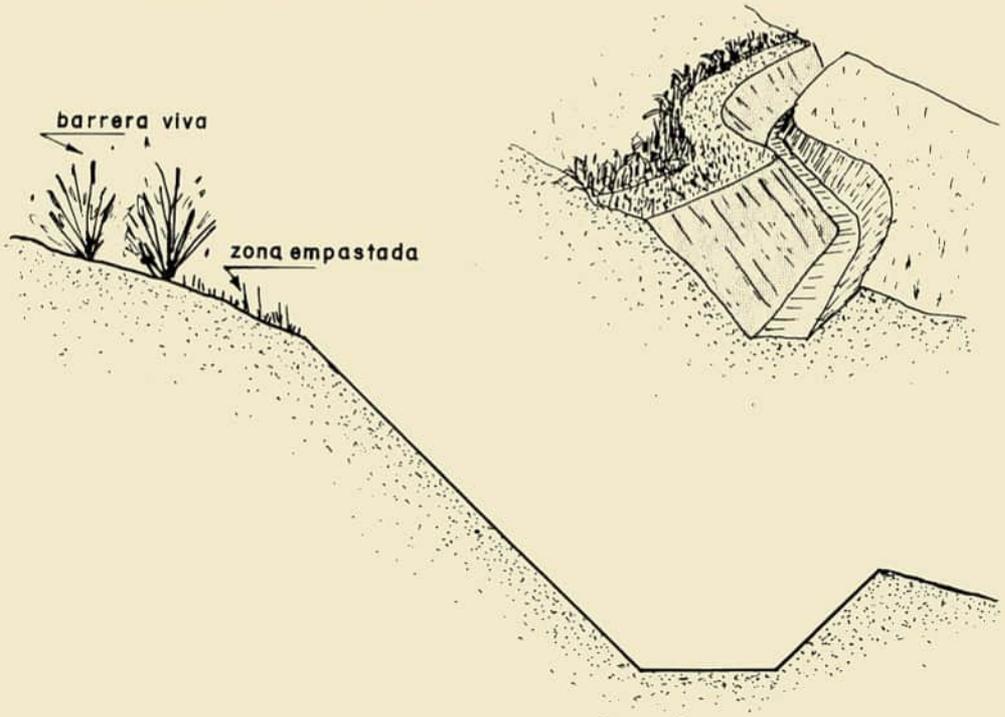
PASO 5.- Una vez excavado el ancho "b" y rectificadas la pendiente "S" se rebana el talud inferior desde 1 hasta el fondo.



PASO 6.- A una distancia "L" de ② se marca el punto auxiliar ⑤ que está muy cercano al punto real ⑥ del talud superior definitivo y se rebana desde ⑤ hasta el fondo del canal.



PASO 7.- Se rebana y empareja la parte alta del talud superior para terminarlo y se apisona todo el canal.



PASO 8.- El canal terminado tiene una barrera viva doble a 1,00 m del borde superior, espacio que estará sembrado de pasto.

5. OBRAS HIDRAULICAS COMPLEMENTARIAS

Frecuentemente, en el transcurso de los cauces ocurren cambios bruscos de pendiente o dirección, en los cuales es necesario realizar obras complementarias que disminuyan la velocidad y fuerza del agua, tales como saltos, diques, cajas, vertederos, entre otros. (figura 5.6).

Cuando se presentan desagües muy pendientes y largos, es necesario hacer un escalonamiento para que el agua disminuya a trechos su energía. Estas obras, complementadas con el empastado, son indispensables para que no se conviertan en cárcavas progresivas causando un daño grave.

La desembocadura de los canales debe formar un ángulo de 45° a 60° con el desagüadero, para que así el chorro caiga en el sentido de la corriente. Debido a la gran energía y a los resaltos que forma el agua en las caídas, es necesario construir, tanto en el fondo como en las paredes de los vertederos, zonas de amortiguación o de dispersión de energía, pues de lo contrario ocurriría un socavamiento de las obras causando daños peores. Además, es necesario reforzar convenientemente dichas obras dándoles un buen anclaje lateral y en el fondo.

En muchas ocasiones, las condiciones del terreno impiden evacuar las aguas finales del canal en un desagüe natural. Es necesario diseñar obras tales como deslizaderos de cemento, de tabloncillos, o de guadua, para llevar el agua hasta un cauce natural sin peligro de erosión (figura 5.7).

Para la protección de caminos y carreteras se deben conducir las aguas de escorrentía por medio de cunetas paralelas, hasta una

caja, para de allí evacuarlas hasta un desagüe natural (figura 5.8).

Los materiales más aconsejables para este tipo de obras son: el concreto, la piedra o ladrillo y los bloques de cemento. Debido a su alto costo pueden utilizarse otros materiales disponibles en la región, tales como troncos, tabloncillos, guaduas, piedras, escombros de construcción, etc. y complementarlos con otras prácticas, especialmente coberturas vegetales, empastados y barreras vivas.

Cuando se presentan obstáculos en el trayecto de un canal, o cuando el sitio escogido para el trazado resulta con una pendiente mayor que la máxima permisible, es necesario construir saltos hidráulicos con el fin de reducir la pendiente por escalonamiento y aminorar la velocidad del agua en estos sitios (figura 5.9).

El canal debe llegar al salto en un vertedero con contracciones laterales, pero sin que el ancho de la cresta sea menor que el ancho de la plantilla del canal.

El salto consiste en una caja de concreto, adobe o de madera, con un colchón amortiguador, que tiene por objeto disipar la energía de los resaltos y ondas que forma el chorro y entregar el agua suavemente al canal en la parte baja.

Las dimensiones de la longitud (L) y la profundidad (P) del colchón, están en relación al tirante (d) del canal y pueden utilizarse los siguientes criterios de diseño aproximados:

$L = 5$ a 7 veces el tirante del canal (d)

$$P = \frac{L}{8}$$

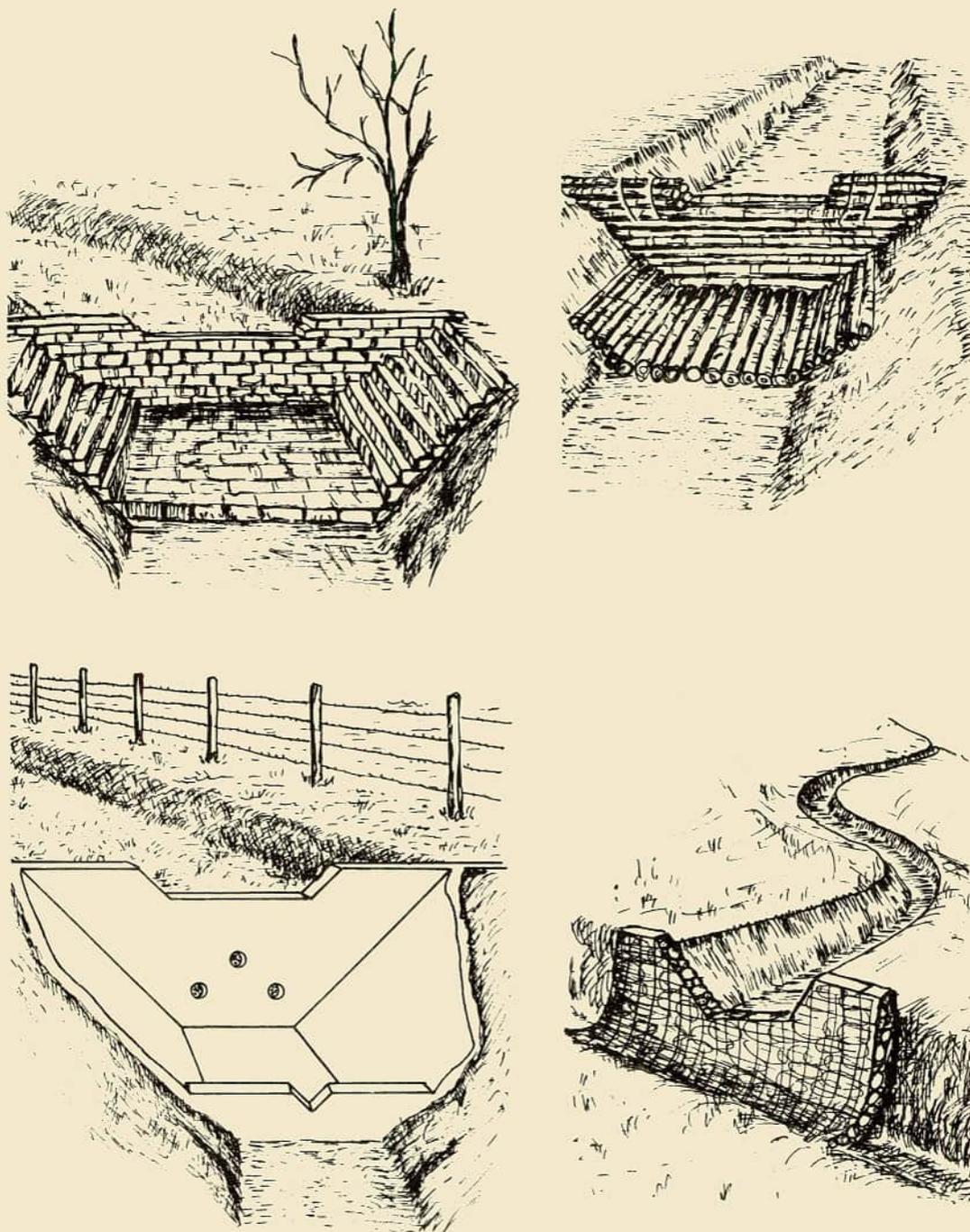


FIGURA 5.6.- EJEMPLO DE OBRAS HIDRAULICAS COMPLEMENTARIAS UTILIZADAS EN DESNIVELES, CAMBIOS DE DIRECCION O SECCION DESVIOS O VERTIMIENTOS DE CANALES.-

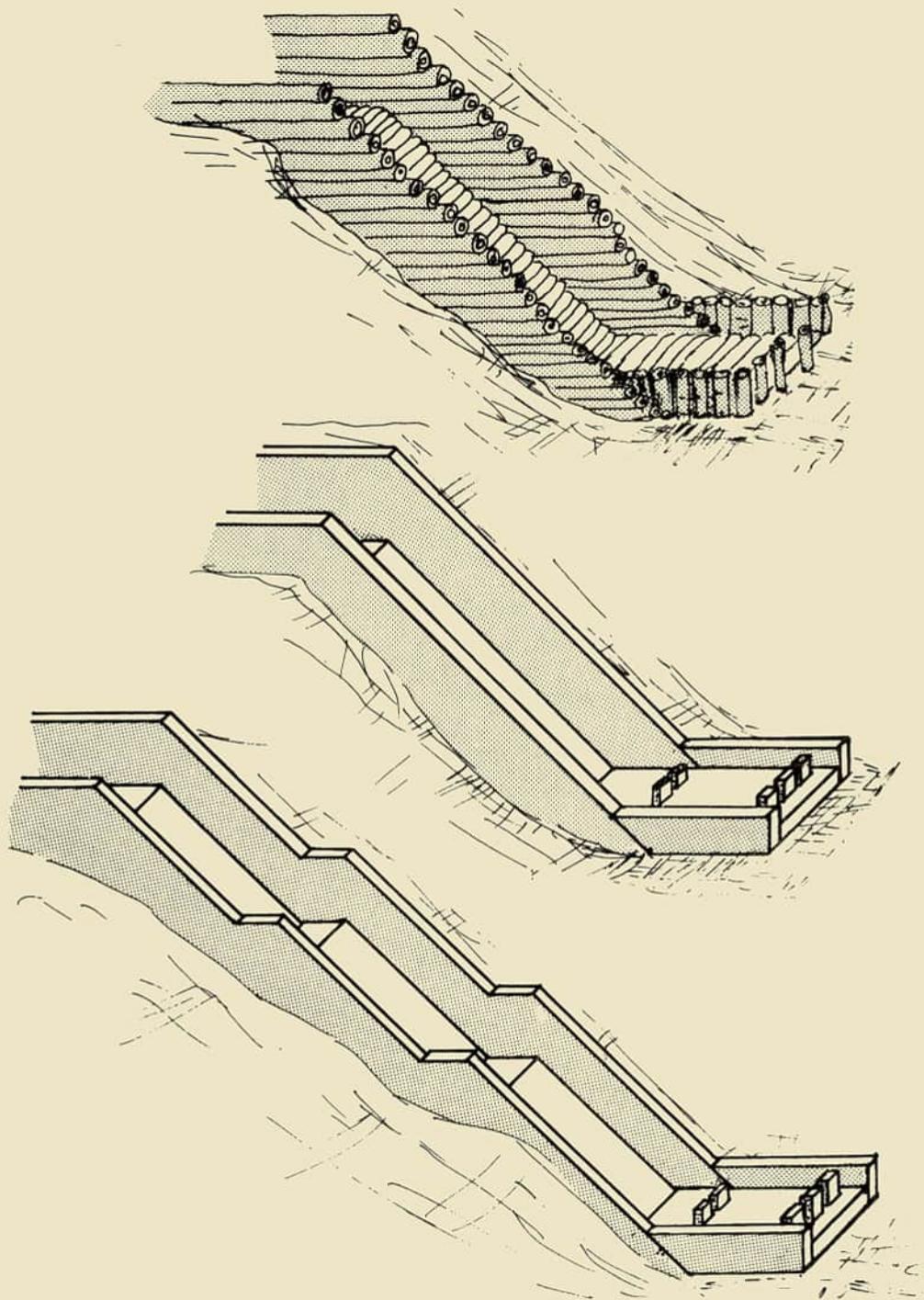


FIGURA 5.7.-EJEMPLOS DE DESLIZADEROS PARA VERTIMIENTO DE AGUAS EN DESNIVELES AMPLIOS Y PENDIENTES.-

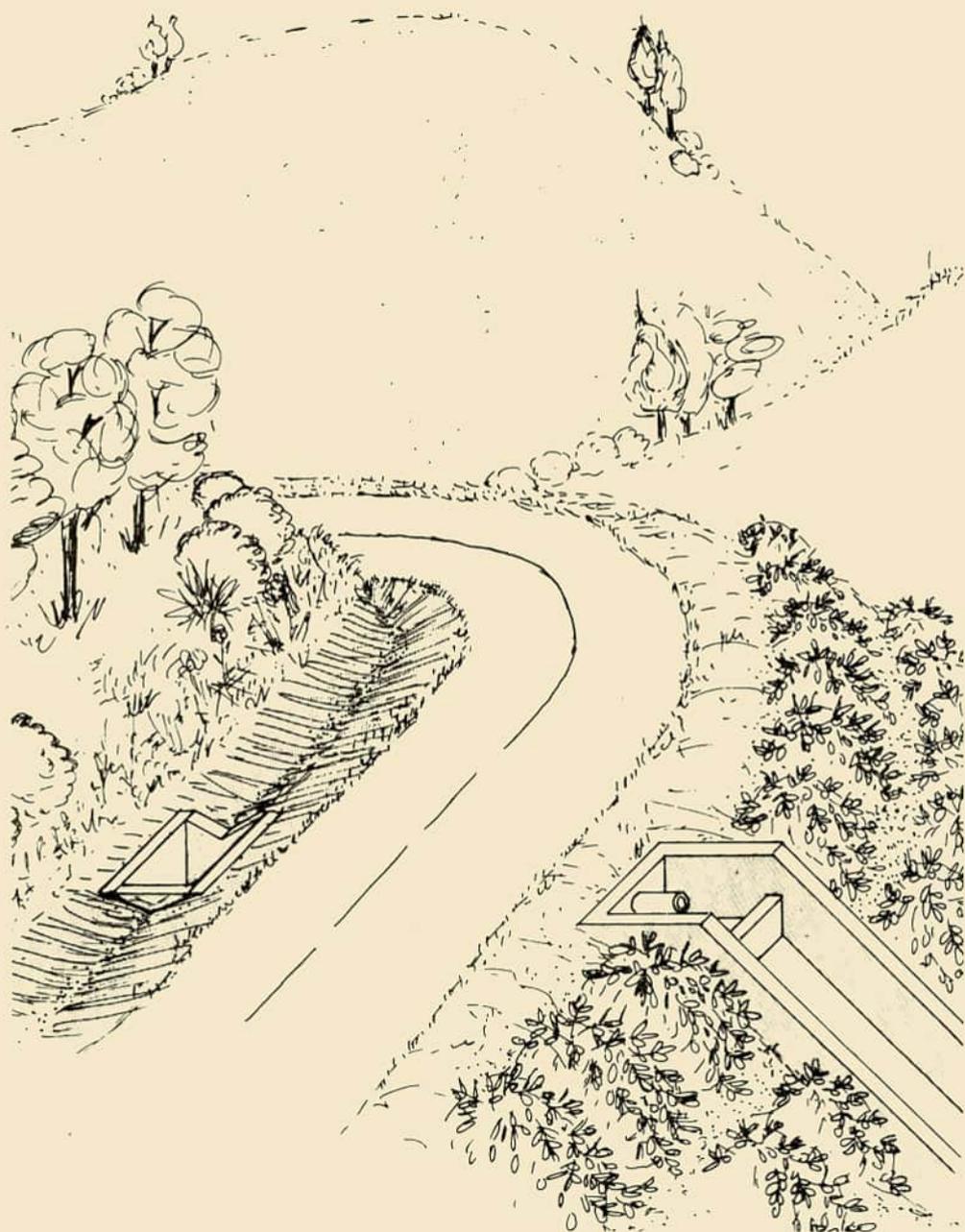
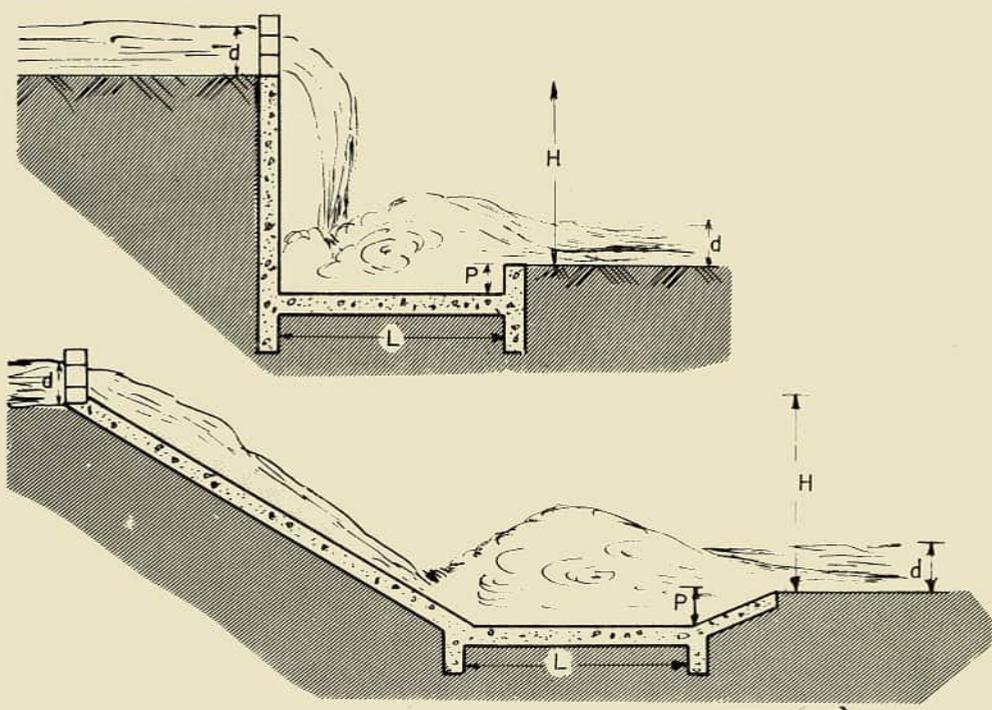


FIGURA 5.8.- CUNETAS DESAGÜES Y BORDES PROTEGIDOS EN CARRETERAS



ELEMENTOS DE LA SECCION

- d. = tirante del canal aguas arriba y abajo
- H. = altura del salto o desnivel del terreno
- L. = longitud del salto
- p. = profundidad de la caja del salto.

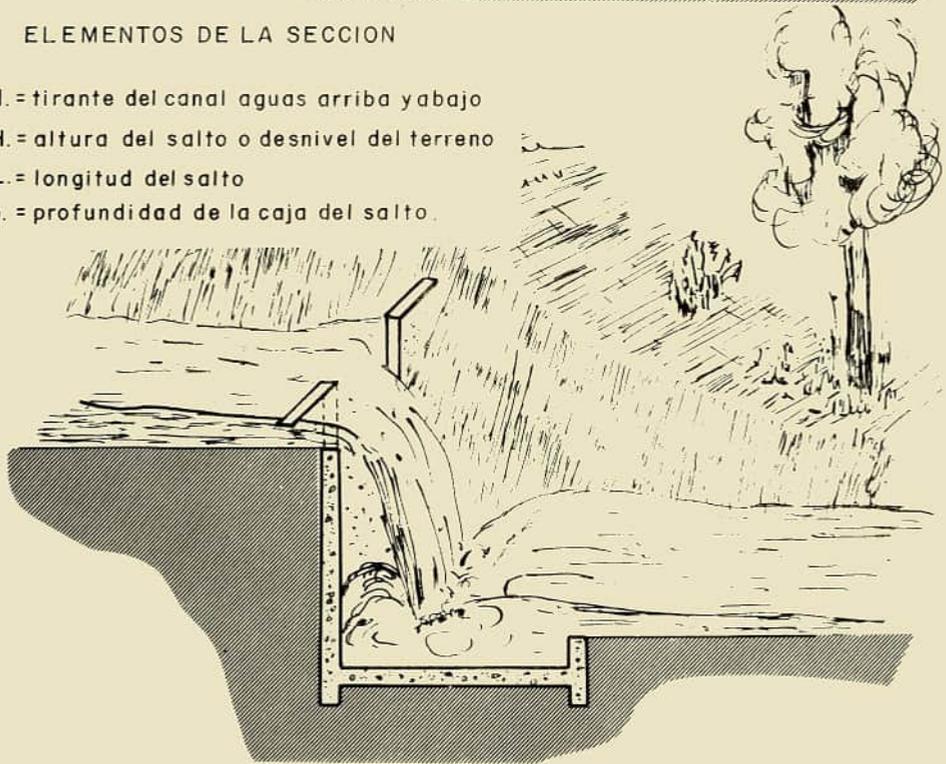


FIGURA 5.9.-SALTOS HIDRAULICOS PARA DESNIVELES EN AGUAS CANALIZADAS.-

6. OBRAS TRANSVERSALES

Las obras transversales consisten en diques, empalizadas, rastrillos, trinchos, que forman barreras a través de las corrientes y tienen por objeto ir disminuyendo la velocidad y energía del agua, especialmente en terrenos pendientes. Se emplean para el control de cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagües naturales.

Generalmente las obras transversales se hacen con materiales disponibles en la zona (piedras, escombros, troncos, guadua, etc) y se recomienda hacer varias obras pequeñas a lo largo del recorrido, en lugar de unas pocas grandes y costosas.

Las obras transversales pequeñas que tienen por finalidad disminuir la velocidad del agua sin represarla (trinchos, rastrillos, empalizadas), deben limpiarse periódicamente de basuras y sedimentos para evitar que se desborde el agua o forme caídas que socavan el cauce.

6.1 EN SURCOS, CANALES Y DESAGÜES

En cultivos en eras y en terrenos suavemente inclinados, es necesario proteger los surcos o caminos que quedan en sentido de la pendiente por medio de rastrillos de palos o guadua, o con pequeñas empalizadas. Estas obras también se emplean en canales para disminuir la velocidad del agua sin represarla, y se debe reducir su espaciamiento a medida que aumenta la pendiente. Cuando desemboca un canal secundario, debe revestirse la pared donde choca la onda para evitar socavamientos (figura 5.10).

Debido a que los desagües son generalmente muy inclinados y en sentido de la pendiente, las obras transversales son indispensables tanto para disminuir a trechos la velocidad del agua, como para ayudar a formar escalonamientos y a defender el cauce mientras se estabilizan los bordes, se asientan los sedimentos y se establece la vegetación protectora. Este tipo de obras es aplicable también a la corrección de cárcavas (figura 5.11).

6.2 EN TALUDES Y DERRUMBES

Es necesario buscar la estabilización de taludes y derrumbes en carreteras y otras vías, por medio de empalizadas y canastas de piedra (gaviones), y deben combinarse con una evacuación técnica de las aguas, y propiciar al máximo la invasión de vegetación (figura 5.12).

6.3 EN RÍOS Y QUEBRADAS

Aún en cuencas conservadas, ocurren períodos muy lluviosos que ocasionan aumentos considerables en los caudales. Estas avenidas socavan las orillas especialmente en las curvas, o donde choca la corriente.

Además de la protección de las orillas de ríos y quebradas con árboles y vegetación nativa, es necesario en ocasiones construir trinchos, espolones o espigones de gaviones con piedra dispuestos de tal forma que intercepten la corriente y la dirijan paulatinamente al centro del cauce (figura 5.13).

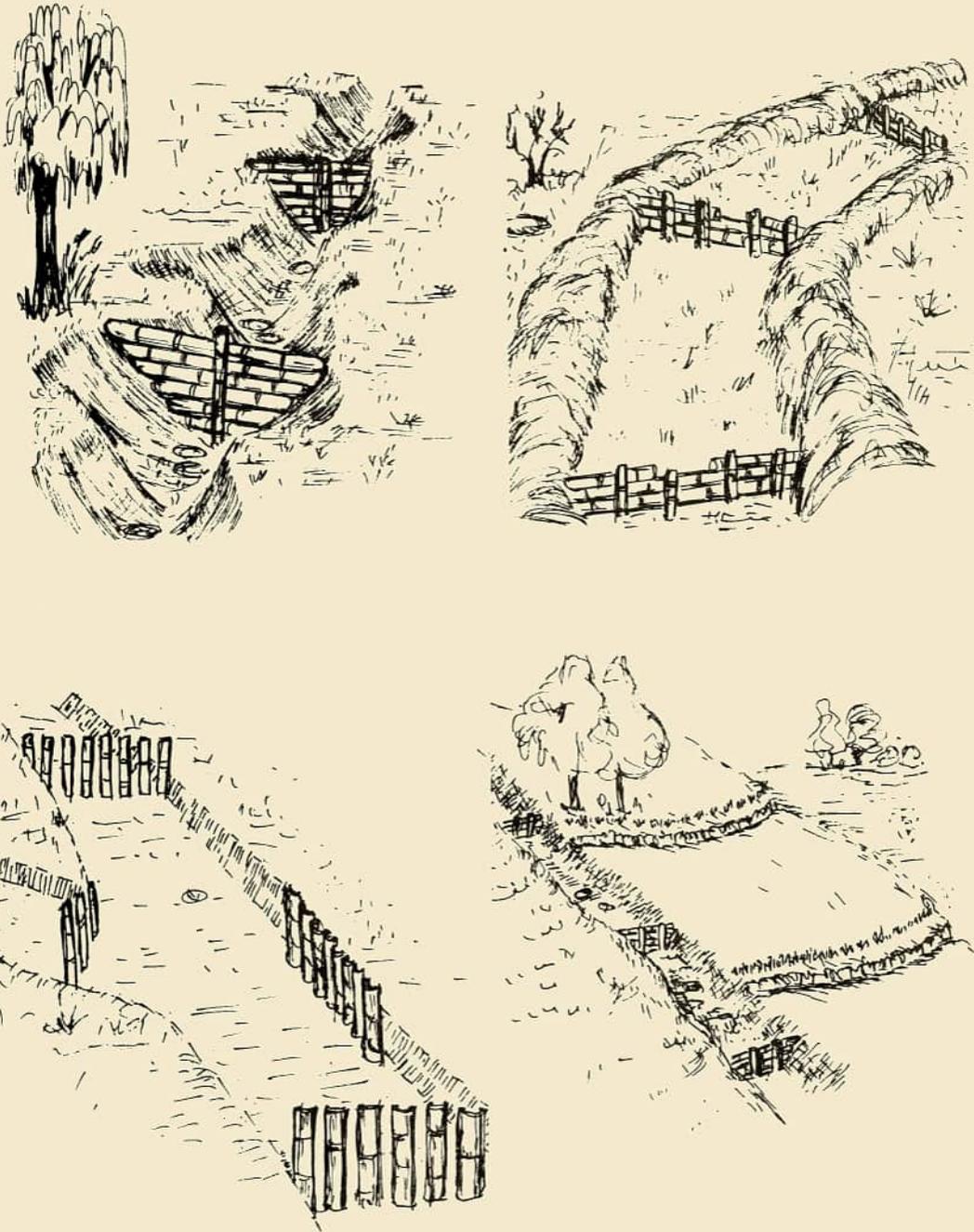
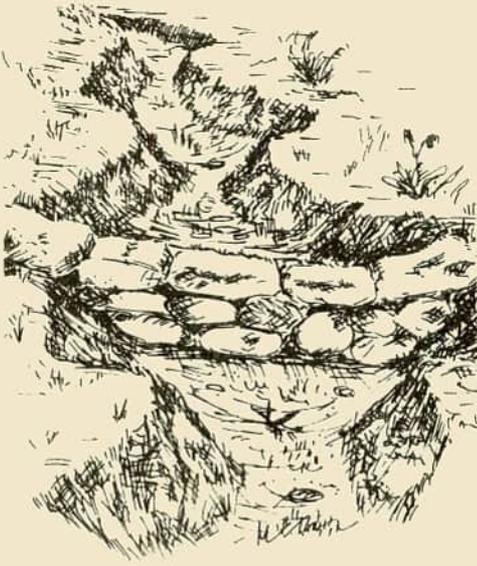
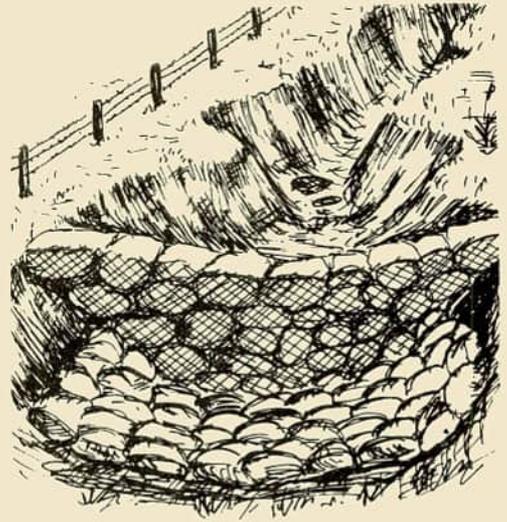


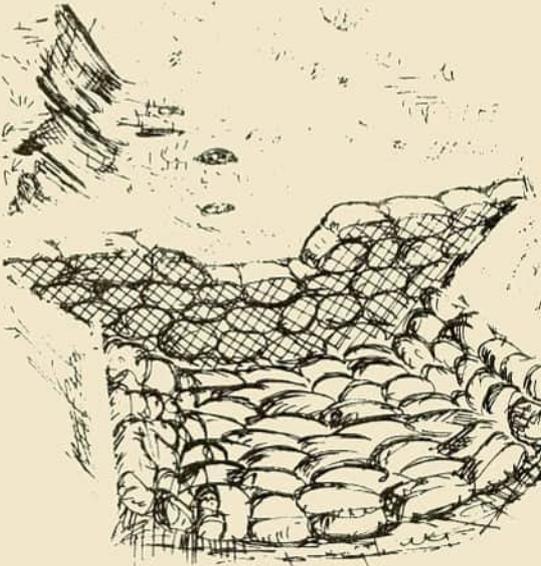
FIGURA 5.10.- OBRAS TRANSVERSALES DE GUADUA PARA PROTECCION DE ACEQUIAS, SURCOS Y DESAGUADEROS, Y PARA CONTROL DE CARCAVAS



Piedra



Piedra con malla



Piedra con malla y vertedero



Canasta de anejo

FIGURA 5.II.- OBRAS HIDRAULICAS TRANSVERSALES PARA CARCAVAS,
FIJACION DE SEDIMENTOS Y PROTECCION DE DESAGUA-
DEROS NATURALES.-

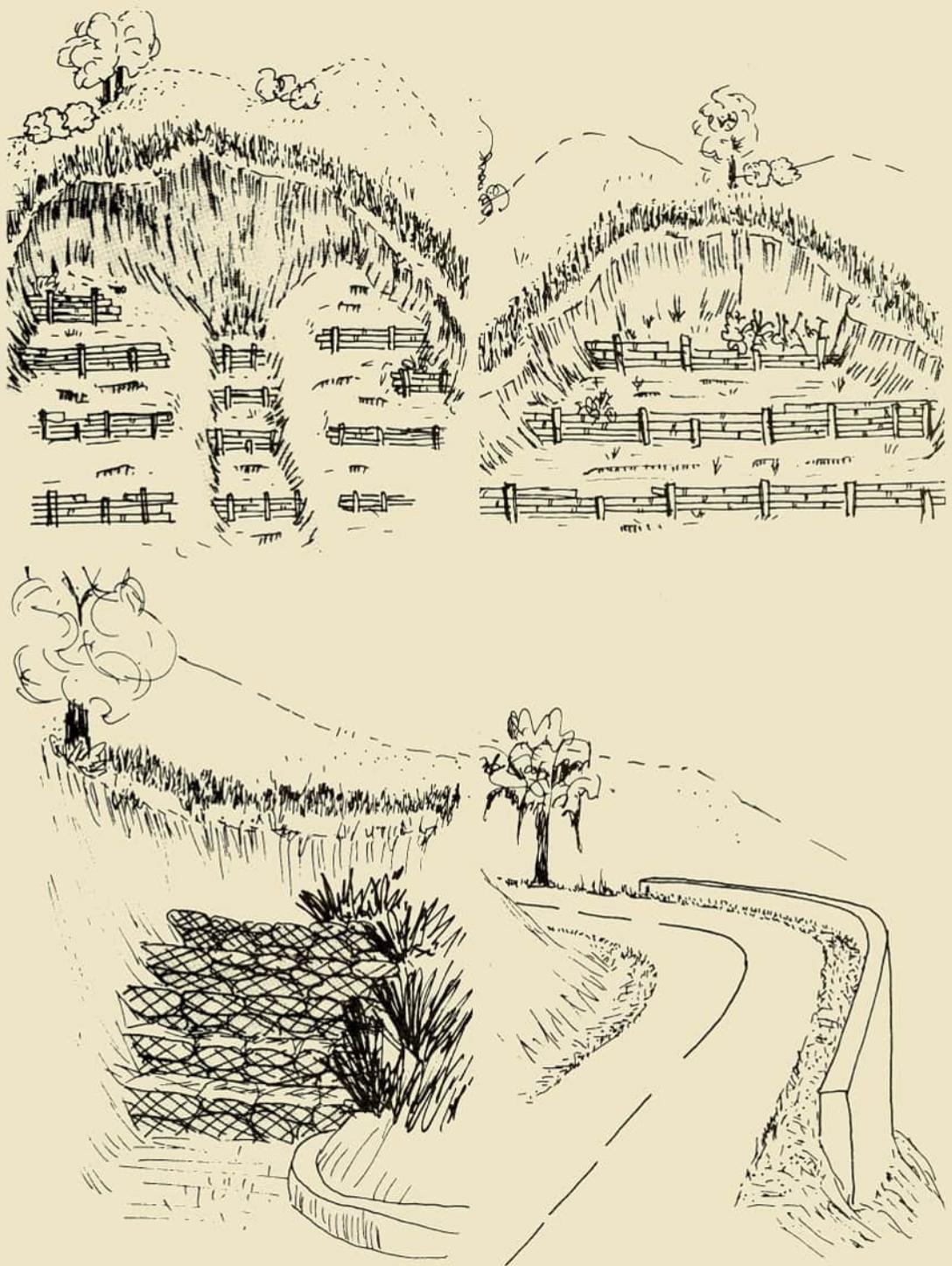
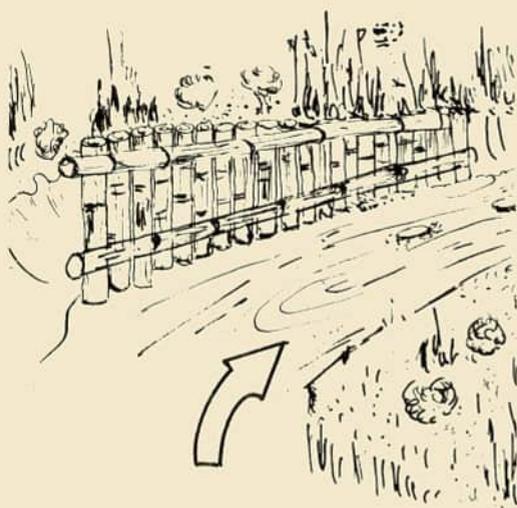


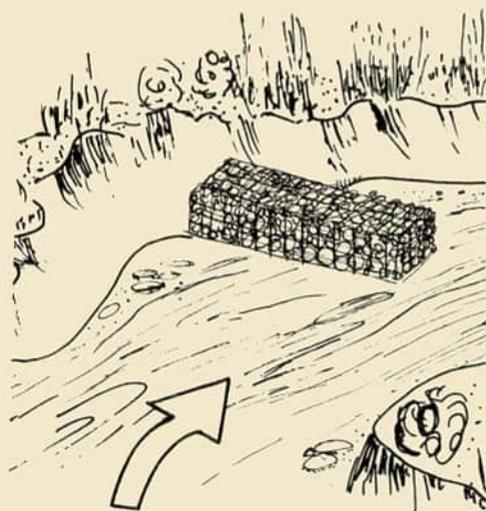
FIGURA 5.12.-PROTECCION DE TALUDES EN VIAS Y CORRIENTES DE AGUA.-



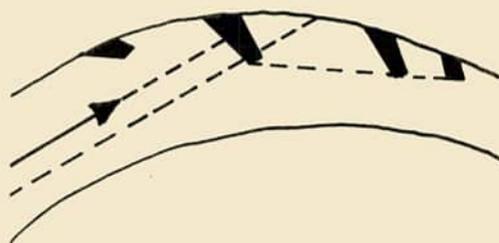
Empalizadas laterales para protección del talud.



Machos de palos amarrados mientras se aterran.



Espolón con gavión para encauzar la corriente.



Disposición de los espolones en las curvas.

FIGURA 5.13.- OBRAS PARA EL CONTROL Y DEFENSA DE ORILLAS DE CAUCES

7. MUROS Y GAVIONES DE CONTENCION

En programas de conservación de suelos, es frecuente construir diques con fines de almacenamiento de agua (estanques), control de avenidas, defensa de construcciones o carreteras, contención de derrumbes, o para represar el agua y elevar su nivel con el fin de permitir su derivación por otros conductos.

7.1 MUROS DE CONTENCION

Estos diques se construyen en concreto o mampostería, y deben su estabilidad a su propio peso (de gravedad) y a su base más ancha para evitar el volcamiento.

Aquí se tratará de diques pequeños para protección de tierras, carreteras, taludes, casas y otras construcciones, y contención de derrumbes (figura 5.14).

Estos diques deben tener un buen asentamiento y estabilidad al deslizamiento y volcamiento. Para establecer diques con alturas mayores de 10 metros, debe excavarse hasta encontrar roca sin grietas o una capa arcillosa profunda.

Los diques en concreto son más resistentes que los de mampostería, ya que ésta puede resquebrajarse por hundimientos o presiones si su base no es muy firme.

Los diques o muros de contención deben proveerse de drenes tanto a $1/3$ de la altura a partir de la base del terreno, como a 50 centímetros de la misma espaciados 1 a 2 m, para que el peso adicional del agua al saturar la tierra no rompa o venza el muro. Estos deben ser más resistentes, cuando tienen sobrecarga (sosteniendo bancas de carreteras,

casas, etc). En ocasiones estos muros deben llevar filtros especiales.

El cálculo de diques y muros se presenta en las tablas 5.13, 5.14 y 5.15.

7.2 GAVIONES METALICOS DE CONTENCION

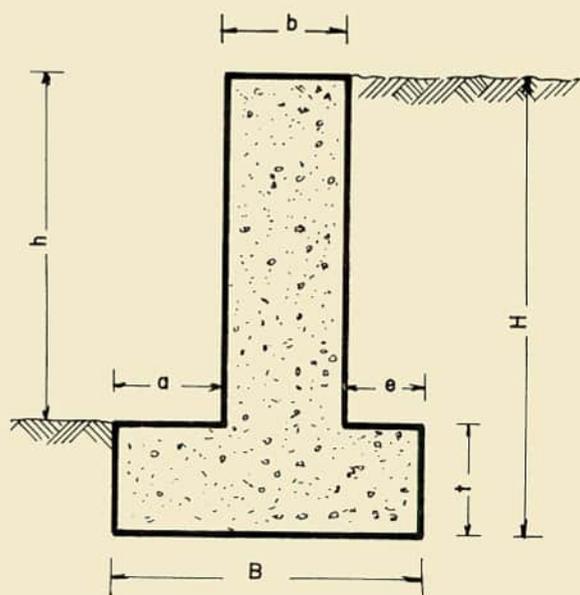
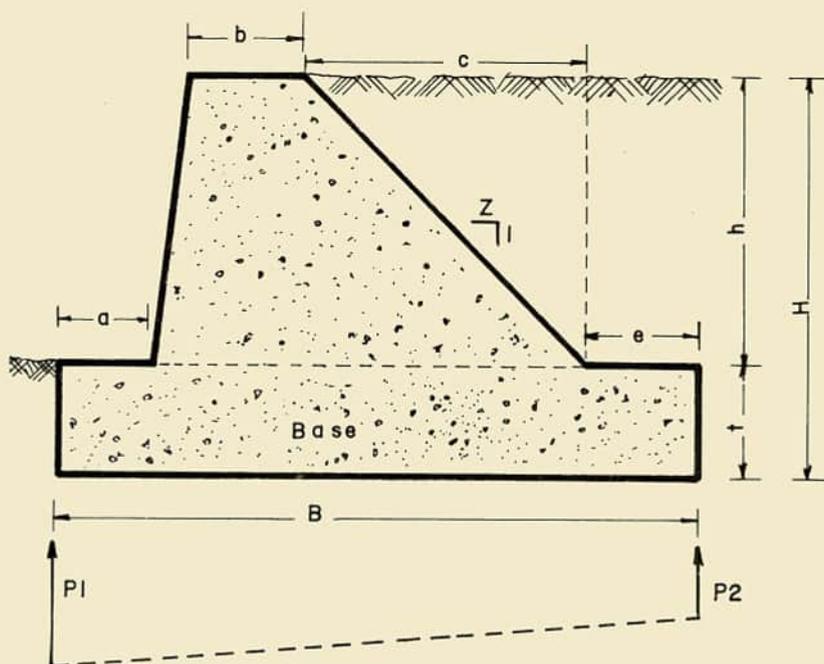
Los gaviones son cajas rectangulares de malla de alambre galvanizado, de varias dimensiones, que se colocan en las orillas de los ríos, en taludes de carreteras, negativos, etc. y luego se llenan de piedras con una dimensión algo mayor que el ojo de la malla. Por su propio peso tienen el efecto de un muro de sostenimiento, con la ventaja de que por su flexibilidad natural pueden sufrir asentamientos apreciables sin perjuicio para su estabilidad. Por su alta porosidad sirven de filtro.

Estas canastas son fácilmente transportables, pues su peso es alrededor de 7 kg por metro cúbico de capacidad, además no se requiere mano de obra especializada para su colocación y llenado.

La malla que debe usarse para estas canastas debe ser fabricada con alambre galvanizado (de 2 a 3 mm de calibre) para que no se oxide, y con torsión triple; nunca con torsión simple pues con esta, al reventarse un hilo, se desbarataría toda la canasta permitiendo la salida de la piedra.

Las obras de defensa construídas con gaviones constan de dos partes:

- La losa o plancha de fundación que consiste en un gavión cuya altura no pasa de 50 cm, pero cuya longitud es mayor que



- b - ancho de la corona
- c - paramento interno
- $Z:l$ - talud del paramento
- B - ancho de la base
- t - espesor de la base
- a, e - extremos de la base
- h - altura del muro
- H - altura total de la estructura
- P_1, P_2 presiones en los extremos

FIGURA 5.14.- SECCIONES DE MUROS DE CONTENCIÓN.-

los demás gaviones, colocados uno a continuación del otro. Van amarrados entre sí por medio de alambre del mismo calibre de la malla.

- El cuerpo superior formado por gaviones de mayor altura, colocados transversalmente a la base y amarrados fuertemente entre sí.

Los gaviones se emplean frecuentemente en el encauzamiento de quebradas, ríos y pro-

tección de orillas, en forma de espigones con eje longitudinal formando un ángulo de 70° con la dirección de la orilla aguas abajo, para que resistan la corriente y permitan la sedimentación. También se emplean en la construcción y reparación de presas; en la defensa de obras, contra socavamientos; como muros de contención en carreteras, caminos vecinales, líneas férreas; como diques de regulación y corrección de torrentes, y en trabajos marítimos.

TABLA 5.13.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE MUROS DE GRAVEDAD EN MAMPOSTERÍA CON SOBRE CARGA. (mampostería = $2,200 \text{ Kg/m}^3$)¹⁾.

Paramentos Verticales			Talud interior 1/5 : 1	Talud exterior Vertical	Volumen m^3/m . lineal
h m	Espesor m	Volumen m^3/m lineal	Espesor Corona m.	Espesor Base m.	
1,00	0,55	0,55	0,36	0,56	0,46
2,00	1,11	2,22	0,73	1,13	1,85
3,00	1,66	4,98	1,09	1,69	4,16
4,00	2,21	8,84	1,45	2,25	7,60
5,00	2,77	13,85	1,81	2,81	11,56

- 1).- Estos muros se pueden utilizar para estanques y presas pequeñas, a, y t igual que en el muro de gravedad de concreto sin sobre carga o con sobre carga según el caso.

Gómez, A. Curso de Hidráulica. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales (Colombia), 1970

TABLA 5.14.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE MUROS DE GRAVEDAD EN CONCRETO SIN SOBRE CARGA.

<i>h</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	Concreto
<i>m</i>	Kg/cm ²	Kg/cm ²	m ³ /m Lin							
1,00	0,10	0,30	0,30	0,10	0,20	1,20	0,80	0,36	0,09	0,60
1,50	0,20	0,30	0,50	0,10	0,25	1,75	1,10	0,47	0,15	1,10
2,00	0,20	0,30	0,70	0,15	0,30	2,30	1,35	0,69	0,13	1,71
2,50	0,25	0,30	0,80	0,15	0,35	2,85	1,50	0,95	0,06	2,88
3,00	0,30	0,30	1,00	0,20	0,40	3,40	1,80	1,12	0,06	3,12
3,50	0,35	0,30	1,20	0,25	0,45	3,95	2,10	1,29	0,08	4,10
4,00	0,45	0,40	1,30	0,30	0,55	4,55	2,45	1,43	0,13	5,45
4,50	0,55	0,40	1,50	0,45	0,60	5,10	2,90	1,58	0,03	6,92
5,00	0,60	0,45	1,70	0,50	0,70	5,70	3,25	1,80	0,11	8,78

Gómez, A Curso de Hidráulica. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales (Colombia), 1970.

TABLA 5.15.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE MUROS DE GRAVEDAD EN CONCRETO CON SOBRECARGA.-

<i>h</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	Concreto
<i>m</i>	Kg/cm ²	Kg/cm ²	M ³ /m lineal							
1,00	0,15	0,30	0,30	0,15	0,20	1,20	0,90	0,49	0,04	0,63
1,50	0,20	0,30	0,50	0,15	0,25	1,75	1,15	0,69	0,03	1,12
2,00	0,20	0,30	0,70	0,20	0,30	2,30	1,40	0,93	0,02	1,72
2,50	0,30	0,30	0,90	0,20	0,35	2,85	1,70	0,99	0,01	2,47
3,00	0,45	0,30	1,10	0,25	0,45	3,45	2,10	1,05	0,22	3,50
3,50	0,50	0,30	1,30	0,25	0,50	4,00	2,35	1,41	0,11	4,50
4,00	0,55	0,40	1,40	0,30	0,60	4,60	2,65	1,58	0,21	5,99
4,50	0,60	0,45	1,60	0,40	0,70	5,20	3,05	1,71	0,17	7,76
5,00	0,70	0,50	1,80	0,55	1,00	6,00	3,55	2,00	0,20	10,55

Gómez, A. Curso de Hidráulica. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales (Colombia), 1970.

8. DRENAJE DE PREDIOS AGRICOLAS

Es tan perjudicial para las plantas la falta de agua como el exceso de ella en el suelo.

En las fincas cafeteras, es frecuente encontrar lotes planos o suavemente ondulados, en donde el nivel freático permanece alto gran parte del año, manteniéndose el terreno encharcado, lo cual dificulta las labores de cultivo, impide el desarrollo normal de las plantas y por consiguiente disminuyen las cosechas.

Hay lotes que, aún siendo pendientes, permanecen saturados de agua en épocas lluviosas, debido a su alta capacidad de retención de humedad, o al alto contenido de arcillas plásticas de baja permeabilidad.

Un lote con problemas de drenaje se puede distinguir fácilmente por la condición cenagosa del terreno, por la presencia continua de agua en la superficie o cerca de ella. También por la clase de vegetación en donde predominan malezas como el junco (*Scirpus validus*), la rascadera (*Xanthosoma mafafa*), el clavo de laguna (*Jussiaea spp*), el barbasco (*Tephrosia amargint*), el ruibarbo o lengüevaca (*Rumex crispus*), entre otros; pastos como el pará (*Panicum purpurascens*) y árboles propios de terrenos pantanosos, como el sauce (*Salix humboldtiana*), el platanillo (*Heliconia biahí*), etc. Frecuentemente, en los lotes con mal drenaje, se observan plantas raquílicas, enanas, con hojas amarillentas y caídas (defoliados de abajo hacia arriba), frutos vanos, raíces escasas, sin pelos absorbentes, planas y muertas. En algunas plantas las puntas de las ramas aparecen quemadas (necrosadas).

Los suelos con problemas de drenaje general-

mente presentan en su perfil colores gris oliva, azul o moteamientos debidos a la baja o ninguna oxidación del hierro.

También pueden morir muchas plantas si el exceso de agua permanece durante algún tiempo, pues desaloja el aire y limita el desarrollo de las raíces y la nutrición de las plantas; también afecta la temperatura del suelo, su actividad biológica, estabilidad y composición química.

Los encharcamientos prolongados tienden a dejar el suelo más compacto, apretado y denso lo cual dificulta las siembras, la penetración de las raíces, el laboreo del terreno, y propicia numerosas enfermedades a las plantas.

Los lotes mal drenados son foco de propagación de mosquitos, y casi siempre demeritan, el valor de las fincas.

Suelos profundos y fértiles siempre pagarán el costo del drenaje. Terrenos pobres, pedregosos, arcillosos o superficiales, no justifican el drenaje.

8.1 CAUSAS DE LOS PROBLEMAS DE DRENAJE

Pueden considerarse cinco causas principales de mal drenaje de los lotes:

- Topografía. Los encharcamientos se presentan en pendientes suaves o en terrenos planos, debido a que no ocurre escorrentía, o ésta es mínima, teniendo el agua de las lluvias todo el tiempo para infiltrarse.
- Suelo. Texturas finas, muy plásticas o im-

permeables; esto puede agravarse si el drenaje externo es malo.

- Esguerramiento. Aguas concentradas provenientes de lotes superiores.
- Inundaciones. Causadas por ríos o quebradas, que pasan contiguos a los predios y al mismo nivel de estos.
- Nacimientos o corrientes subterráneas. Responsables del nivel freático, mantienen encharcado continuamente el lote.

Puede existir una combinación de dos o más de estos fenómenos para producir la condición de mal drenaje.

8.2 CLASES DE DRENAJE

Los sistemas por medio de los cuales el exceso de agua se puede eliminar de las tierras de cultivo son dos:

8.2.1 Drenes abiertos.- Pueden ser zanjillas, acequias o canales para eliminar el exceso de agua dejado por las lluvias sobre la superficie del suelo y que no ha penetrado en el perfil. Se debe aprovechar la pendiente del terreno o preparar a ésta de tal manera que el agua excedente fluya por gravedad hasta los drenes y luego hasta un desagüe o cauce natural. También puede haber drenes abiertos pero profundos para bajar el nivel freático.

8.2.2 Drenes subterráneos.- La eliminación del agua de exceso de la lluvia que no ha penetrado en el perfil del suelo, o el descenso del nivel freático, se puede lograr mediante tuberías enterradas, zanjillas rellenas con piedra, a profundidades apropiadas de acuerdo con el requerimiento del sistema radical del

cultivo (el café requiere que el nivel freático o la zona saturada esté por debajo de 0,70 m, la caña 0,80 m, el cacao 1,00 m, el plátano 1,20 a 1,50 m, las hortalizas, flores y pastos a 0,40 m).

8.2.3 Selección de drenes.- La selección de un drenaje a cielo abierto o subterráneo depende de varios factores:

Los canales de drenaje tienen valor cuando:

- Hay que evacuar aguas sobrantes superficiales.
- Los volúmenes de agua a drenar son muy grandes.
- El nivel freático se encuentra cerca a la superficie y la topografía es tan plana que no permite construir drenes subterráneos con pendientes adecuadas.
- La zona es lluviosa y los suelos compactos y de texturas finas.
- El drenaje es transitorio o por temporadas.
- Cuando se usan como canales de desagüe de los drenes subterráneos.

Los drenes subterráneos tienen valor cuando:

- Pueden construirse bien profundos.
- Se requiere evacuar rápidamente el exceso de agua del suelo.
- Técnicamente el sistema de drenaje requiere mayores pendientes.
- Los suelos son sueltos y permeables.

Los drenes abiertos ocupan terrenos útiles y obstaculizan el laboreo con maquinaria, requieren un mantenimiento para limpiarlos de malezas y sedimentos, y sólo drenan hasta la profundidad de las zanjillas. Sin embargo su costo inicial es menor que los subterráneos. Los drenes subterráneos son más costosos inicialmente, pero no desperdician terreno ni entorpecen las labores. Su duración es mucho mayor y no requieren mantenimiento conti-

nuo. Además, mantienen más eficientemente el nivel freático a la profundidad deseada.

8.3 ESPECIFICACIONES DE LOS DRENES

En un sistema de drenaje, lo primero que se debe hacer es determinar la situación y la profundidad relativa del desagüe. Con esta base podrán determinarse las profundidades y las pendientes de los drenes principal y laterales y analizar si se cumplen las exigencias de profundidad del sistema radical del cultivo a establecer.

El espaciamiento de los drenes dependerá de la profundidad de éstos, del tipo de suelo, de la clase de cultivo, del valor o importancia del terreno. Tentativamente, puede utilizarse 10 a 20 m en suelos arcillosos, 20 a 30 en francos, 30 a 50 en arenosos y 60 m en cascajosos.

Sin embargo, la simple observación del predio húmedo y su respuesta al establecimiento de un sistema de drenaje, indicará la necesidad de construir más drenes.

La pendiente de los drenes depende del tipo de drenaje que se emplea (abierto o subterráneo), la clase de suelo y de la topografía. Para drenes subterráneos (de tubería), pueden adoptarse las pendientes máximas de acuerdo con la pendiente del terreno; un 4 o 5 o/o de pendiente es perfectamente aceptable en esta clase de drenes. En drenes a cielo abierto, su valor debe ser tal que no cause erosión, ni tampoco sedimentación. Como regla general, se admite que el dren principal debe tener una pendiente mayor que la de los secundarios y laterales. El tipo de suelo y las condiciones topográficas de la zona húmeda, tienen mucho que ver con la determinación de la pendiente de los drenes. En suelos estables, resistentes a la erosión, los canales principales pueden tener pendien-

tes hasta del 1 al 2 o/o. Para suelos menos estables, su valor disminuye; 0,5 o/o sería la máxima pendiente aceptable en suelos de baja estabilidad.

8.4 CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE DRENAJE

8.4.1 *Drenes abiertos.*- Un problema de encharcamiento se puede solucionar con este sistema, mediante:

- Drenes al azar. Se abren únicamente en los lugares donde hay encharcamientos y no siguen ningún patrón o pauta regular de distribución.
- Drenes transversales a las pendientes. Se emplean solamente en terrenos de pendiente suave, donde el drenaje interno es deficiente. Son canales o acequias construídas en contorno con poco desnivel.
- Drenes paralelos y en espina de pescado. Se emplean cuando el terreno encharcado es muy grande y uniforme, o el número de pequeñas depresiones es muy grande.

Los drenes laterales secundarios deben desaguar en el canal principal formando ángulos de 45° a 60°.

8.4.2 *Drenes subterráneos.*- Son costosos y necesitan hacerse muy técnicamente para que funcionen. Se emplean zanjillas con piedra, tuberías de barro cocido, de gres o de cemento. Se excavan zanjales de 60 cm de ancho, y de 50 a 80 cm de profundidad, con el desnivel de acuerdo a la pendiente exigida, mínima de 0,5 o/o.

Sobre el fondo perfilado se pone una capa de grava (2,5 a 4,0 cm) apisonada de 10 cm de espesor. Sobre el fondo de agregado se

coloca la tubería de 5 a 6 pulgadas de diámetro, empataada a junta perdida, sólo con yute o costal, sin pega. El relleno debe hacerse simultáneamente a ambos lados de los tubos evitando golpear la tubería. Al hacer los rellenos deben tomarse precauciones con las lluvias para que la compactación sea lo más uniforme posible.

El material de relleno hasta tapar la tubería, es gravilla (0,5 a 1,0 cm). Encima se coloca una capa de unos 20 cm con grava, (2,5 a 4,0 cm), luego una capa de 10 cm de arena y finalmente tierra excavada (figura 5.15).

También se emplean tubos con perforaciones cada 10 cm en disposición helicoidal, en cuyo caso el material de relleno es el mismo (grava de 2,5 a 4,0 cm) hasta 20 cm encima de la tubería, luego va la capa de arena y la tierra excavada (figura 5.15).

Para suelos arenosos o de pendientes suaves, se recomiendan tubos de 5 pulgadas de diámetro, y para suelos arcillosos de 6 pulgadas.

En suelos arcillosos, el movimiento del agua es muy lento y los tubos se colocan a menor profundidad y en hileras más juntas que en suelos sueltos.

En suelos arenosos, los tubos pueden colocarse en hileras más separadas y a mayor profundidad.

En general la distancia entre hileras de tubería, varía de 10 a 50 metros. Los tubos deben ser bastante resistentes para soportar la presión del agua y el peso del suelo, ya que una vez enterrados no es posible reemplazarlos con facilidad.

El trazado y excavación de las zanjas para tender las tuberías debe hacerse con mucha

precisión, para que el desnivel sea uniforme y permita el flujo del agua hasta el punto de descarga.

8.5 LOCALIZACION DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE

En la localización de un sistema de drenaje también se debe tener en cuenta las causas del problema:

- Condiciones físicas del suelo. En suelos con baja capacidad de infiltración y texturas muy finas se deben construir los drenes o zanjas principales, siguiendo las partes más bajas del terreno, o las partes donde hay cambios de topografía, es decir, buscando las líneas de drenaje natural. Luego se construyen los laterales necesarios.
- Esguerramiento de aguas de predios superiores. Es necesario construir un drenaje de intercepción a manera de acequia de ladera o canal de desviación.
- Inundaciones. Constituyen un problema de distinto orden en cuanto al tratamiento especial para el desecamiento de las tierras. Es muy difícil controlar estas inundaciones en donde se presentan.
- Nacimiento de aguas subterráneas. Pueden aplicarse los mismos tratamientos enunciados en el primer caso.

8.6 MANTENIMIENTO DE LOS DRENES

Tanto en los drenes principales abiertos como en los laterales, se deben limpiar los sedimentos, cortar la maleza de sus taludes y del fondo, conservar su profundidad útil y mantener el desagüe en perfectas condiciones, evitando el represamiento del agua.

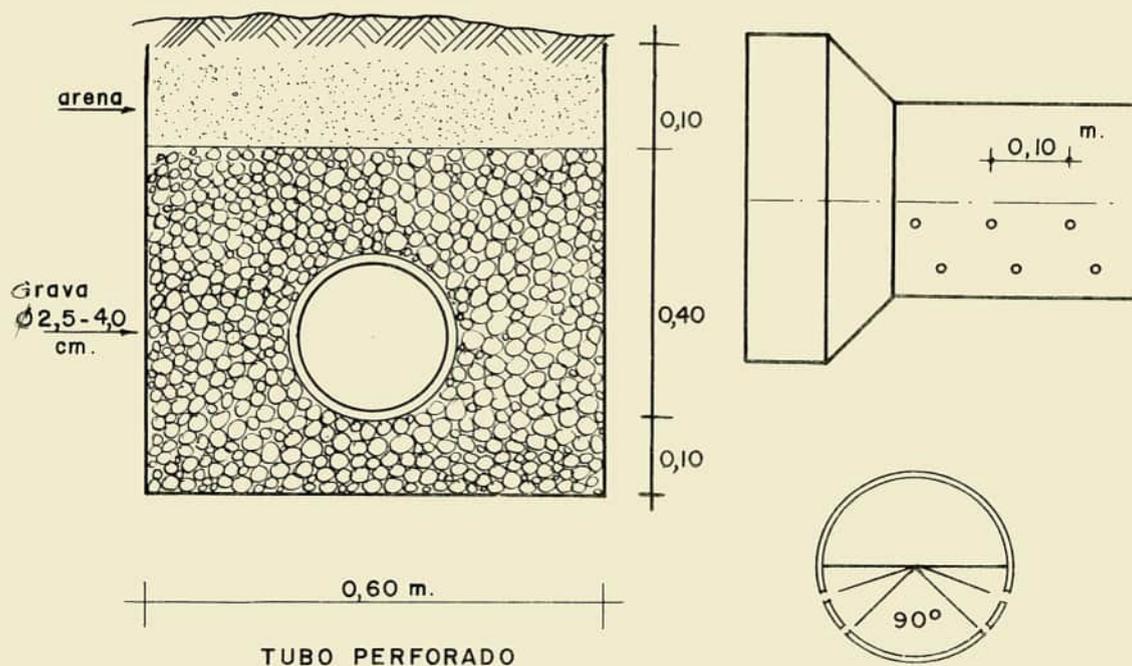
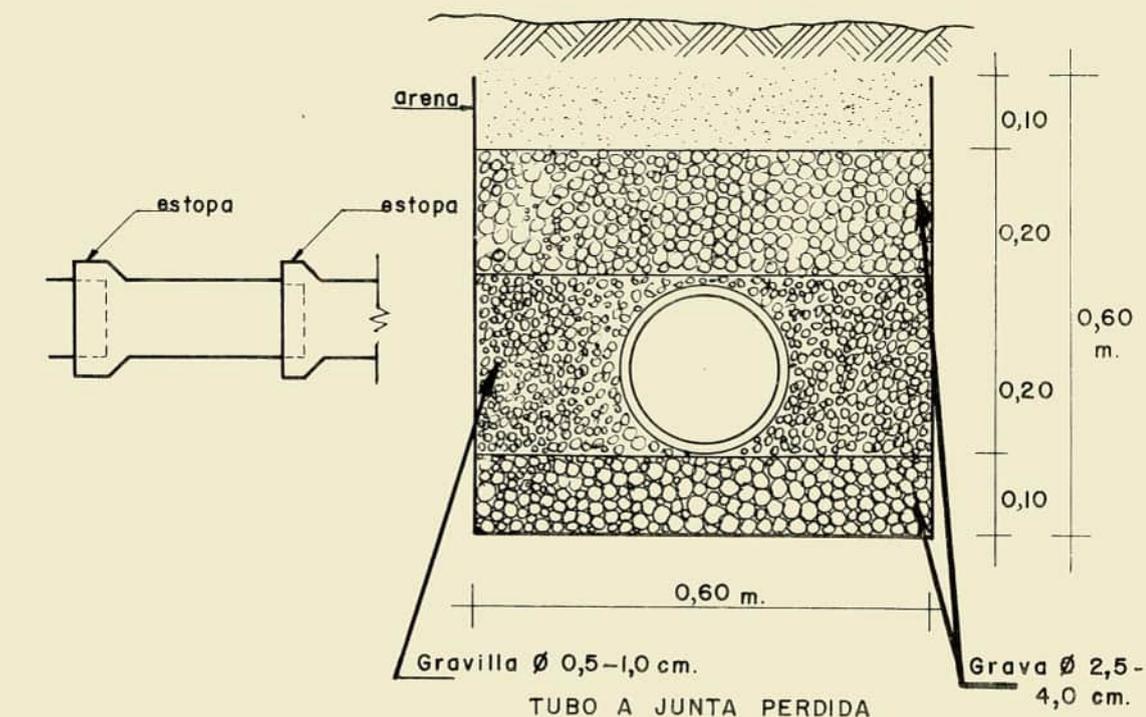


FIGURA 5.15.- DRENES SUBTERRANEOS

9.- DRENAJE COMO FACTOR DE ESTABILIZACION

El drenaje superficial y sub-superficial (drenes horizontales) juegan un papel importante en la estabilización de las remociones masales. La captación de aguas de escorrentía evita su concentración, su infiltración y elevación de los niveles freáticos, al igual que la captación de aguas de techos y aguas negras de edificaciones, aguas de cunetas de carreteras y aguas de beneficiaderos de caña, café, cacao, etc.

El drenaje interno contribuye a la estabilización de masas de tierra ya que logra controlar el flujo de agua subterránea, al tiempo que reduce las presiones de poros y se aumenta por tanto la resistencia al corte del material. El drenaje interno permite el abatimiento del nivel freático que puede tener efecto benéfico no sólo en las masas de lotes, taludes, sino también en las capas inferiores de las carpetas o pavimentos de las carreteras y en los llenos o terraplenes.

Drenes o filtros horizontales: Es una tubería perforada (perforaciones al tresbolillo cada 5 cm.) colocada a través de la masa del suelo, en dirección normal al eje de una vía, me-

dante una perforación aproximadamente horizontal (se pueden poner pendientes de 5 a 20 ‰), con lo cual se busca recoger y evacuar las aguas subterráneas y de infiltración, drenar bolsas o estratos más permeables y principalmente producir un abatimiento del nivel freático a una cota a la cual se incrementa la estabilidad del sistema. Se construyen perforando un orificio de 7,5 a 10,0 cm. de diámetro, mediante un equipo provisto de un gato hidráulico que permita el avance y retroceso de la tubería de perforación. En Colombia se utilizan con frecuencia equipos de perforación por rotación y lavado a presión. En suelos de cenizas volcánicas se pueden utilizar barrenas manuales de extensión para perforar drenes entre 5 y 20 m.

La longitud de los drenes horizontales es uno de los factores más difíciles de definir. Debe llegar la perforación hasta la parte estabilizada, es decir, sobrepasar la zona inestable.

Los drenes horizontales requieren sondeos periódicos para tratar de mantenerlos libres de sedimentos y raíces de pastos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AYRES, Q. C. La erosión del suelo y su control. Barcelona, España, Omega, 1960. 441 p.
- 2.- BLAIR, E. Manual de riegos y avenamientos. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (OEA), 1957. 364 p.
- 3.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual del Cafetero Colombiano. Bogotá, Argra, 1958. 571 p.

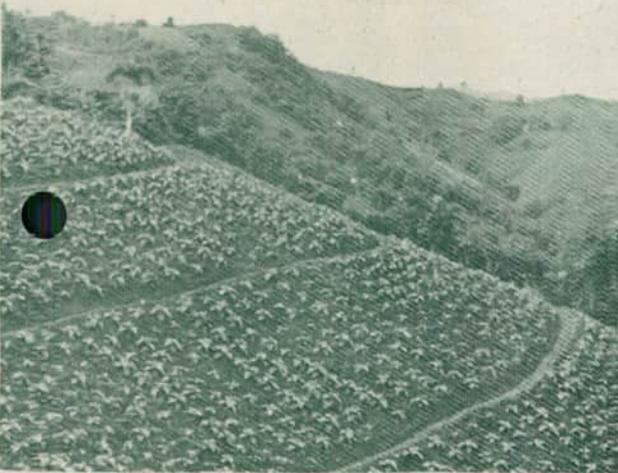
- 4.- FOSTER, A. A. Métodos aprobados en conservación de suelos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.), 1967. 411 p.
- 5.- GOMEZ, A. Principios y técnicas de riego y drenaje. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1969. 220 p (mimeografiado).
- 6.- ——— Curso de Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p (mimeografiado).
- 7.- GUTIERREZ, C. H. Normas sobre drenajes para terrenos húmedos de la zona cafetera. Revista Cafetera de Colombia, XII (128): 4228-4232. 1956.
- 8.- HENDERSON, D. Conservación y manejo del agua y los suelos bajo riego. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1966.
- 9.- LARSON, C. L. Algunas consideraciones respecto a la conservación de los suelos y las aguas. Desarrollo de recursos de agua y tierra, Bogotá, Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Colombiano Agropecuario, 1973. 2 p.
- 10.- SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS. Gaviones metálicos. División de estudio y diseño. Medellín (Colombia), 1972. 40 p.
- 11.- TAKEDA, I. J. Notas de drenaje agrícola. Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura, 1967. 110 p.
- 12.- TRUEBA, C. S. Hidráulica. México, Norgis Editores, 1955. 430 p.
- 13.- U. S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. Engineering Handbook for Soil Conservationist in the corn belt.- Agriculture handbook, No. 135, 1958. 160 p.
- 14.- ——— Soil Plant water relationships. Natural Engineering handbook, Section 15, Washington, 1964. 64 p.
- 15.- WCHWAB, G. L. et al. Soil conservation engineering. New York, Wilwy, 1966. 683 p.



Zanjillas de desagüe en zonas húmedas.



Zanjillas de absorción en zonas secas.



Acequias de ladera en cultivo limpio.



Acequias de ladera en café.



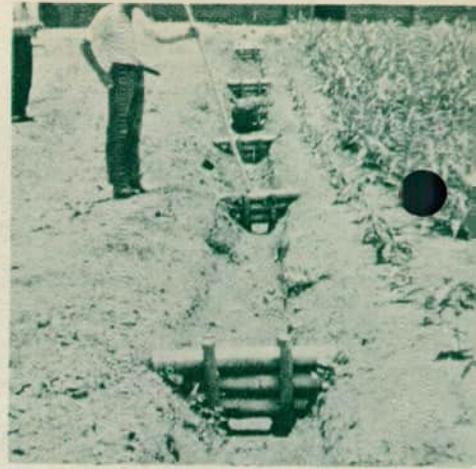
Canal de desviación en suelo estable



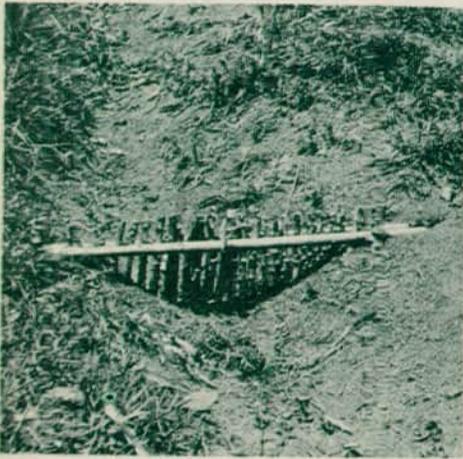
Canal de desviación con barrera de limoncillo



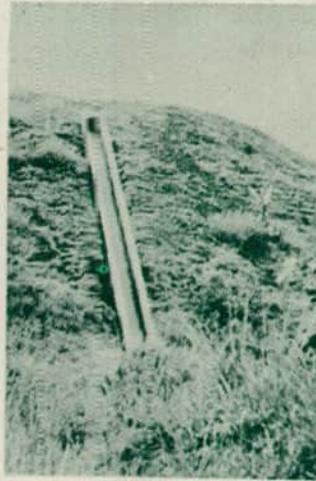
Terrazas o bancales: en zonas secas con suelos profundos



Trincho en desagües pendientes.



Trincho de guadua en dren natural



Deslizadero y escalones en zonas inestables.

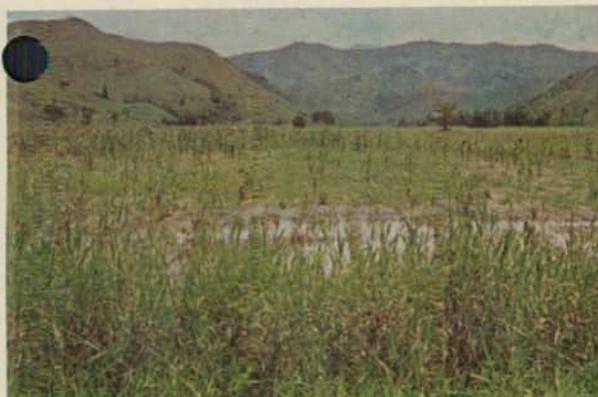


Trincho para aterrar y escalonar un dren



Trincho de tierra acomodada para aterramiento de ca

PROBLEMAS DE MAL DRENAJE



Encharcamiento superficial por influencia de la escorrentía de las laderas en zonas planas de baja permeabilidad.



Horizonte de baja permeabilidad con colores grisáceos y moteamientos típicos de mal drenaje interno.



Vegetación típica indicadora de mal drenaje.



Detalle de plantas afectadas por mal drenaje (mal desarrollo, defoliación, amarillamiento, grandes vanos y necrosis apical de las ramas).



VI

CONTROL DE EROSION

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

En los capítulos anteriores se vieron las prácticas culturales y mecánicas más recomendables para la conservación de suelos en la zona cafetera.

Las prácticas de conservación en la mayoría de los casos, son métodos preventivos, que permiten un uso y manejo adecuado del suelo y el agua sin peligro de erosión.

Pero en muchas partes del país se encuentran fincas y regiones con problemas visibles de erosión, que es necesario recuperar, ya sea por interés individual, regional o nacional.

El control es el conjunto de prácticas y obras

que buscan evitar y detener los procesos erosivos, o habilitar terrenos para su uso técnico. Muchos de los métodos de control son prácticas culturales o mecánicas ya descritas, que se emplean como correctoras de problemas concretos de erosión visible.

El control únicamente tendrá éxito si se adoptan las medidas indispensables para evitar la repetición de los daños por la concentración libre del agua.

En este capítulo se presentan los métodos directos de control, especialmente de cárcavas y derrumbes, así como de carreteras y cauces.

1. CUIDADOS ESPECIALES EN PROGRAMAS DE CONTROL

Para el control de la erosión, se deben considerar aspectos técnicos, económicos, y sociales. La supervisión posterior y el mantenimiento de las obras, complementan la efectividad de este tipo de programas.

1.1 DE CARACTER TECNICO

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

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

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

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

infiltración o banquetas, mientras que el aplicar el mismo tratamiento a una zona de soliflucción, resultaría desastroso pues ocasionaría derrumbes o deslizamientos, o los agravaría.

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

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

1.2 DE CARACTER SOCIO-ECONOMICO

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

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

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

regulación de caudales, fijación de sedimentos, protección de cauces, vías, construcciones y vidas. Hay muchos pueblos y ciudades de Colombia que requieren prácticas urgentes de prevención y control de erosión (Bucaramanga, Cajamarca, Manizales, Salamina, Aranzazu, Jericó, entre otras).

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

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

En estas zonas de minifundio, los controles deben ser integrados, ya que la efectividad está determinada por la realización de los controles en todas las fincas vecinas.

La mayoría de los factores antrópicos que favorecen la erosión, vistos en el capítulo III, deben considerarse también para adelantar programas de control.

1.3 DE MANTENIMIENTO

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

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

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

2. ETAPAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE EROSION

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

- Observar cuidadosamente el problema de erosión.
- Estudiar las condiciones dentro de las cuales ocurre el fenómeno (material de origen, suelo, clima, vegetación, topografía).
- Determinar todas las causas que originan el problema.
- Hacer un diagnóstico correcto del mismo.
- Estudiar con muy buen criterio las soluciones posibles y la forma como se controlarían las causas.
- De las soluciones propuestas, escoger aquellas que estén de acuerdo con el suelo, clima, las plantas y el hombre, teniendo

- en cuenta su factibilidad, costos y eficiencia.
- Programar todos los pasos y detalles para la realización de las obras y prácticas de control.
- Motivar al agricultor y contar siempre con su colaboración para cumplir cabalmente las labores de conservación y mantenimiento.
- Realizar las diferentes etapas programadas en el trabajo de conservación.
- Evaluar periódicamente el trabajo realizado, para observar posibles fallas y corregirlas.
- Mostrarle al agricultor los éxitos que se vayan alcanzando para que se sienta estimulado a conservar toda la finca y se convierta en un elemento de cambio dentro de su comunidad.

3. CONTROL DE EROSION HIDRICA Y FLUVIAL

3.1 EROSION PLUVIAL

El tratamiento más aconsejable para combatir la erosión pluvial, consiste en mantener una buena cobertura vegetal, rastrera o arbustiva, y en la conservación del mulch.

Los taludes de carreteras y canales también están expuestos a este tipo de erosión, y su control más efectivo consiste en empastados, ya sea por medio de cespedones o por semillas. También existen algunos productos comerciales estabilizadores de taludes, que ayudan además a fomentar el empastado.

3.2 LAMINAR Y EN SURCOS

Cuando se manifiesta la pérdida de espesor del suelo o aparecen surcos por concentración de escurrimiento, se debe en primer lugar, reconsiderar el uso del suelo y las prácticas de labranza que se realizan, ya que la mala localización de cultivos limpios, el uso del azadón en terrenos pendientes y la ausencia de cobertura vegetal, son los principales factores de la pérdida de suelo en esta forma.

Las prácticas más recomendables para detener la erosión laminar son: establecimiento

de surcos en contorno, mantenimiento de coberturas, desyerbas selectivas, barreras vivas y obras de evacuación de agua (zanjillas o acequias).

Para la corrección de la erosión en surcos, además de las prácticas anteriores, se debe suprimir la entrada al lote del agua de esorrentía por medio de acequias de corona. En ocasiones se aconseja borrar los surcos cuando las pendientes del terreno no pasan del 20 o/o y hacer empalizadas, trinchos, barreras en los más profundos y permanentes, para que no se conviertan en cárcavas. También se puede pensar en la construcción de una serie de zanjillas de desagüe espaciadas convenientemente.

3.3 CORRECCION DE CARCAVAS

Los cultivos limpios en ladera, los surcos en sentido de la pendiente y el sobrepastoreo, así como la falta de desagües protegidos, son los principales factores que favorecen la formación de cárcavas.

Las zanjas o cárcavas, además de impedir el cultivo y el empleo de maquinaria, drenan

terrenos adyacentes resecaéndolos y favorecen el escurrimiento concentrado del agua, tienden a aumentar su tamaño y son fuentes de sedimentos para las quebradas y los ríos.

Cuando una cárcava tiende a aumentar su tamaño, longitud y profundidad, por erosión lineal remontante y desplomes laterales, su estabilización resulta difícil y costosa. Al contrario, puede evolucionar hacia la recuperación natural.

Los principales métodos para corregirlas y evitar su crecimiento son: emparejamiento del terreno, suavización de taludes y construcción de defensas. En ocasiones es necesario cercar el área para evitar la entrada o el paso de personas y ganado.

Estos trabajos también son aconsejables para la protección de los desagües naturales, complementándolos con coberturas vegetales densas.

3.3.1 Emparejamiento del terreno.- Si las zanjas o surcos secundarios no son muy grandes, debe emparejarse el terreno, borrándolos o rellenándolos en la forma más económica posible. De esta manera, se logra anular el proceso erosivo y reincorporar los terrenos a la explotación, siempre que se apliquen prácticas de conservación para evitar la repetición del fenómeno.

3.3.2 Suavización de taludes.- Cuando los bordes de las zanjas o cárcavas son muy perfilados, se desmoronan con facilidad favoreciendo la ampliación de las mismas.

Es necesario por lo tanto, suavizar o rebajar las paredes abruptas, dándoles un talud conveniente con lo cual se favorece también el desarrollo de una vegetación densa que retenga el suelo.

Los taludes ya suavizados, y el cauce de las zanjas, deben sembrarse con coberturas naturales o cultivos densos, que amarren el suelo y frenen la velocidad del agua. También se acostumbra sembrar barreras vivas transversales a intervalos cortos.

3.3.3 Defensas.- Son obstáculos que se hacen en el interior de las cárcavas o zanjas para frenar el avance del agua, y propiciar la humedad y la retención de sedimentos.

Las defensas artificiales son pequeños diques, trinchos, barreras, escalones o saltos, convenientemente distanciados, que pueden construirse económicamente con materiales disponibles en la región (troncos, guadas, ramas, estacas, piedras, escombros, etc).

En general, es mucho más conveniente, económico y eficaz, hacer un gran número de diques de pequeña altura a lo largo de la corriente, que unas pocas obras grandes de contención de aguas.

Cuando las cárcavas son grandes, al establecer empalizadas se deben preferir las estacas de plantas que retoñen (quebrabarrigo, bambú, chusque, sauce, matarratón, cañabrava, guada) para formar empalizadas vivas.

Una vez conseguido el asentamiento en las empalizadas, debe sembrarse pasto, gramíneas y plantas invasoras, para proteger los taludes y pisos de las cárcavas o cauces.

Cuando las corrientes de agua son considerables, o las pendientes muy fuertes, los diques de piedra o madera deben estar suficientemente cimentados en el fondo y en las paredes del cauce y contar en la caída del agua con una cama de piedra para que el chorro y las ondas que se formen pierdan su fuerza.

Las obras de defensa también se emplean en

la protección de canales, vertederos o desagües naturales, con el fin de evitar que se conviertan en cárcavas. En este caso, y cuando el tamaño y caudal es muy importante, es menester recurrir a estructuras más duraderas de mampostería, previamente diseñadas.

La presencia de cárcavas ramificadas en una ladera indica que no se cuenta con un sistema de desagües para los excesos de escorrentía, y ésta trata de formar sus cauces naturales. Por esta razón, además de corregir las cárcavas, debe buscarse un sistema de desagües protegidos para evacuar los excesos de escorrentía en forma controlada.

3.4 REMOCIONES EN MASA

3.4.1 *Solifluxión.*- En estas zonas se deben evitar las infiltraciones por medio de acequias de corona, acequias de desviación, y drenajes cuando sea factible. En algunos casos, es necesario reforestar el área con especies de porte bajo o medio. En zonas de solifluxión se debe evitar la construcción de vías y otro tipo de obras de ingeniería, así como los sobrepesos de edificaciones, torres para conducción de energía eléctrica y árboles muy altos y pesados que agravarían el problema y correrían el riesgo de quedar destruídos.

Las sangrías en los taludes o barrancos se hacen mediante filtros o drenes horizontales, los cuales han dado extraordinarios resultados.

Estos consisten en perforaciones hechas con barreno, de 7 a 10 cm de diámetro, y de 5 a 50 m de largos, los cuales se ademan con tubería metálica perforada, PVC, o tubos de guadua rajada rellenos con grava (2,5 a 4 cm).

Los filtros deben localizarse en la zona de

contacto de los materiales de diferente permeabilidad, espaciados de 1 a 5 m en sentido horizontal, en forma de baterías. En taludes muy grandes deben hacerse varias baterías espaciadas verticalmente de 5 a 15 metros. En los sitios con manantiales, deben hacerse varios filtros espaciados a 0,50 - 1,00 m. Se construyen con pendiente de 5 a 20 ‰. Los tubos deben sobresalir en la salida y quedar por encima de la cuneta o colector, y estos deben estar protegidos para evitar erosión por el impacto de los chorros.

3.4.2 *Coladas de barro.*- Se deben controlar por medio de obras de canalización, evacuación y desvío de aguas, para disminuir al máximo las infiltraciones y sostener los socavamientos con obras adecuadas (canastas, diques, gaviones, trinchos, empalizadas, muros, vegetación etc), evitar el sobrepastoreo y la desprotección o remoción de suelos (cultivos limpios, azadón etc.).

3.5 CONTROL DE DERRUMBES

Los derrumbes ocurren generalmente por saturación de aguas de las capas superiores (con lo cual aumentan de peso) y cuando la pendiente es favorable y hay movimiento de agua en las capas inferiores, formando planos de deslizamiento.

La saturación es favorecida por el exceso de lluvia, o cuando se vierten aguas de escorrentía de áreas superiores en terrenos poco estables, o muy permeables, o por nacimientos de agua.

En terrenos de pendiente abrupta y suelos poco estructurados e inestables, deben mantenerse coberturas adecuadas, propiciar la evacuación de aguas y evitar que les llegue aguas sobrantes de beneficios, cunetas o ca-

nales de escorrentía de áreas superiores. No deben sembrarse plantas muy grandes y hay que evitar hacer construcciones cerca de ellos y socavamientos en su base.

Otro tipo de derrumbes muy frecuente ocurre por socavamientos en la base de los taludes de carreteras, que alteran el ángulo de reposo o equilibrio de los materiales de los taludes cuando se construyen sin estudios previos. También hay derrumbes en la banca de las vías, que se conocen como "negativos", ocasionados por el vertimiento de aguas concentradas sobre áreas inestables o cauces desprotegidos, o infiltraciones por falta de cunetas y obras de drenaje. También por la misma construcción de la vía si hay zonas construídas sin descapote previo antes de los rellenos o si los rellenos no fueron bien hechos o se hicieron con materiales orgánicos (suelo orgánico, basuras, capote, etc).

En general, para controlar los derrumbes causados por infiltración se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Tratar las grietas ampliándolas y profundizándolas unos 30 cm y sellarlas con arcilla bien apisonada. Se deben hacer inspecciones permanentes para evitar nuevas roturas.
- Localizar las filtraciones y sus fuentes.
- Sacar estas aguas fuera del derrumbe, por medio de "sangrías" zanjas o canales, cañales o tuberías, hasta un desagüe natural protegido, donde no causen daños.
- A una distancia de 5 a 20 metros de la cabecera del derrumbe, hacer un canal de desagüe cuando sea factible, para impedir que le llegue agua de escorrentía del área superior.
- Impedir en lo posible infiltraciones altas de las lluvias, emparejando el terreno (depresiones, montículos, grietas, etc).

- Suavizar toda la superficie del derrumbe y hacer taludes, en los bordes y partes no desprendidas, para evitar nuevos desmoronamientos y estabilizar los taludes.
- Cercar a distancia prudencial (5 a 10 m) el área del derrumbe cuando sea necesario, para evitar que el paso de personas y animales provoque nuevos deslizamientos y peligro para sus vidas. También para propiciar la vegetación natural, contribuyendo a su amarre.
- Propiciar la invasión de coberturas densas, (pasto kikuyo, elefante, pará, kudú, añil y de cañabrava). En las partes bajas se pueden sembrar árboles cuando sea factible.
- Sembrar barreras vivas dobles o triples (pasto imperial, limoncillo, vetiver), por las orillas del derrumbe para evitar que éste se ensanche.
- En ocasiones hay que construir obras de contención, tales como empalizadas, muros y gaviones. También pueden hacerse empalizadas vivas de matarratón, quiebrabarrigo, cañabrava, pasto india, cabuya, en tramos a través de la pendiente y en todo el derrumbe.

3.6 EROSION EN CARRETERAS

Los caminos y carreteras son vías de comunicación necesarias para el desarrollo de la agricultura.

Estas obras, por ser a nivel o suavemente inclinadas, cortan el escurrimiento normal y difuso de las laderas y lo concentran en cunetas y desagües. También alteran la estabilidad natural de los terrenos con socavamientos.

Cuando no se construyen técnicamente o no tienen un mantenimiento adecuado, estas vías son destruídas por la acción de las aguas y son foco de erosión en los terrenos adya-

centes (cárcavas, derrumbes, “negativos” y sedimentación).

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

Los principales puntos para el mantenimiento de caminos y carreteras son: taludes, franjas protectoras, cunetas, desagües y control de derrumbes.

3.6.1 Taludes.- Los taludes en general se considera preferible hacerlos inclinados. Sin embargo, en ciertas formaciones estables como algunas cenizas volcánicas, tobas, arcillas compactas, conglomerados estables y roca firme, resulta mejor dejar los taludes verticales, ya que los factores de meteorización actúan con menos intensidad. Para otros materiales menos compactos o estables, se debe tener en cuenta el ángulo de reposo del material.

Los taludes tendidos deben cubrirse con vegetación nativa, rastrera o pastos, y en ocasiones conviene sembrar barreras vivas en ellos con una pendiente muy suave para que favorezca la evacuación del agua de escorrentía a intervalos cortos.

3.6.2 Franjas protectoras.- Una amplia franja a lado y lado de las carreteras sembrada con plantas protectoras es una medida indispen-

sable para evitar los derrumbes y “negativos”.

Deben evitarse siembras hasta el borde de las carreteras (especialmente cultivos limpios) y hacer construcciones cerca de los taludes, o propiciar en los mismos chorreaderos sin protección.

3.6.3 Cunetas.- El escurrimiento paralelo a los caminos causa hondas cárcavas si no se construyen cunetas de una profundidad adecuada, y las infiltraciones son las que más dañan la carpeta de la carretera (rizados). Estas cunetas requieren necesariamente revestimiento con cemento o una buena cubierta vegetal en suelos sueltos, para evitar el carcamiento, las infiltraciones y los focos de sedimentos. A trechos deben construirse cajas para evacuar el agua, allí donde existan desagües naturales protegidos. El mantenimiento de las cunetas debe ser periódico.

La falta de cunetas, o el mal mantenimiento de ellas en carreteras destapadas, favorece la concentración del agua de escorrentía en el interior de la carretera arrastrando el material gravilloso (balastro), dificultando o impidiendo el rodamiento de los vehículos en épocas lluviosas

3.6.4 Desagües.- Los desagües naturales (hondonadas, cañadas) que atraviesan las carreteras deben estar protegidos por vegetación y obras transversales (gaviones, empalizadas, diques de piedra) antes de llegar a la vía y aguas abajo.

Las aguas vertidas en desagües sin protección, ocasionan cárcavas, derrumbes y negativos.

Cuando la cantidad de agua de una cuneta es grande y es necesario evacuarla en un sitio donde no exista un desagüe natural, se debe construir un deslizadero artificial para llevar-

la hasta un cauce natural sin peligro de erosión.

Los deslizaderos también se construyen para canalizar las aguas concentradas en los drenes naturales que lleguen a las vías.

3.6.5 Control de derrumbes.- Los derrumbes más frecuentes en las carreteras son de dos tipos: Los superiores, que caen sobre ellas tapándolas, y los "negativos", en las partes bajas que destruyen la banca.

En el primer caso, el daño causado es aparentemente la obstrucción temporal, pero debido a la premura e improvisación en despejar la vía, muchas veces se hacen socavamientos mayores en los taludes que aceleran el proceso para nuevos derrumbes, y no se corrigen las verdaderas causas, convirtiéndose en focos permanentes de desprendimientos y haciendo muy costoso el mantenimiento de las carreteras.

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

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

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

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

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

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

- Sellar las grietas que se presenten y apisonarlas bien.
- Suavizar las salientes para evitar desplomes y derrumbes potenciales y quitar el suelo removido del área en la parte donde se van a asentar las estructuras o banca de la carretera.
- Contar con un drenaje natural apropiado, o construir uno artificial (deslizadero) para la evacuación rápida de las aguas del derrumbe y evitar saturaciones y coladas de barro en las partes inferiores.
- Canalizar las aguas centrales y laterales del derrumbe hasta el drenaje anterior.
- Propiciar la invasión vegetal tupida, rastrojera y de porte medio, para evitar el arrastre del suelo y favorecer el amarre del mismo.
- Construir las obras de defensa necesarias en el derrumbe: empalizadas estratégicamente colocadas, postes de concreto enterrados y trabados, diques o muros de contención.
- Cimentar convenientemente estas obras teniendo en cuenta la presión, el peso de

ellas y la sobrecarga. En caso de estructuras de concreto o rígidas (diques y muros) hacerlas con buenos drenajes (filtros) para evacuar el agua y evitar que el suelo sobresaturado rompa la estructura por sobrepasar los coeficientes de seguridad del muro (tensiones).

- Rellenar la banca destruída con materiales adecuados (subsuelo) y seguirlo haciendo a medida que se asienta y compacta. El relleno debe ser libre de basuras, capa orgánica, raíces, materia orgánica, o cualquier material que se considere inapropiado para sustentar llenos u obras a construir. Se hace con subsuelo apropiado, en capas de 30 cm sólidamente apisonadas mediante pisón de madera o mecánico. El suelo se puede mojar para apisonarlo con el fin de obtener la máxima compactación.

3.7 EROSION FLUVIAL

La erosión fluvial se manifiesta por enturbiamiento de las aguas, fluctuaciones grandes de los caudales y alteración de las orillas en forma de derrumbes, socavamientos, desplomes, o meandros de cauces de los ríos o quebradas.

Las fluctuaciones del cauce, ocasionadas por la desprotección de las partes altas de las cuencas, aumentan los fenómenos erosivos de las orillas en las épocas torrenciales, favorecen los desplomes en las épocas secas y aportan sedimentos por erosión de las laderas, que enturbian las aguas.

El primer paso en la protección de ríos y quebradas es la regulación de las aguas en las partes altas de las cuencas, con programas de reforestación, coberturas, obras de fijación de sedimentos y localización y manejo de cultivos.

Como complemento indispensable se deben establecer las obras de defensa y protección de las orillas del cauce.

En general, una corriente fluvial sigue un trazado de curvas. Las sinuosidades son pues un fenómeno normal, y al efectuar canalizaciones o rectificaciones no se deben dejar tramos demasiado rectos pues ocurrirían erosiones lineales imprevistas.

En cambio, en las curvas se prevee el sitio donde golpea el agua con más fuerza y se pueden localizar allí las obras de defensa cuando hay problemas de erosión actuales o potenciales (gaviones, diques, espolones, empalizadas, entre otros).

La principal causa de la erosión fluvial es la desprotección de las orillas de la vegetación natural, y por consiguiente la primera medida de control debe ser el empradizado y la arbolización de una faja a lado y lado de las corrientes, con guadua, caña brava, matarratón, chusque, pastos de corte y vegetación rastrera nativa.

Los socavamientos y desplomes ocurren generalmente por la presencia de horizontes sueltos con materiales gruesos (conglomerados) y deleznablees cuando no hay presencia de raíces.

Cuando el segundo horizonte es socavado más fácilmente, va propiciando el desplome del primero. Es necesario, cuando ocurra este fenómeno, establecer las defensas no solamente en las orillas, sino en todo el talud hasta el lecho del río o quebrada.

Los sedimentos que arrastran los ríos no son todos provenientes de las partes altas de las cuencas. Gran parte del material fino y todo el material grueso, son aportados por derrum-

bes, socavamientos, desplomes y retomas de materiales asentados en los tramos medios e inferiores de los ríos y quebradas.

Las obras para la protección de las orillas, además de defender los terrenos adyacentes, buscan frenar el aporte de materiales a las corrientes.

4. RECUPERACION DE ERIALES

Cuando un terreno ha sufrido casos extremos de erosión, se convierte en un erial, o sea en un área altamente erosionada y estéril, aunque estable, que ya no suministra sedimentos porque ha ocurrido un lavado de todo el material fino del suelo.

Hay otras áreas altamente erosionadas pero en las cuales aún actúan los procesos erosivos con gran dinámica. Es evidente que este tipo de zonas requiere una mayor atención, con el fin de detener la erosión, recuperar el terreno y evitar la fuente de sedimentos.

En general, la recuperación de eriales es una tarea costosa y lenta, y debe hacerse con métodos sencillos y materiales sobrantes, a medida que se disponga de ellos, tratando de acelerar los procesos naturales.

El primer paso del control, consiste en propiciar la infiltración de agua (siempre y cuando ésta no ocasione remociones en masa), y la fijación del suelo arrastrado para favorecer el crecimiento inicial de la vegetación nativa y la formación de coberturas.

En segundo término, se debe fomentar la formación de materia orgánica y la recuperación de la fertilidad, esparciendo basuras, residuos vegetales, composte, pulpa, gallinaza o estiércol según la disponibilidad de estos materiales.

En algunos casos cuando la localización del terreno y su uso potencial lo justifique, puede incrementarse la recuperación y la formación de coberturas con aplicaciones de fertilizantes.

5. RECOMENDACIONES PARA CAMPAÑAS DE CONSERVACION

A partir de 1946 la Federación Nacional de Cafeteros inició una "Campaña de Defensa y Restauración de Suelos" la cual se adelantó por espacio de 15 años. A partir de entonces, los programas de investigación han continuado en Cenicafé, y los de educación fueron adscritos al Servicio de Extensión de la Entidad.

De una evaluación efectuada con varios supervisores y personal de campo de la campaña, surgieron las siguientes recomendaciones, que son muy valiosas para tener en cuenta en futuras campañas y programas de conservación. Estas sugerencias se complementan con una lista de prácticas mínimas de conservación.

5.1 SOBRE EXTENSION

Promover la productividad de la unidad agrícola prioritariamente a la conservación, para lograr el cambio del agricultor.

Procurar que las prácticas de conservación se asimilen a las prácticas inherentes a la explotación de cada región agrícola. Es necesario realizar una zonificación sistemática para determinar los tipos de explotación con relación a su uso y su manejo. Tener en cuenta las opiniones y necesidades sentidas del agricultor al planificar su explotación.

Recomendar prácticas eficientes, sencillas y de bajo costo de ejecución, utilizando los recursos de la propia finca, y los sistemas propios de cada explotación.

Cuando sea absolutamente necesario el uso de prácticas mecánicas o de ingeniería y en una zona de alto potencial económico, asesorar continuamente al agricultor y crearle conciencia para que realice un constante mantenimiento de ellas, al igual que en ciertas prácticas culturales conservacionistas.

5.2 SOBRE DIVERSIFICACION

Integrar los sistemas de cultivo con las prácticas de conservación adecuadas, en función de las relaciones roca-suelo-clima-planta-hombre, en tal forma que las prácticas estén de acuerdo con la vocación de uso de cada suelo.

El plan de explotación de cada unidad agrícola debe incluir un plan educativo con relación a cada cultivo, a los costos y las prácticas de conservación.

La introducción de cultivos nuevos en una

zona, debe estar de acuerdo con las condiciones óptimas ecológicas y edafológicas, para lograr éxito en la empresa agrícola y tecnificar las explotaciones y por ende al agricultor.

No olvidar que toda práctica o cultivo nuevo llama la atención a muchos agricultores, factor que puede llegar en muchas ocasiones a ser negativo si no se prevee la educación y orientación técnica en los programas de diversificación.

Si el cultivo origina subproductos, se recomienda la utilización de ellos en el mejoramiento de los suelos de la misma finca (uso de gallinaza, estiércol, mulch, pulpa, bagazo, entre otros).

En ocasiones hay algunas áreas de la finca que pueden ofrecer peligro de cárcavamiento, hundimiento o remociones en masa del suelo. Estas deben descartarse como áreas de cultivo, y dejarlas como zonas de protección con vegetación apropiada dándoles las atenciones técnicas que requieren.

5.3 SOBRE CREDITO

Una vez analizadas las prácticas de conservación correspondientes a una unidad de explotación, deben ser financiadas con crédito a largo plazo e intereses bajos. Para lograr este objetivo se debe educar al agricultor para que acepte ciertas prácticas y logre captar la importancia económica que revisten el programarlas en su explotación.

Esta motivación se debe adelantar simultáneamente a las personas que manejan las entidades que conceden crédito agrícola y pecuario, lo que les dará una mayor seguridad en la inversión que financien.

Las recomendaciones de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia sobre algunos aspectos de conservación que deben efectuar los agricultores para renovación de cafetales con crédito, son las siguientes:

- Se deben escoger los lotes, dentro de la finca, con menor pendiente y mejores condiciones de suelo.
- Todas las renovaciones deberán hacerse en contorno, a través de la pendiente (curvas a nivel), con calles de suficiente amplitud para facilitar las distintas prácticas de manejo, especialmente controles fitosanitarios.
- Debe establecerse sombrío permanente cada 12 ó 15 metros a juicio del técnico, teniendo en cuenta las condiciones de suelo y clima.
- Debe mantenerse una cobertura vegetal, efectuando desyerbas selectivas con machete.
- Establecer barreras vivas, acequias y canales a juicio del técnico.
- Cuando se financien beneficiaderos, estos deben incluir fosas para utilizar la pulpa como abono.

5.4 SOBRE TRABAJO CON EL AGRICULTOR

Realizar estudios de tipo técnico-socio-económico para poder definir la implantación y racionalización de las prácticas conservacionistas.

Tener en cuenta las experiencias acumuladas por aquellas personas en contacto directo y permanente con los problemas del suelo,

los cultivos y los agricultores. No olvidar sus experiencias, ideas y costumbres.

No utilizar el sistema paternalista de las bonificaciones; las prácticas deben realizarse con los recursos del agricultor.

No realizar programas a espaldas del agricultor, que no respondan a las necesidades sentidas por él.

No descuidar otros aspectos que incidan en la productividad. Si el agricultor incrementa su producción será más receptivo a los factores de cambio.

Recomendar prácticas que se considere efectivas a corto o mediano plazo, de acuerdo a la explotación y tipo de agricultor.

Con medianos y pequeños agricultores puede tenerse éxito en la campaña de conservación de suelos, si se utilizan adecuadamente los grupos de amistad y las organizaciones comunales.

La asistencia al agricultor debe darse con personal técnico capacitado en extensión, al cual debe mantenerse siempre actualizado.

5.5 SOBRE INTEGRACION Y COORDINACION

Los Estados tienen gran responsabilidad, ya que son los organismos de quienes debe esperarse una función directa en estos campos. Máxime si se trata de la conservación del suelo en los países en desarrollo. El Estado debe tener un interés inmediato y a largo plazo en la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos del país y contar con los medios necesarios para conseguir los objetivos de la conservación.

5.5.1 *Intervención estatal.*- La intervención estatal es conveniente para lograr la conservación cuando:

- Resulta económico que cada agricultor se preocupe de conservar sus tierras, pero no puede hacerlo por falta de conocimiento o de capital.

Dicha intervención puede hacer económica la conservación, tanto para los propietarios de las tierras como para el país.

- Cuando la conservación es económica para la sociedad pero no para el individuo.

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

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

del país para asesorar y supervisar los programas de conservación de suelos que se lleven a cabo, lo mismo que mantener informado al cuerpo técnico en contacto con el agricultor, sobre las investigaciones y experiencias adquiridas en conservación.

5.6 SOBRE PRACTICAS MINIMAS DE CONSERVACION

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

Desmorte y tala parcial.- Evitar el desmorte total o parcial de bosques naturales en las orillas de ríos, quebradas, nacimientos de agua y terrenos abruptos.

Quemas.- Evitar las quemas en pendientes mayores del 25 o/o y en riberas de corrientes de agua.

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

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

Prácticas de conservación.- Hacer siembras en

contorno en pendientes mayores del 5 o/o. Mantener coberturas vegetales en cultivos semiperennes y efectuar desyerbas selectivas con machete.

Escorrentía.- Evacuar la escorrentía en zonas lluviosas por medio de zanjillas, acequias, canales y desagües protegidos.

Humedad.- Promover la infiltración y retención de humedad en zonas secas por medio de zanjillas, banquetas o terrazas, mulch y coberturas muertas.

Materia orgánica.- Propiciar el mantenimiento y aumento de la materia orgánica por medio de rotaciones, abonos verdes, residuos de cosechas y composte. En muchos casos mediante el sombrío que produce mulch.

Praderas.- Establecer rotación de potreros, pastos de corte, para evitar el sobrepastoreo continuo.

Aguas.- Controlar los focos de sedimentación y de contaminación de los cauces de agua.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. The work of uncontrolled water. Agriculture Information Bulletin 260, USA Soil Conservation Service, 1962. 16 p.
- 2.- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Normas para renovación y nuevas siembras de café con créditos por Ley 5a. de 1973 del Fondo Rotatorio de Crédito cafetero y de la Caja Agraria. Resolución No. 1, Comité Técnico, Bogotá, 1974. 3 p (mimeografiado).
- 3.- GOMEZ, A. Curso de Conservación de Suelos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1971. 152 p (mimeografiado).
- 4.- ——— Integración y coordinación en la conservación de los recursos naturales renovables. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 4 p (mimeografiado).
- 5.- ——— Caracterización de los Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1974. 6 p (mimeografiado).
- 6.- GUTIERREZ T., E. Control de erosión. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Inderena, 1972. 42-54 p.
- 7.- INDERENA Documento Base de Disposiciones Legales para El Código de Recursos Naturales Renovables. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, 1974. (fotocopiado).
- 8.- KHOBZI, J. Anotaciones sobre Geomorfología y Suelos. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Inderena, Bogotá, 1972. 72-29 p.

- 9.- LECARPANTIER, C. La Geomorfología al Servicio de la Conservación de Suelos en Colombia. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Inderena, Bogotá, 1972. 80-100 p.
- 10.- ——— Apuntes sobre algunos aspectos de la Dinámica Fluvial. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Inderena, Bogotá, 1972. 125-134 p.
- 11.- PRIETO, B. J. Estudio de derrumbes y control. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 3 (30): 20-31, 1952.
- 12.- ROMERO, B., GOMEZ, J. y GOMEZ, A. Bases para el planteamiento de una campaña de conservación de suelos. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 8 p (mimeografiado).
- 13.- SALCEDO, R. Los derrumbes: Erosión frecuente y controlable. Secretaría de Agricultura de Antioquia, Medellín (Colombia), 1959. 10 p.
- 14.- TOBON, C. C. y PEREZ, J. Estudio de la Erosión y su control en el municipio de Salamina. Secretaria de Fomento, Desarrollo y Obras Públicas del Departamento de Caldas, 1969. 22 p (mecanografiado).
- 15.- ——— Proyecto de Estudio de la Erosión en el Departamento de Caldas y su Control. Secretaria de Fomento, Desarrollo y Obras Públicas del Departamento de Caldas, 1969. 14 p (mimeografiado).
- 16.- ——— El catastro y su proceso de reconocimiento predial. Manizales, Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1972. 12 p (mecanografiado).



Control de derrumbe con barrera viva



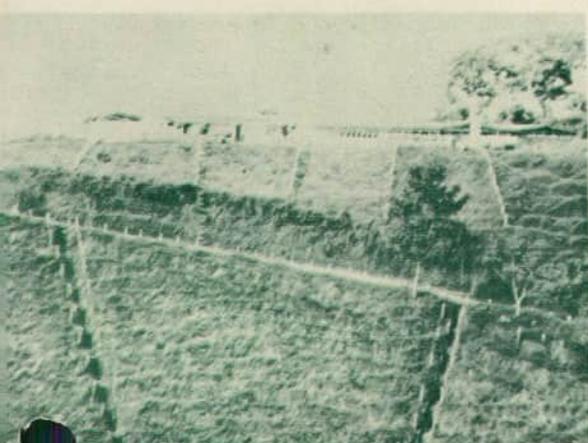
Empalizada para control de derrumbes en taludes



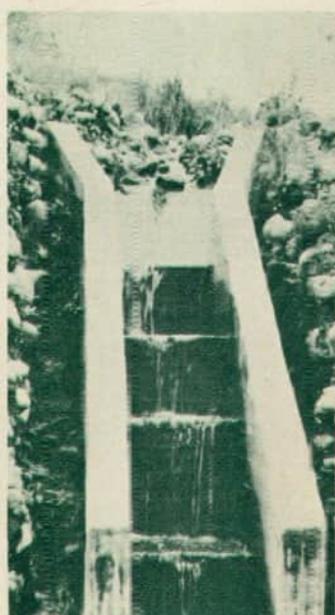
Control de negativos con postes entrapados



Trinchos para control de sedimentos en cuencas.



Control con rotación de potreros y canalización de aguas.



Vertedero y canalización de aguas en zonas muy inestables.



Buenas cunetas en carreteras de penetración



Cunetas en carreteras principales.



Talud apropiado empastado con cespedones



Estabilización de áreas urbanas con empastado y canalización.



Terracetas hechas con buldozer para dirigir y estabilizar un derrumbe.



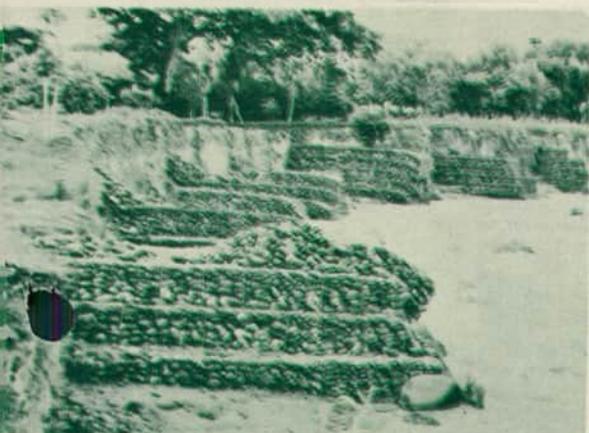
Talud apropiado pero cobertura falsa.



Diques con gaviones en riberas de ríos.



Gaviones para control de negativos en carreteras.



Espolones de gaviones en curvas de ríos.



Diques de gaviones para retención de áreas inestables.



Gaviones para retención de taludes en carreteras.



Detalle de la construcción de gaviones.



VII

CUENCAS HIDROGRAFICAS

*Alvaro Gómez Aristizábal
Héctor Alarcón Correa*

En el proceso de equilibrio natural, el agua modela la superficie terrestre y labra sus desagües naturales tanto superficiales como subterráneos.

También existe en la naturaleza una tendencia de equilibrio entre el medio ambiente y las plantas y animales que se adaptan y pueda sostener ese medio. Todos estos factores son interdependientes, de tal forma que cualquier alteración en uno de ellos ocasiona cambios en los demás.

Pero es el hombre quien más introduce cambios en las cuencas, al talar y quemar la vegetación nativa para establecer potreros o cultivos, al construir obras y vías de comunicación. Esto ha llevado a un desequilibrio hidrológico y ecológico y a un desgaste de

los suelos. Debido a la imposibilidad del hombre para modificar las lluvias, estos efectos se acentúan hasta extremos alarmantes.

Cada día es mayor la preocupación por la protección de las cuencas para la producción de agua permanente y de calidad, para consumo, riego y producción de energía eléctrica.

En nuestro medio no es posible destinar una cuenca a la producción exclusiva de agua, ya que se requieren cada día más tierras para la producción de alimentos y materias primas para la industria. Tampoco se debe explotar una cuenca sin considerar sus efectos sobre la corriente y calidad del agua. Por lo tanto, es necesario diseñar programas de ordenación y manejo que cumplan esta doble función.

1. CUENCAS

1.1 DEFINICION

Cuenca es un área natural en la cual el agua se desaloja a través de una red de drenaje con un desagüe principal, que sirve de eje de la zona, y constituye una unidad para el desarrollo y la conservación de los recursos de agua, suelo, bosques y fauna.

Puede considerarse una cuenca principal, como el conjunto de cuencas pequeñas que pertenecen a un mismo sistema de desagüe.

Una cuenca comprende, además de la hoya o vertiente receptora, toda el área afectada por el escurrimiento, como son los valles y distritos de riego.

1.2 LA CUENCA COMO UNIDAD DE DESARROLLO

La cuenca es la unidad natural para la planeación del desarrollo socioeconómico, y la protección y utilización de los recursos naturales renovables.

Se puede decir que cualquier área de terreno pertenece a una cuenca, y por lo tanto afecta el clima, el escurrimiento, la producción, almacenamiento y evaporación de agua de la misma.

En capítulos anteriores se ha visto cómo evitar y controlar la erosión en cada finca y cómo diseñar prácticas de conservación que permitan aprovechar mejor el agua y el suelo.

Pero en las cuencas, el hombre no puede explotar su tierra aisladamente. Así, no puede llevar el agua a su finca sin pasar por varias

propiedades, o no puede evacuar aguas de escorrentía sin tener en cuenta las fincas vecinas.

Los drenes naturales se pueden comparar con una vía de comunicación, pues ambos son comunales; si un propietario dañara un tramo de la vía, afectaría el transporte de todos los demás.

La conservación de las aguas y los suelos en una cuenca, es la suma organizada de la conservación que se haga en cada finca que la compone.

Por lo tanto, es necesario que exista un interés común y una participación de todos los propietarios en su manejo, al igual que una planeación y realización integrales de las prácticas de conservación.

Además, hay ciertas características fisiográficas, geológicas y climáticas muy definidas que determinan la necesidad de diseñar planes de ordenación y manejo tomando a la cuenca como unidad.

Gran parte de las corrientes y depósitos subterráneos están determinados por la estructura geológica, y su funcionamiento depende de la presencia de áreas y factores que favorezcan la infiltración de agua hasta esas estructuras.

La forma y capacidad de la cuenca influyen en la regularidad del caudal principal. Así, cuencas pequeñas con cauces cortos, tendrán la tendencia a fluctuaciones del caudal, con crecidas durante las lluvias. A medida que

la cuenca es más grande, se alternan los fenómenos de los diferentes sectores, reflejándose en una mayor regularidad del caudal principal.

En cuencas con pendientes y longitudes grandes, predominará el escurrimiento superficial que se manifiesta en una tendencia a las fluctuaciones del caudal principal. En cuencas onduladas habrá mayor influencia de las corrientes del subsuelo y mayor humedad en el suelo.

De ahí que el tipo de explotación y de labores que se hagan en una cuenca tendrán un efecto sobre la infiltración, la escorrentía, la sedimentación, la evaporación y en general sobre las corrientes de agua.

1.3 ORDENACION Y MANEJO DE CUENCAS

La ordenación de cuencas consiste fundamentalmente en la planificación del uso y manejo de la tierra, la vegetación y el agua, tanto a nivel de finca como de las áreas y recursos comunales, con objetivos preestablecidos para su conservación y utilización.

Para ello se debe:

- Conocer los factores y procesos que gobiernan las relaciones agua-suelo-planta, o sea el ambiente ecológico en el cual vegetarán y producirán los cultivos.
- Disponer de los estudios necesarios (reconocimientos, mapas, registros) para determinar la relación entre la cuenca, el clima y las corrientes de agua.
- Escoger los mejores sistemas y tipos de

explotación que aseguren un buen almacenamiento de agua en el suelo, el movimiento dentro del mismo y un escurrimiento superficial controlado de tal forma que haya la mayor productividad en la cuenca, sin peligro de erosión y sin detrimento de la cantidad y calidad del agua de las corrientes.

- Conocer los cambios que ocurrirán en los caudales debido a factores de clima y prácticas estacionales de explotación, para diseñar las obras hidráulicas necesarias, con el fin de regular los caudales.

El manejo de una cuenca debe ser integral, entre el agua, el suelo y la vegetación, ya que todos ellos son interdependientes.

Asumiendo que una cuenca debe explotarse económicamente, los planes de ordenación y manejo deben considerar la localización de cultivos y pastos y las prácticas de manejo de suelos y ganados de tal forma que no perjudiquen el funcionamiento de la cuenca.

También se deben tener en cuenta las relaciones entre la cuenca receptora y las áreas de influencia en las partes bajas. Por ejemplo, no se pueden diseñar planes de riego o defensa en los valles sin contar con los habitantes de las cuencas receptoras.

La construcción de carreteras y demás vías, canales y otras obras de ingeniería, deben hacer parte del plan de ordenación y manejo.

Lo anterior está demostrando la complejidad de los factores que afectan la ordenación de una cuenca, los cuales pueden agruparse en climáticos, edafológicos, de diseño, construcción y operación, agroeconómicos, legales, institucionales y humanos.

2. FUNCIONAMIENTO HIDROLOGICO

El funcionamiento de una cuenca se basa en los principios del ciclo hidrológico y sus rela-

ciones con los suelos y las plantas.

En una cuenca generalmente ocurren los siguientes procesos: lluvias, intercepción, escorrentía o corriente superficial, corrientes del subsuelo y evapotranspiración.

2.1 LLUVIAS

La precipitación es un fenómeno muy variable en el espacio y en el tiempo.

En una cuenca principal, es muy improbable que ocurra una lluvia sobre toda la superficie, y las variaciones que presenta el cauce principal son un reflejo de los fenómenos ocurridos en cuencas pequeñas o sub-cuencas.

2.2 INTERCEPCION

Es la retención de las lluvias por el follaje. Las lluvias de muy poca intensidad, serán retenidas casi en su totalidad por la vegetación densa, perdiéndose luego por evaporación.

2.3 CORRIENTE SUPERFICIAL (Escorrentía)

Cuando ocurren lluvias más intensas o frecuentes, el agua llega hasta la superficie, produciéndose por un lado la infiltración y por otro la saturación y la escorrentía.

Cuando ocurre escorrentía, esta fluye a los cauces, incrementa su volumen a medida que llega agua de las partes más lejanas, y comienza a decrecer el caudal suavemente al poco tiempo de terminada la lluvia. La vegetación rastrera y las prácticas de conservación y manejo de cultivos, influirán en la velocidad de la escorrentía y en la oportunidad del agua para infiltrarse.

2.4 CORRIENTES DEL SUBSUELO

El agua de saturación del suelo es retenida en parte por éste, como humedad. El resto puede considerarse como una retención temporal que fluye luego como una corriente del subsuelo hacia la superficie o hacia pequeñas depresiones, taludes y cauces, por efecto de la gravedad. Esta agua forma parte del caudal principal, pero en forma más tardía que la corriente superficial. En terrenos planos, es la causa de los encharcamientos.

Una parte del agua infiltrada va hacia el subsuelo, y fluye con el tiempo por estratos y cauces subterráneos, en forma de manantiales o nacederos. Esta agua subterránea, es la principal responsable del caudal en el verano, ya que su flujo es más lento y permanente.

Las capacidades de retención, infiltración y almacenamiento temporal de agua, están determinadas en gran parte por las características físicas del suelo (textura, estructura, profundidad y contenido de materia orgánica) e influenciadas por la cubierta vegetal.

2.5 EVAPOTRANSPIRACION

En la naturaleza ocurren dos fuentes de agua hacia la atmósfera: la evaporación de superficies de agua, (mares, ríos, lagos, etc) y la evaporación de suelos cubiertos con vegetación.

En el último caso, ocurre evaporación de agua del suelo y transpiración por las plantas. El conjunto de estos dos fenómenos se llama evapotranspiración, y es importante en zonas cálidas de escasas lluvias. En regiones lluviosas, no son importantes para la cuenca las pérdidas por evapotranspiración.

3. MANEJO DE CUENCAS

Cuando en una cuenca hay necesidad de utilizar el agua con fines de riego, energía, consumo o control de inundaciones y torrencialidad, deben considerarse los efectos de las prácticas de manejo de cultivos, bosques y praderas en la producción y calidad del agua.

A través de este manual se ha hecho referencia al comportamiento de algunos cultivos (limpios, café, cacao, frutales, etc) respecto a los diferentes tipos de escurrimiento, y sus efectos sobre la erosión. Es importante analizar los efectos de los bosques y las praderas en el funcionamiento de las cuencas, ya que estas explotaciones representan más de la mitad del área de la zona cafetera (2.500.000 Ha).

3.1 EFECTO DE LOS BOSQUES

En cada región con diferentes condiciones ecológicas (lluvia, temperatura, suelo, altitud) habrá formaciones vegetales naturales específicas (montes, rastrojos, praderas). De ahí que se hable de la destrucción de las cubiertas vegetales naturales como la principal causa del desequilibrio de las cuencas.

En zonas lluviosas, el bosque es la formación vegetal que ofrece mejor defensa del suelo contra la erosión, ya que juega un papel importante en la infiltración, el almacenamiento temporal de agua y la regulación de los caudales.

Se ha observado que es mejor la protección del suelo y la regulación de aguas en un bosque natural que en uno artificial, más en un bosque viejo que en uno joven, y más en el denso que en el entresacado.

Varios experimentos han demostrado que con el desmonte completo de una cuenca por descuaje, se aumentan siete veces los picos de las crecidas, mientras que cortando los árboles sin alterar el suelo y la cubierta, estos aumentan sólo dos veces.

El volumen de absorción, infiltración y retención temporal se debe al colchón de hojas, ramas, raicillas y materia orgánica del bosque, que puede absorber hasta 250 mm de agua, lo cual equivale a una capacidad superior a la intensidad de cualquier lluvia.

Sin embargo, debe considerarse la mayoría de esta absorción como una retención temporal, ya que una parte se retiene como humedad del suelo, otra parte se infiltra y el resto fluye como corrientes freáticas o del subsuelo. Esto significa un control de la esorrentía y la torrencialidad en la cuenca receptora, pero sólo un retraso en el aumento del caudal en las partes media y baja del cauce principal.

Cuando se han destruído los bosques naturales, la mayoría de los planes de ordenación deben incluir programas de reforestación para la regulación de los caudales y el control de la erosión.

Algunos consideran la reforestación como inconveniente para la producción de agua por el alto consumo de los árboles en épocas de verano, en comparación con cuencas en pastos, o vegetación rastrera. Pero el volumen total de agua, o el caudal anual en una cuenca reforestada, no se reduce en cantidades significativas, y se compensa con la mayor regularidad del caudal y pureza del agua.

Deben preferirse especies maderables para reforestación, por su utilidad económica, siempre que se conserve el sotobosque y la vegetación rastrera nativa, y cuando el suelo el clima y la topografía no permitan el establecimiento de cultivos comerciales más rentables pero protectores (café, cacao, caña, pastos).

En cambio, en regiones secas, debe preferirse vegetación leñosa o espinosa (rastrera o arbustiva) de poco consumo hídrico, que no agote el agua del suelo en los períodos de sequía.

Varios autores están de acuerdo en que la reforestación no es siempre la práctica más adecuada para el control de la erosión y la protección de las cuencas.

Los programas técnicos y racionales sobre reforestación proteccionista y de explotación económica, deben hacerse:

- en tierras con alto grado de pendiente, régimen pluvial adecuado, y en suelos con manifiesta aptitud forestal y sin peligro potencial de erosión (remociones en masa, soliflucción, etc).
- plantaciones de especies forestales apropiadas en los márgenes de los cursos de las aguas y en las cuencas receptoras, para prevenir fenómenos erosivos y torrenciales.
- en áreas de beneficio colectivo en donde se hace necesario prevenir la erosión o aminorar sus efectos.
- con fines recreativos, o para la protección y rehabilitación de la fauna silvestre.

3.2 MANEJO DE PRADERAS

Cada día se destinan más tierras planas a la

agricultura intensiva, y se desplaza la ganadería a zonas onduladas y pendientes. La zona cafetera está ocupada en un 45,5 o/o en pastos, (2.161.500 Ha) y esto constituye un factor importante en el funcionamiento de las cuencas.

Se ha dicho que los pastos ofrecen buena protección a los suelos contra la erosión. Sin embargo, a pesar de sus ventajas conservacionistas, se presentan dos situaciones contradictorias y frecuentes.

Por una parte, el sobrepastoreo que agota los pastos, compacta los suelos, acentúa el escurrimiento y causa erosión, con la formación de terracetas, cárcavas y calvas. Por otro lado, hay muchas praderas subutilizadas, debido a los pocos animales que pueden sostener por falta de tecnificación.

Para aumentar la productividad de las praderas, sin deteriorar los suelos y las aguas de la cuenca, deben combinarse las prácticas de conservación con un manejo adecuado de los pastos y del ganado.

Los principales factores para tecnificar las praderas son:

- Utilizar mezclas adecuadas de gramíneas y leguminosas, prácticas de fertilización, riego y control de malezas en las praderas.
- Complementar con pastos de corte, ensilaje y suplementos alimenticios.
- Utilizar sistemas de rotación de potreros que eviten el agotamiento de los pastos y la compactación del suelo, a la vez que se aumenta la capacidad de carga.
- Establecer pastos de corte en aquellos lotes muy pendientes y susceptibles de erosión.
- Para un mejor aprovechamiento de las praderas, utilizar razas de alto rendimiento

y hacer un manejo técnico y sanitario del ganado.

Uno de los efectos más considerables sobre el suelo y los pastos es el pisoteo.

El ganado vacuno ejerce una presión de 9 kg por cm^2 aproximadamente, sobre los primeros centímetros de la superficie. Esta presión compacta el suelo, disminuye la porosidad y la velocidad de la infiltración, e incrementa el escurrimiento superficial.

El pastoreo afecta las relaciones entre la planta, el suelo y el agua. El desarrollo de las raíces de un potrero intensamente pastoreado llega en ocasiones a ser 4 a 6 veces menor. Así, el pastoreo influye en la compactación e infiltración del suelo, que a su vez afectan el crecimiento de los pastos, y viceversa.

Cuando se utiliza el pastoreo continuo, los animales seleccionan los pastos y las partes que más les gustan, agotan las plantas más productivas y fomentan las malas hierbas. La rotación de potreros permite el descanso y recuperación del pasto y del suelo, y facilita el manejo, la fertilización y el control de malezas.

En zonas secas, debe propiciarse la infiltración y la retención de humedad surcando el potrero en curvas a nivel, con zanjillas de absorción. La retención de humedad en estas condiciones, dependerá del buen sistema radical de los pastos y de un follaje permanente y abundante que disminuya la evaporación.

En algunos suelos de zonas lluviosas, no es recomendable propiciar la infiltración, pero sí se debe evitar el sobrepastoreo, por cuanto al compactarse el suelo y disminuir el follaje, se aumenta peligrosamente el volumen y la velocidad de la escorrentía.

Cuando la cubierta herbácea ha sido destruída (calvas), es necesario dedicarse a su reimplantación como primera medida para la defensa del potrero.

También deben localizarse cercos, abrevaderos, en sitios estratégicos para evitar los caminos del ganado y asegurar un pastoreo uniforme. Otra práctica importante para la conservación consiste en esparcir el estiércol en el potrero.

3.3 MANEJO DEL AGUA

Cuando se va a utilizar el agua de una cuenca con un fin específico, es necesario diseñar, construir y mantener sistemas de protección para el agua de escurrimiento. Muchas de las obras necesarias para el manejo del agua corresponden a la entidad que va a utilizar este recurso y otras a cada uno de los propietarios.

El manejo de la escorrentía proveniente de cultivos, bosques y praderas, comprende obras de evacuación (canales, acequias) y obras colectoras tales como desagüaderos, deslizaderos y canales de conducción. Estas obras deben incluir estructuras complementarias para evitar sedimentaciones y socavamientos.

Otro aspecto del manejo del agua es el control de la torrencialidad y las inundaciones.

Se ha mostrado cómo el régimen de las lluvias es el factor determinante de los caudales máximos de un río, así como las características subterráneas de la cuenca determinan los caudales mínimos, aún en regiones con vegetación natural.

Por esta razón, la mayoría de los programas

de control de inundaciones dá énfasis a las obras de ingeniería civil para el almacenamiento temporal, regulación de caudales, protección de bordes y redes de riego y drenaje en los valles.

Estas obras deben complementarse con programas de ordenación en las cuencas receptoras, que constituyen la forma más lógica de corregir las causas del problema o evitar su agravamiento, y con lo cual se derivan otros beneficios tales como la calidad del agua y la defensa misma de las obras.

Una vez ordenados al máximo los factores del suelo y la vegetación, deben diseñarse obras para controlar las avenidas en las pre-

cipitaciones máximas, tales como saltos en el cauce, plazoletas de sedimentación antes de las bocatomas y elevación de bordes en las partes bajas del cauce principal.

Otro aspecto del manejo de aguas es el control de sedimentos. Además del cuidado en las aguas de escorrentía, deben localizarse los focos actuales y potenciales, tales como derrumbes, taludes de vías y cauces, y zonas desprovistas de vegetación, y entrar a aplicar las medidas descritas en el capítulo de Control de Erosión para estas áreas. No se puede olvidar en la calidad de las aguas, además, la contaminación de éstas por agroquímicos, residuos de fábricas, aguas de beneficios, aguas negras, entre otros.

4. LEGISLACION

El Gobierno Nacional ha emitido el Decreto 2811 de 1974, en el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales. A continuación transcribimos algunos artículos pertinentes al manejo de cuencas.

Artículo 1º El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.

DEL AMBIENTE

Artículo 7º Toda persona tiene derecho a disfrutar de ambiente sano.

Artículo 8º Se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros:

- a) La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.
- b) La degradación, la erosión y el revenimiento de suelos y tierras.
- c) Las alteraciones nocivas de la topografía.
- d) Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
- e) La sedimentación en los cursos y depósitos del agua.
- f) Los cambios nocivos del lecho de las aguas.
- l) La acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios.

DE LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 42^o Pertenecen a la Nación los recursos naturales renovables y demás elementos ambientales regulados por este Código que se encuentren dentro del territorio nacional, sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por particulares y de las normas especiales sobre baldíos.

Artículo 43^o El derecho de propiedad privada sobre recursos naturales renovables deberá ejercerse como función social, en los términos establecidos por la Constitución Nacional y sujeto a las limitaciones y demás disposiciones establecidas en este Código y otras leyes pertinentes.

DEL SUELO AGRICOLA

Artículo 179^o El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora.

En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

Artículo 180^o Es deber de todos los habitantes de la República, colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

Artículo 181^o Son facultades de la administración:

- a) Velar por la conservación de los suelos para prevenir y controlar, entre otros fenómenos, los de erosión, degradación, salinización o revenimiento.
- b) Promover la adopción de medidas preventivas sobre el uso de la tierra, concernientes a la conservación del suelo, de las aguas edáficas y de la humedad y a la regulación

de los métodos de cultivo, de manejo de la vegetación y de la fauna.

DEL USO Y CONSERVACION DE LOS SUELOS

Artículo 182^o Estarán sujetos a adecuación y restauración los suelos que se encuentren en alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Inexplotación si, en especiales condiciones de manejo, se pueden poner en utilización económica.
- b) Aplicación inadecuada que interfiera la estabilidad del ambiente.
- c) Sujeción a limitaciones físico-químicas o biológicas que afecten la productividad del suelo.
- d) Explotación inadecuada.

DE LOS BOSQUES

Artículo 204^o Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables.

Artículo 205^o Se entiende por área forestal protectora-productora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales para proteger los recursos naturales renovables y que, además, puede ser objeto de actividades de producción sujeta necesariamente al mantenimiento del efecto protector.

DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

Artículo 312^o Entiéndese por cuenca y hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográ-

fica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. La cuenca se delimita por la línea del divorcio de las aguas.

Artículo 314^o Corresponde a la Administración pública:

- a) Velar por la protección de las cuencas hidrográficas contra los elementos que las degraden o alteren y especialmente los que producen contaminación, sedimentación y salinización de los cursos de aguas o de los suelos.
- b) Reducir las pérdidas y derroche de aguas y asegurar su mejor aprovechamiento en el área.
- c) Prevenir la erosión y controlar y disminuir los daños causados por ella.
- d) Coordinar y promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables de la cuenca en ordenación para beneficio de la comunidad.
- e) Mantener o mejorar las condiciones ecológicas del agua, proteger los ecosistemas acuáticos y prevenir la eutroficación.
- f) Dar concepto previo para obras y operaciones de avenamiento, drenajes y riego y promoverlas o construirlas cuando falte la iniciativa privada.
- g) Autorizar modificaciones de cauces fluviales.
- h) Señalar prioridades para el establecimiento de proyectos, y para utilización de las aguas y realización de planes de ordena-

ción y manejo de las cuencas, de acuerdo con factores ambientales y socioeconómicos.

- i) Organizar el uso combinado de las aguas superficiales, subterráneas y meteóricas.
- j) Promover asociaciones que busquen la conservación de cuencas hidrográficas.

Artículo 316^o Se entiende por ordenación de una cuenca la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y por manejo de la cuenca, la ejecución de obras y tratamientos.

Artículo 318^o La administración declarará en ordenación una cuenca cuando existan condiciones ecológicas, económicas y sociales que así lo requieran.

Artículo 319^o El plan de ordenación y manejo de una cuenca en ordenación será de forzoso cumplimiento por las entidades públicas que realicen actividades en la zona.

Artículo 323^o Los organismos públicos y privados encargados de la administración de embalses, centrales hidroeléctricas, acueductos y distritos de riego y los usuarios, estarán obligados a dar la información, oral y escrita de que dispongan y en general, a facilitar la ejecución de los planes de ordenación y manejo.

DE LOS DISTRITOS DE CONSERVACION DE SUELOS

Artículo 324^o Entiéndese por distrito de conservación de suelos el área que se delimite para someterla a manejo especial orientado a la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que

causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.

Artículo 325^o La administración pública ejercerá las siguientes funciones:

- a) Crear, administrar y reglamentar los distritos de conservación de los suelos.
- b) Elaborar los planes de rehabilitación y manejo de esos distritos y velar por su correcta ejecución.
- c) Coordinar la ejecución de los planes de asistencia técnica y crédito en dichos distritos.

d) Intervenir en las actividades que se realicen dentro del distrito, especialmente las de aprovechamiento de recursos naturales y la construcción de obras para evitar que contraríen los fines para los cuales se creó el distrito.

e) Tomar las demás medidas que le asignen la ley o los reglamentos.

Artículo 326^o Los propietarios de terrenos ubicados en un distrito de conservación de suelos están obligados a aplicar las medidas y a ejecutar y mantener las obras previstas en los planes de rehabilitación y manejo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BOTERO, S. Relaciones entre el bosque, la reforestación y la erosión. Manizales, III Foro de Corporaciones Forestales, 1971. 14 p (mecanografiado).
- 2.- ——— Aspectos Institucionales de la ordenación de cuencas en Colombia. Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas, Cúcuta, Inderena, 1972. 11 p (mimeografiado).
- 3.- CURRIE, L. El manejo de Cuencas en Colombia. Bogotá, Ediciones Tercer Mundo, 1965. 86 p.
- 4.- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS. Agua, su aprovechamiento en la agricultura. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.), 1965. 513 p.
- 5.- GOMEZ A., A. Manejo de pastos y praderas. Chinchiná (Colombia), Sección de Conservación de Suelos, Cenicafe, 1972. 18 p (mecanografiado).
- 6.- KHOBZI, J. Consideraciones generales sobre erosión y conservación de suelos. III Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas, Cali, Inderena, 1973. 15 p (mimeografiado).
- 7.- LASSEN, L. LULL, H. y FRANK, B. Algunas relaciones entre planta, suelo y agua en el manejo de cuencas. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (A. I. D.), 1965. 68 p.
- 8.- LECARPENTIER, C. Influencia de la vegetación, especialmente boscosa, sobre el escurrimiento superficial. Primer curso internacional sobre Control de Inundaciones. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Ingeniería, 1973. 15 p (mimeografiado).
- 9.- ——— La cuenca hidrográfica como marco del desarrollo ordenado de los recursos naturales. III Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas, Cali, Inderena, 1973. 13 p (mimeografiado).

VIII USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA

*Alvaro Gómez Aristizábal
Alfonso Grisales García*

La zona cafetera presenta una gran variedad de suelos procedentes de diferentes materiales (ígneos, cenizas volcánicas, sedimentarios y metamórficos). De cada una de estas formaciones se describen las unidades más representativas en cuanto a perfil, grado de desarrollo del mismo y susceptibilidad a la erosión, que sirven a su vez de patrones para el manejo de unidades similares, o de otros suelos con el mismo material de origen, con un buen criterio técnico.

Por ejemplo, algunos grupos de unidades tienen características afines en cuanto a propiedades físicas, susceptibilidad a la erosión y manejo, los problemas de erosión son similares, lo mismo que las prácticas de conservación que deben aplicarse, pero las carac-

terísticas químicas, de fertilidad y uso son diferentes.

Según la mayor o menor resistencia de los suelos a la erosión, las prácticas de conservación serán variables. En un suelo muy inestable y susceptible, no se podrán aplicar prácticas mecánicas (canales de desviación, acequias de ladera, zanjas de desagüe), y la conservación se dirigirá a intensificar al máximo algunas prácticas culturales (coberturas, barreras vivas, sombrío, mulch); en un suelo medianamente resistente se podrán realizar prácticas culturales y algunas mecánicas (zanjillas, y acequias de ladera) y en un suelo resistente se pueden implantar tanto las prácticas culturales como las mecánicas, dependiendo de la topografía, el cultivo y su manejo.

1. UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES IGNEOS

1.1 UNIDAD COLON

Material de origen.- Granito moscovítico.

Localización.- Esta unidad se encuentra en el municipio de Santa Isabel, departamento del Tolima, entre 1.550 y 1.800 metros de altura sobre el nivel del mar.

Descripción.- Se presenta una fase con pendientes entre 10 y 30 o/o, caracterizada por longitudes cortas, con perfiles bien desarrollados. También se encuentra una fase con pendientes mayores del 30 o/o, de longitudes largas. A medida que aumenta la pendiente, se observa pérdida de algunas capas por erosión.

Este material parental desarrolla un suelo arenoso profundo, de buenas características físicas, de estructura débil, con muy baja estabilidad, y muy susceptible a la erosión. Cuando se ha perdido el horizonte orgánico aparece un sub-suelo cascajoso, con anclaje muy malo para las plantas (tabla 8.1).

Uso y manejo.- Estos suelos sirven para cultivos de café, caña de azúcar, frutales y plátano; también para yuca en pendientes suaves.

Debido a su baja estabilidad, y alta susceptibilidad a la erosión, se requieren prácticas culturales intensas de conservación. No se recomiendan prácticas mecánicas.

Por ser de textura gruesa y alta permeabilidad, estos suelos se lixivian fácilmente y pierden su fertilidad con el tiempo.

Otras unidades similares a ésta en cuanto a manejo son: Bodega (granito biotítico) en Antioquia; Violeta (granito moscovítico) en

Caldas; San Simón (granito hornbléndico biotítico) en el Tolima. También son similares los suelos originados de otros materiales granitoides tales como granodiorita, cuarzodiorita y sienita.

1.2 UNIDAD JUNIN

Material de origen.- Sienita hornbléndica.

Localización.- Esta unidad se encuentra en los municipios de Alvarado, Venadillo, Anzoátegui y Santa Isabel en el Tolima entre 500 y 1.500 metros de altitud.

Descripción.- Esta formación es bastante quebrada, con pendientes fuertes mayores de 40 o/o y longitudes variables. Predomina la fase de 40 a 60 o/o de pendiente. Se presentan derrumbes superficiales dispersos, en forma de medialuna (lupas), debidos al cambio de permeabilidad entre la capa orgánica y el subsuelo.

En pendientes mayores de 60 o/o no hay desarrollo del perfil, o se presenta una pequeña capa orgánica que cubre directamente el material parental. Cuando la roca ha alcanzado un alto grado de meteorización, desarrolla suelos franco arcillosos, de estructura débil a moderada, con baja estabilidad y baja a media susceptibilidad a la erosión (tabla 8.2).

Uso y manejo.- Suelos aptos para caña de azúcar, frutales (especialmente aguacate), pastos y café cuando las condiciones de clima y suelo son favorables.

Deben manejarse con prácticas culturales intensas de conservación, y algunas mecánicas tales como zanjillas y acequias de ladera. Son

similares a esta unidad, en cuanto a manejo, los suelos derivados de materiales granitoides, tales como granodiorita y cuarzdiorita.

1.3 UNIDAD MANILA

Materiales de origen.- Riodacita hornbléndica.

Localización.- Se encuentra principalmente en los municipios de Palestina, Riosucio (Bonafón) en Caldas y Pereira, entre 1.300 y 1.600 metros de altitud.

Descripción.- Esta unidad se caracteriza por estar en pendientes de 50 a 60 o/o y presentar una fase con piedras grandes, tanto superficialmente como a través del perfil.

Es frecuente la erosión laminar y el desprendimiento de rocas en los taludes.

El material de origen desarrolla suelos franco limosos con estructura débil, de mediana estabilidad. La riodacita, aún en estado avanzado de meteorización, muestra bien diferenciados sus fenocristales (tabla 8.3).

Uso y manejo.- Sirve para café con sombra, banano y pastos, con prácticas culturales de conservación. No se pueden realizar prácticas mecánicas por su pedregosidad, que además limita las labores de cultivo.

Los conglomerados en general, y la unidad 20 (cenizas volcánicas con piedras y tobas de tamaños variables), se asimilan en su manejo y conservación a la unidad Manila.

1.4 UNIDAD PARNASO o 200

Material de origen.- Basalto.

Localización.- Se encuentra ampliamente dis-

tribuída en los Departamentos del Valle del Cauca (Sevilla, Caicedonia, Bugalagrande, Restrepo, Tuluá, Ginebra, Guacarí, Roldanillo, Trujillo, Bolívar, La Cumbre, Vijes, Yotoco, Dagua, Darién); Caldas (Manizales, Palestina, Chinchiná, Belalcázar, Risaralda); y Risaralda (Pereira, La Virginia, Marsella, Santa Rosa de Cabal), entre los 1.000 y 1.600 metros de altitud.

Descripción.- Se presenta en relieve quebrado, con varias fases de pendiente. Entre 0 y 15 o/o, puede presentar graves problemas de drenaje, ya que su permeabilidad es muy lenta. Entre 15 y 35 o/o de pendiente tiene longitudes medias y generalmente se observa pérdida del primer horizonte por erosión laminar. Pendientes mayores de 35 o/o, con longitudes largas se caracterizan por erosión laminar fuerte, hasta la pérdida del horizonte orgánico. En algunas zonas estos suelos están sepultados por cenizas volcánicas, que debido a la diferencia de permeabilidad presentan derrumbes, deslizamientos y problemas de soliflucción.

Este material, al meteorizarse, origina suelos de color rojo, textura franco arcillosa, de baja permeabilidad y alta capacidad de retención de humedad. En épocas de lluvias se saturan y causan problemas de drenaje, que dificultan en muchas ocasiones el establecimiento de los cultivos. La estructura de la capa orgánica es fuerte y estable, pero generalmente se pierde debido a la erosión por la diferencia de permeabilidad con el subsuelo. En zonas con sobre pastoreo es común observar calvas o soliflucción en lupas.

Uso y manejo.- Los suelos de la unidad 200 son de buena fertilidad pero de baja productividad. Sirven para café, frutales, caña de azúcar, banano y pastos. Requieren prácticas culturales y mecánicas (acequias y canales de

TABLA 8.1.- UNIDAD COLON - Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 30	FA fino	Granular o Sin	Baja	Marrón muy oscuro	5,5	Reacción ligera con H_2O_2 (pre- sencia de Mn).
II	30 - 80	FA	Granular o Sin	Baja	Marrón grisáceo	5,3	Reacción ligera con H_2O_2 (pre- sencia de Mn).
III	80 - X	AF	Sin	Muy Baja	Marrón grisáceo	5,3	Reacción fuerte con H_2O_2 (Abun- dante Mn).

FERTILIDAD (0-30 cm): MO 4,0 % - N.Total 0,20 % - P 2,7 ppm - K O, 27
me/100g - Ca 4,4 me/100g - Mg 1,6 me/100g.

TABLA 8.2.- UNIDAD JUNIN . - Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 20	FL	Granular o sin	Media	Marron amari- lento oscuro	5,2	Reacción ligera con H_2O_2 (pre- sencia de Mn)
II	20 - 30	F Ar	Granular o sin	Baja	Amarillo rojizo	5,2	Reacción ligera con H_2O_2 (pre- sencia de Mn).
III	30 - X	F Ar	Granular o sin	Baja	Rojo a- marillen- to.	5,0	Reacción fuer- te con H_2O_2 (A- bundante Mn).

FERTILIDAD (0-30 cm): MO 5,7 % - N total 0,30 % - P 1,8 ppm - K O, 11
me /100 g. - Ca 2,6 me/100g. - Mg 1,3 me/100 g.

TABLA 8.3.- UNIDAD MANILA.- Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0-20	FL	Granular	Media	Pardo rojizo oscuro	5,8	
II	20-60	FL	Bloques	Media	Pardo oscuro	5,0	En todo el perfil se presentan piedras grandes
III	60-120	FL	Bloques	Media	Pardo amarillento	5,0	
IV	120-240	FL	Migajosa	Media	Gris oliva	5,2	

FERTILIDAD (0-30 cm): MO 12,0% - N total 0,61% - P 9,0 ppm - K 0,40 me/100g - Ca 14,2 me/100g - Mg 2,5 me/100g.

TABLA 8.4 UNIDAD 200 (Parnaso) - Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0-35	FARL	Granular	Media	Marrón oscuro	5,6	Cascajo en un 5%. Esta capa generalmente se ha erosionado
II	35-60	FAR	Prismática	Alta	Marrón claro	5,5	
III	60-X	FAR	Prismática	Baja	Rojo	5,7	

FERTILIDAD (0-30cm): MO 6,1% - N total 0,19% - P 6,0 ppm - K 0,54 me/100g - Ca 9,1 me/100g - Mg 9,3 me/100g.

drenaje). Se ha tenido éxito en el establecimiento de café, frutales y cacao, cuando se hacen hoyos de 50 cm y se llenan de pulpa o composte, o se pica bien el suelo, ya que se mejoran las condiciones físicas y la relación aire-agua, que favorecen el desarrollo y crecimiento radical.

En áreas con suelos originados de basalto, o materiales que desarrollan suelos similares (diabasas, andesitas feldespáticas, gneis, areniscas con intrusiones arcillosas, arcillolitas) y que estén sepultados por suelos de materiales más permeables, se debe evitar al máximo las infiltraciones, cortando las pendientes a intervalos cortos con zanjillas y acequias de

ladera, para prevenir los deslizamientos, los derrumbes y los problemas de soliflucción. También se deben realizar sangrías de aguas subterráneas (filtros horizontales), introduciendo tubos en diferentes puntos, hacer drenes superficiales para evacuar aguas meteóricas y canalizar, mediante tuberías, las aguas negras y de los techos de las casas hasta evacuarlas en lugares seguros.

No se deben hacer construcciones en zonas con problemas de soliflucción. Si no hay peligro inminente, las construcciones no deben ser muy pesadas y deben tener fundaciones o cimientos anchos y profundos.

2. UNIDADES DERIVADAS DE CENIZAS VOLCÁNICAS

Desde el punto de vista geológico, las cenizas volcánicas son formaciones recientes; de ahí que estén cubriendo rocas más antiguas (igneas, sedimentarias o metamórficas). El tamaño de grano de las cenizas influye decisivamente en el desarrollo de la estructura (grado), su estabilidad y susceptibilidad a la erosión.

Las principales formaciones de cenizas volcánicas estudiadas en la zona cafetera son:

- Unidad Fresno (Tolima). Cenizas de grano fino muy resistentes a la erosión (1.350 - 1.850 m.s.n.m.).
- Unidad 10 o Chinchiná. Ampliamente distribuida en Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Valle y Cundinamarca. Cenizas de grano fino resistentes a la erosión (1.000 - 2.000 m.s.n.m.).
- Unidad Anaime (Tolima). Toba volcánica que origina cenizas muy finas, pero muy susceptibles a la erosión por su estructura débil (1.700 - 2.600 m.s.n.m.).

- Unidad Montenegro (Quindío). Cenizas de grado medio, susceptibles a la erosión (1.200 - 1.500 m.s.n.m.).
- Unidad Quindío (Quindío). Cenizas de grano grueso, muy susceptibles a la erosión (1.000 - 1.500 m.s.n.m.).
- Unidad Fondesa (Valle). Cenizas de grano muy fino, susceptibles a la erosión (1.500 - 1.800 m.s.n.m.).
- Unidad Malabar (Caldas, Risaralda, Valle). Cenizas de grano fino, con presencia de concreciones de hierro, susceptibles a la erosión (900 - 1.300 m.s.n.m.).

De estas formaciones se describirán las Unidades Fresno, Chinchiná, Malabar y Montenegro.

2.1 UNIDAD FRESNO

Material de origen.- Cenizas volcánicas de grano fino, ricas en minerales con alta capacidad de absorción de agua.

Localización.- Municipios de Fresno, Mariquita y Falan en el Tolima, en altitudes de 1.350 a 1.850 metros.

Descripción.- Se presenta en una topografía ondulada, con pendientes cortas, y en algunas zonas con pendientes fuertes.

Es la unidad más resistente a la erosión registrada en la zona cafetera, debido al tipo de ceniza y a su alto contenido de materia orgánica (18 o/o). La capa orgánica presenta muy buenas condiciones físicas, estructura granular muy estable y alta capacidad de retención de humedad. En muchos sectores esta capa alcanza de 0,80 a 1 metro.

La segunda capa tiene estructura columnar y textura arcillo-limosa, presencia abundante de minerales de alta capacidad de absorción de agua, que en épocas de invierno saturan el suelo, y en épocas de verano se secan completamente limitando la profundidad efectiva y la relación aire-agua.

En consecuencia, la bondad de esta unidad depende de la profundidad del primer horizonte. (tabla 8.5).

Uso y manejo.- Suelos aptos para café, caña de azúcar y hortalizas. Cuando la capa orgánica es profunda, se pueden sembrar cítricos y cacao y en ocasiones plátano cuando la capa orgánica es muy profunda.

En esta unidad se pueden utilizar prácticas de conservación tanto culturales como mecánicas. En algunos casos se requiere la construcción de canales de drenaje en zonas planas o de poca pendiente.

2.2 UNIDAD 10 (Chinchiná)

Material de origen.- Cenizas volcánicas de

grano fino. Es la unidad que ocupa mayor extensión dentro de la zona cafetera.

Localización.- Se encuentra distribuida ampliamente en Caldas (Manizales, Chinchiná, Palestina, Belalcázar, Neira, Aranzazu, Anserma, Filadelfia, Salamina, Pácora, Aguadas, Risaralda, Supía, Riosucio); Quindío (Armenia, Montenegro, La Tebaida, Barcelona, Circacia, Calarcá, Quimbaya); Risaralda (Pereira, Marsella, Apía, Balboa, Belén de Umbría, Guática, La Celia, La Virginia, Mistrató, Quinchia, Santa Rosa de Cabal, Santuario) y el Valle (Alcalá, Ulloa, Caicedonia, Sevilla, Bugalagrande, Ginebra, Dagua, Darien, El Aguila, El Cairo, Anserma Nuevo, Argelia, Versailles, La Unión, Toro, Roldanillo, Trujillo, Bolívar, Restrepo, La Cumbre, Vijes, Yotoco, Tuluá). En menor proporción en Antioquia (Abejorral, Amagá, Tarso, Pueblorico, Jericó, Valparaiso, Támesis, Andes, Betania, Fredonia, Betulia, Concordia, San Antonio de Prado, Caramanta) y Cundinamarca (Arbelaez, Anapoima, Bituima, La Palma, La Vega, Ospina Pérez, San Bernardo, Sasaima, Supatá, Vianí, Yacopí), entre 1.000 y 2.000 metros de altitud.

Descripción.- Se caracteriza por una topografía ondulada, con algunas fases de fuertes pendientes. Presenta variaciones en cuanto al espesor del primer horizonte debido a la acción de la erosión.

Los suelos son de características físicas excelentes y profundidad efectiva indefinida. Su drenaje interno es bueno, pero debido al alto contenido de materia orgánica de la primera capa, y a la alta capacidad de retención de humedad de las cenizas volcánicas, pueden presentarse problemas de drenaje en áreas de poca pendiente, en épocas lluviosas.

La estructura es de moderada a fuerte, pero

TABLA 8.5.- UNIDAD FRESNO - Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 50	FL	Granular	Muy alta	Negro	5,5	Muy rico en materia orgánica.
II	50 - X	ArL	Columnar	Muy alta	Pardo amari- lento.	6,0	Krotovinas de- formes y muy delgadas como consecuencia de las malas con- diciones físicas

FERTILIDAD (0 - 30 cm) : MO 18,2 % - N total 0,51 % P - 1,0 ppm - K 0,10 me/100g - Ca 2,5 me/100g - Mg 2,0 me/100g.

TABLA 8.6.- UNIDAD 10.- Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 40	FL	Granular	Muy alta	Negro	5,5	Alto contenido de materia orgánica
II	40 - 50	FL	Granular	Muy alta	Marrón	5,5	
III	50 - X	FA fino	Granular	Muy alta	Pardo amari- lento	5,2	Presencia de Kro- tovinas y moteq- mientos de hierro

FERTILIDAD (0 - 30 cm) : MO 8,3 % - N total 0,56 % - P 7,0 ppm - K 0,12 me/100g - Ca 1,5 me/100g - Mg 1,6 me/100g .

muy estable lo cual los hace resistentes a la erosión. La textura de la primera capa es moderadamente gruesa, sobre materiales volcánicos de texturas medias y colores variados, dominando especialmente el pardo amarillento oscuro.

Uso y manejo.- Suelos aptos para todos los cultivos del clima, exceptuando los cultivos limpios en las fases muy pendientes. Debido a su alta estabilidad estructural, se pueden hacer obras mecánicas de conservación, complementándolas con prácticas culturales.

2.3 UNIDAD MALABAR

Material de origen.- Cenizas volcánicas de grano fino con abundante presencia de concreciones de hierro.

Localización.- Se encuentra principalmente en Pereira (Risarcaldá) y en Arauca (Caldas), entre los 900 y 1.300 metros de altitud, siendo más definida en alturas menores de 1.100 metros.

Descripción.- Su topografía es ondulada. Es similar a la unidad Chinchiná, pero se diferencia de ésta en que su segunda capa es de mayor espesor y de textura fina lo cual limita la profundidad efectiva y el drenaje interno. También el pH es mayor que la unidad 10, lo cual ha permitido la precipitación del hierro, y de ahí la presencia de concreciones en el primer horizonte, que debilitan la agregación (grado de la estructura) (tabla 8.7).

Uso y manejo.- Prosperan bien las plantas cuyo sistema sea superficial o pivotante, que pueda penetrar la capa arcillosa sin sufrir deformaciones, tales como café, caña de azúcar, pastos, maíz, flores, piña, ramio, frutales, fique y bosques. Para que la capa arcillosa no

sea limitante, se necesita picarla o romperla, hacer hoyos de siembra grandes y profundos, y rellenarlos con pulpa descompuesta, gallinaza o composte, para mejorar la relación aire-agua. Se requieren prácticas culturales intensas, complementadas con prácticas mecánicas. En muchos casos se necesitan canales de drenaje.

2.4 UNIDAD MONTENEGRO

Material de origen.- Cenizas volcánicas de grano medio.

Localización.- Se ha encontrado hasta ahora en los departamentos del Quindío (Armenia, Calarcá, La Tebaida, Montenegro, Quimbaya) y Valle (Alcalá, Ulloa). En algunas partes se presentan áreas intercaladas con las unidades 10 y Quindío. Tanto la unidad Quindío como la Montenegro se encuentran entre 1.200 y 1.500 metros de altitud.

Descripción.- La topografía de esta unidad es ondulada con partes planas o ligeramente inclinadas. Las áreas pendientes son de corta longitud y en la mayoría de los casos presentan erosión severa. Cuando la capa orgánica es de poco espesor o se ha erosionado, las plantas no encuentran anclaje adecuado ni buenas condiciones de humedad, ya que la segunda y tercera capas son arenosas, sin estructura y muy permeables. Presenta una lixiviación considerable y alta susceptibilidad a la erosión, siendo mayor en la unidad Quindío, debido a que la segunda capa es de arena gruesa con algo de lapilli.

La cuarta capa de esta unidad tiene las mismas características de las cenizas que forman la unidad 10 (tabla 8.8).

Uso y manejo.- Hasta 5 o/o de pendiente

TABLA 8.7.- UNIDAD MALABAR.- Perfil típico

Capa	Espesor cm	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 30	FL	Granular	Baja	Negro	5,8	Concreciones abundantes de Fe
II	30 - 55	FA r o Ar	Prismática	Muy alta	Amari- llo moteado	6,3	Capa de arcilla en ocaciones endurecida
III	55 - X	FA fina	Granular	Muy alta	Pardo amarillento	6,6	Abundantes vetas de hierro

FERTILIDAD (0-30cm): MO 6,3% - N total 0,17% - P 3,0 ppm - K 0,48 me/100g - Mg 1,7 me/100g. - Ca 5,5 me/100g.

TABLA 8.8.- UNIDAD MONTENEGRO.- Perfil típico

Capa	Espesor cm	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0 - 30	FA	Sin	Sin	Negro	5,7	Erosión laminar severa
II	30 - 100	A	Sin	Sin	Amari- llo claro	6,0	Abundante presencia de Moscovita en las 3 primeras capas
III	100 - 120	Arena	Sin	Sin	Amarillo claro	5,9	
IV	120 - X	FA fina	Granular	Muy alta	Pardo amari- lento.	5,5	En la segunda y cuarta capa pueden encontrarse Krotovinas

FERTILIDAD (0-30 cm): MO 5,2% - N total 0,13% - P 1,7 ppm - K 1,22 me/100g - Mg 0,2 me/100g. - Ca 2,7 me/100g.

puede utilizarse en cultivos limpios, con prácticas culturales intensas de conservación. Sirve para café, plátano, yuca, ramio, hortalizas, flores, caña de azúcar y pastos, con prácticas culturales intensas. Debido a la falta de estructura y estabilidad, es peligroso remover y pulverizar demasiado estos suelos con las labores, cuando la pendiente es mayor del

5 o/o, ya que se pierde la cohesión entre las partículas, facilitando su erosión. En algunas zonas con poca lluvia, se presentan problemas de sequía debido al bajo almacenamiento de humedad, para lo cual se recomienda usar mulch, establecer sombrío y zanjillas de absorción.

3. UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES SEDIMENTARIOS

3.1 UNIDAD MENDARCO

Material de origen.- Arenas, arcillas y conglomerados. Por ser de origen sedimentario, se encuentran estos materiales alternados y aflorando uno de ellos indistintamente.

Localización.- Se encuentra ampliamente distribuida en el sur-este del Tolima. Comprende parte de los municipios de Meigar, Cunday, Carmen de Apicalá, Chaparral, San Antonio, Rovira, Rioblanco y Ortega. Es la formación que mayor extensión ocupa en este departamento. Aparece entre 800 y 1.200 metros de altitud.

Descripción.- Se presenta en pendientes suaves, de 5 a 15 o/o, sin perfiles homogéneos. Los suelos se identifican según la textura de

la capa superficial, siendo toda la zona un complejo de suelos. Hay sectores con presencia de cal en los cuales abundan las concreciones de hierro. Se encuentran áreas de vegetación escasa y en ocasiones se observan paisajes de tierras semidesérticas (badlands).

Uso y manejo.- Debido a las condiciones físicas de los suelos y a las escasas lluvias, caracterizadas por aguaceros muy intensos y poco frecuentes, su uso se limita a ganadería extensiva y vegetación natural.

Desde el punto de vista de su formación y limitaciones de uso, se puede asimilar a las unidades: Guaduas (areniscas y arcillas), Cáqueza y Sargento (areniscas, arcillas y conglomerados) en Cundinamarca.

4. UNIDADES DERIVADAS DE MATERIALES METAMORFICOS

4.1 UNIDAD VERACRUZ

Material de origen.- Gneis moscovítico.

Localización.- Municipios de Ibagué, Alvarado, Veracruz, Venadillo y Anzoátegui en el Tolima, entre 1.200 y 1.400 metros de altitud.

Descripción.- Se presenta una fase de relieve ondulado con pendientes menores del 30 o/o, y otra de relieve fuertemente quebrado con pendientes entre 30 y 60 o/o, y longitudes largas.

Cuando el gneis se meteoriza totalmente, for-

ma suelos de texturas finas, especialmente en las capas inferiores, de buena fertilidad y medianamente resistentes a la erosión. La capa orgánica generalmente es delgada, o se ha perdido por erosión laminar, debido a la diferencia de permeabilidad con el segundo horizonte (tabla 8.9).

Uso y manejo.- Su uso más racional sería para frutales (especialmente aguacate), caña de azúcar, bosques (nogales) y pastos. Se puede sembrar café con sombrero en las regiones altas de mayor precipitación.

Esta unidad presenta problemas de drenaje, por su baja permeabilidad y erosión semejante a las unidades 200 y Malabar y al Piso de Guadalupe cuando es arcilloso, y su manejo es similar a ellas en cuanto a prácticas de conservación.

4.2 UNIDAD COMBEIMA

Material de origen.- Filitas.

Localización.- Municipios de Ibagué y Cajamarca (hoya del río Combeima) en el Tolima, entre 1.300 y 1.700 metros de altitud.

También hay pequeñas áreas en el Líbano (Tolima).

Descripción.- Se presenta en topografía abrupta con pendientes mayores del 40 o/o y longitudes muy largas.

Cuando la roca se meteoriza en forma rápida e integral, origina suelos de textura mediana, con presencia de fragmentos del material parental muy meteorizado (tabla 8.10).

Las fuertes pendientes no permiten el desarrollo completo del perfil, aflorando en muchas áreas el material de origen.

Los suelos son sueltos, de drenaje rápido y muy susceptibles a la erosión, especialmente cárcavas, derrumbes, desplomes y solifluxiones.

Uso y manejo.- Por las condiciones de susceptibilidad y pendiente, estos suelos solo sirven para café con sombrero y con prácticas culturales intensas de conservación. En las pendientes más fuertes se debe establecer una vegetación nativa proteccionista, rastrera o de porte bajo a medio. No se deben realizar prácticas mecánicas, debido a la baja estabilidad y alta capacidad de infiltración. Desde el punto de vista de estabilidad, susceptibilidad a la erosión y manejo, pueden asimilarse a ésta, las siguientes unidades: Salgar (esquistos) y Pueblito (esquistos actinolíticos) en Antioquia; Posario y Trocaderos (esquistos arcillosos) en Caldas; Villeta (esquistos pizarrosos) en Cundinamarca, Tolima y Santandere; Gualí (esquistos moscovíticos) en Tolima; Catarina (esquistos pizarrosos) en el Valle.

En estas unidades esquistosas solo puede recomendarse el establecimiento de potreros en pendientes menores del 30 o/o, ya que en pendientes mayores el pastoreo puede acelerar los procesos erosivos.

4.3 UNIDAD VILLETA

Material de origen.- Esquistos pizarrosos de la formación "Piso de Villeta", caracterizados por el color negro debido a la piritita finamente diseminada en su masa, y no a sustancias carbonosas. Por ser del período cretáceo, su constitución mineralógica es muy heterogénea. Se presentan sectores con alto contenido de piritita, otras con piritita y yeso, sectores calcáreos y sectores seleníferos. Estos últimos son llamados por los agricultores como "sue-

TABLA 8.9 UNIDAD VERACRUZ. Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0-25	FL	Bloques	Media	Marrón	5,3	Se presentan concreciones de manganeso en todas las capas.
II	25-65	FAr	Columnar	Alta	Marrón	5,6 fuerte	
III	65-105	FAr	Columnar	Alta	Marrón	6,0 fuerte	
IV	105-X	FAr	Columnar	Baja	Rojo	6,0	

FERTILIDAD (0 - 30cm) : MO 4,5% - N total 0,20% - P 1,0 ppm - K 0,41 me/100g. - Mg 4,7 me/100g. - Ca 2,7 me/100g.

TABLA 8.10.- UNIDAD COMBEIMA - Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH	Observaciones
I	0-10	FL	Granular	Baja	Marrón muy oscuro	5,6	Abundante cascajo
II	10-40	FL	Laminar o Sin	Baja	Marrón gris muy oscuro	5,6	Concreciones de Mn. Abundante cascajo
III	40-85	FL	Laminar	Baja	Marrón oscuro	5,4	Concreciones de Mn. Abundante cascajo
IV	85-X	Material parental de fragmentos en estado avanzado de meteorización ricos en Mn.					

FERTILIDAD (0 - 30 cm) : MO 5,8% - N total 0,33% - P 4,2 ppm - K 0,29 me/100g. - Ca 7,9 me/100g - Mg 4,2 me/100g.

los de peladero", por los trastornos que ocasiona este elemento en la piel de los animales y seres humanos.

Localización.- Se encuentra ampliamente distribuida en Cundinamarca (Villeta, La Mesa, Albán, Anapoima, Bituima, Caparrapí, Guayabal de Síquima, La Palma, La Peña, La Vega, Mesitas, Pacho, Paime, Peñol, Quipile, San Francisco, Sasaima, Tena, Tibacuy, Topaipí, Utica, Villa Gómez, Yacopí), parte del Tolima (Melgar, Cunday, Villarica, Dolores, Alpujarra) y Santanderes (Arboleda, Durania, Gramalote, Rionegro), entre 1.000 y 1.700 metros de altitud. Se presentan también suelos coluviales y coluvio-aluviales en esta formación.

Descripción.- Predomina la fase de pendientes mayores del 40 o/o, con longitudes largas. Se encuentra abundante cascajo de tamaño variable en todas las capas (tabla 8.11).

Por el tipo de material parental, su heterogeneidad, presencia de diaclasas, grietas y cascajo, y por sus características topográficas, esta unidad es muy susceptible a la erosión, manifestada por grandes cárcavas, derrumbes, desplomes, deslizamientos, hundimientos y solifluxiones.

Los esquistos muy ácidos, con alto contenido de pirita, se meteorizan más rápidamente, originando suelos de pH bajo (menos de 5,0) de color negro con moteados rojizos que indican la presencia de hierro soluble.

Las formaciones ácidas presentan esquistos más delgados y suaves, con pirita visible o no.

Los estratos calcáreos se caracterizan por su gran espesor, color homogéneo (negro o claro), de meteorización más lenta; no se nota pirita y reaccionan fuertemente con el ácido

clorhídrico. Originan suelos básicos (pH mayor de 7,0), con cascajo grueso de color negro o grisáceo claro uniforme.

Los estratos que contienen pirita y yeso, forman suelos de condiciones físicas mejores, con cascajo muy fino, de color marrón uniforme, que no reaccionan con HCl (pH 5,2 - 5,5). Son muy susceptibles a la erosión.

Todos estos estratos presentan fósiles, lo cual indica que es una formación metamórfica de origen sedimentario.

En las laderas, la profundidad efectiva de los suelos es muy escasa debido a que la formación del perfil se ve limitada por la rápida erosión del material meteorizado.

En Cundinamarca, en altitudes mayores de 1.700 metros, esta formación se encuentra cubierta por cenizas volcánicas.

Uso y manejo.- Para el uso de estos suelos se debe tener muy en cuenta la acidez. En suelos ácidos, se recomienda caña de azúcar, café con sombrío, cítricos, guayabo, mango y banano. En las zonas con yeso: banano y pastos, en pendientes menores del 30 o/o. En los suelos calcáreos: banano, caña, cítricos, pastos, tomate, arveja, fríjol y habas, si el clima y la topografía lo permiten. No se recomienda café al sol debido a que el Manganeso se insolubiliza causando una deficiencia conocida como clorosis calcárea (debido a que ocurre en suelos calcáreos). El café puede establecerse con sombra muy densa, pero su producción es muy baja.

Se deben realizar prácticas culturales de conservación, en forma muy intensa. No se pueden establecer prácticas mecánicas debido a la baja estabilidad estructural del terreno.

TABLA 8.II.- UNIDAD VILLETA.- Perfil típico de suelo ácido

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH.	Observaciones
I	0 - 35	F Ar	Sin	Sin	Gris muy oscuro	5,0	Todas las capas presentan cascajo y moteamientos rojizos.
II	35 - 65	F Ar A	Sin	Sin	Negro	5,2	
III	65 - X	F Ar A	Laminar	Muy baja	Marrón grisáceo	4,9	

FERTILIDAD (0-30cm). MO 3,2% - N total 0,21% - P 4,8 ppm - K 0,49 me/100g
Mg 3,1 me/100g - Ca 3,1 me/100g.

TABLA 8.I2.- UNIDAD 60.- Perfil típico

Capa	Espesor cm.	Textura	Estructura	Estabilidad	Color	pH.	Observaciones	
I	0 - 35	FL	Granular	Baja	Marrón oscuro	5,3	Cascajo de tamaño pequeño rico en Mn.	
II	35 - 50	FL	Granular	Muy baja	Marrón oscuro	5,5	Cascajo de tamaño variable rico en Mn.	
III	50 - X	Material parental de fragmentos en estado avanzado de descomposición, de colores pardo amarillento y gris oscuro, ricos en Mn.						

FERTILIDAD (0 - 30 cm): MO 5,2% - N total 0,26% - P 3,0 ppm - K 0,55 me/100g - Mg 2,5 me/100g. - Ca 9,5 me/100g.

4.4 UNIDAD 60 (Chuscal)

Material de origen.- Anfibolitas.

Localización.- Se presenta principalmente en el Valle del Cauca (Caicedonia, Sevilla, Bugalagrande, Ginebra, Tuluá, Buga, Guacarí) y Caldas (Manizales, Chinchiná, Palestina, Neira, Aranzazu, Salamina), entre 1.300 y 1.600 metros de altitud.

Descripción.- Predominan las pendientes mayores del 50 o/o con longitudes largas, que presentan diferentes tipos de erosión, desde laminar hasta derrumbes.

También hay zonas con pendientes de 20-35 o/o, con longitudes largas y erosión moderada.

La anfibolita se transforma fácilmente originando suelos profundos y cascajosos, de muy

baja estabilidad, susceptibles a las remociones en masa.

Son suelos de buena fertilidad y condiciones físicas (tabla 8.12).

En las áreas con topografía más suave, esta formación se encuentra sepultada por cenizas volcánicas.

Uso y manejo.- El uso de esta unidad está limitado por su pendiente y susceptibilidad a la erosión. El cultivo más conveniente sería el café con sombrero. También sirve para caña de azúcar. En pendientes inferiores del 30 o/o pueden establecerse potreros.

En Antioquia, los suelos derivados de anfibolitas han sido descritos como unidad Amagá, en los municipios de Amagá, Titiribí, Angelópolis, Armenia y Heliconia.

5. RECONOCIMIENTOS PARA USO, MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

La caracterización de los suelos se basa en el conocimiento integrado de todas las propiedades de los mismos y tiene por objeto:

- La clasificación taxonómica, que es un lenguaje universal y define grupos de suelos de características comunes. Esto permite correlacionar los estudios que se realicen en todo el mundo. Se basa en el conocimiento del material de origen, a las propiedades que presenta y que trasmite a los suelos, al grado de desarrollo de los mismos y a las características morfológicas, físico-químicas y mineralógicas presentes por efecto del clima, vegetación, microorganismos, topografía y el tiempo, con el objeto de clasificarlos de acuerdo

con el sistema taxonómico elegido.

- La clasificación agrológica en base al conocimiento del mismo material parental y a la fertilidad y productividad de los suelos originados, para definir su vocación de uso y manejo mediante la determinación de unidades de capacidad o explotación.

Es conveniente unificar la descripción de las características de los suelos para estudios de reconocimiento, así como para diseñar programas de control o solicitar consultas y asistencia técnica en estos aspectos. Se recomienda utilizar la tabla 8.13, donde se describen las principales características de cada lote y de cada capa del perfil.

TABLA - 8.13. - FICHA PARA ESTUDIO AGROLOGICO DE SUELOS - USO Y MANEJO -

Institución _____

Reconocedor _____

Fecha: _____

FINCA _____ Vereda _____ Municipio: _____ Departamento: _____

Altura m.s.n.m. _____ Precipitación mm/año _____ Temperatura _____ Propietario _____

PREDIO _____ tamaño Has, _____ Relieve _____ Pendiente % _____ Longitud pendiente _____ (m)

Material de Origen _____ Unidad de Suelo _____ Susceptibilidad a Erosión: _____

Profundidad efectiva _____ cm. Drenaje Interno _____ Drenaje externo _____

CAPA Nº	Espesor cm.	Textura al tacto	Estructura	Color Nombre	Color Clave	Reacción			PH	Estabilidad Estructural	Materia Orgánica	Retención Humedad	Presencia de raíces.	Concreciones	
						HCl	H ₂ O ₂	NaF							

Observaciones : _____

Cultivos Actuales _____ Cultivos Potenciales _____

DESYERBOS:

- Azadón
- Calabazo
- Machete a ras
- Machete trillado
- Herbicida
- A mano
- No se hace

FERTILIZACION

- Correcta
- Regular
- Incorrecta
- No se hace
- Fertilizantes

Cultivo	Fórmula	Dosis	Frecuencia

ABONAMIENTO

- Uso pulpa
- Uso composte
- Uso residuos
- Usobasuras
- Uso gallinaza

COBERTURA

- Buena
- Regular
- Mala
- Ninguna
- Mulch

SOMBRIO

- Guano
- Plátano
- Carbonero

EROSION VISIBLE

- No
- Laminar
- Surcos
- Cárcavas
- Derrumbes
- Soliflucción
- Hundimientos
- Golpes de cuchara
- Desplomes
- Terracetas

CONSERVACION SUELOS

- Curvas a nivel
- Barreras vivas
- Rotaciones
- Fajas o bloques
- Zanjillas
- Acequias
- Canales
- Drenes
- Obras de ingeniería

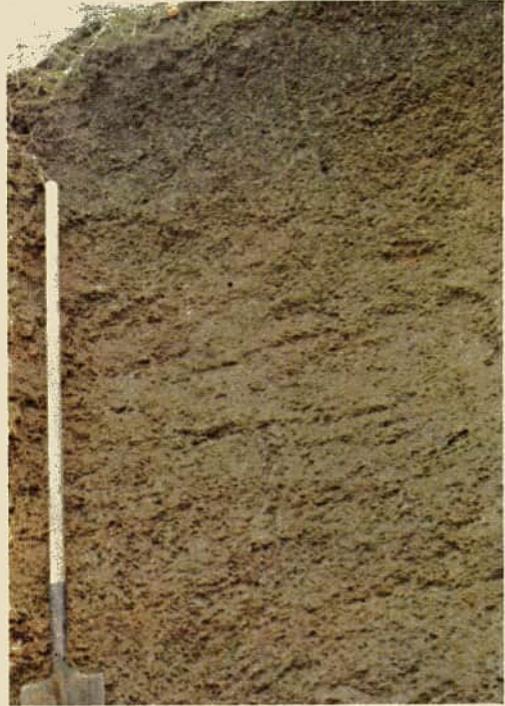
USO DEL SUELO

- Correcto
- Medianamente correcto
- Incorrecto
- Terrenos incultos
- Terrenos improductivos

UNIDADES DERIVADAS DE ROCAS IGNEAS



UNIDAD COLON
(Granito moscovítico)

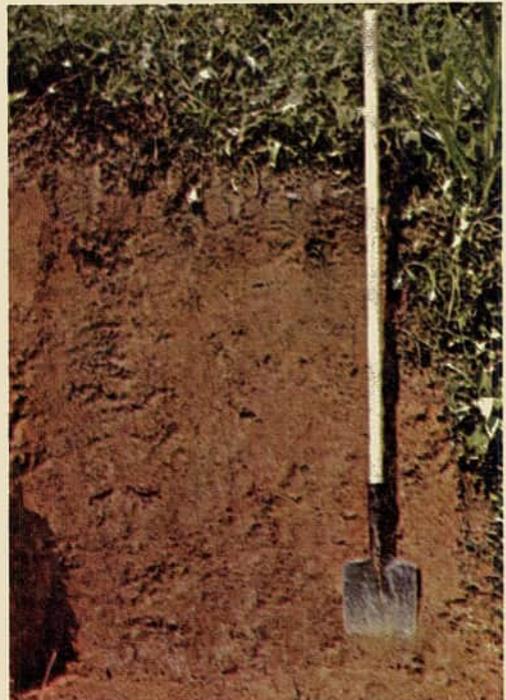


UNIDAD JUNIN
(Sienita hornbléndica)



230

UNIDAD MANILA
(Riodacita hornbléndica)



UNIDAD PARNASO 200
(Basalto)

UNIDADES DERIVADAS DE CENIZAS VOLCANICAS



UNIDAD FRESNO



UNIDAD 10: CHINCHINA

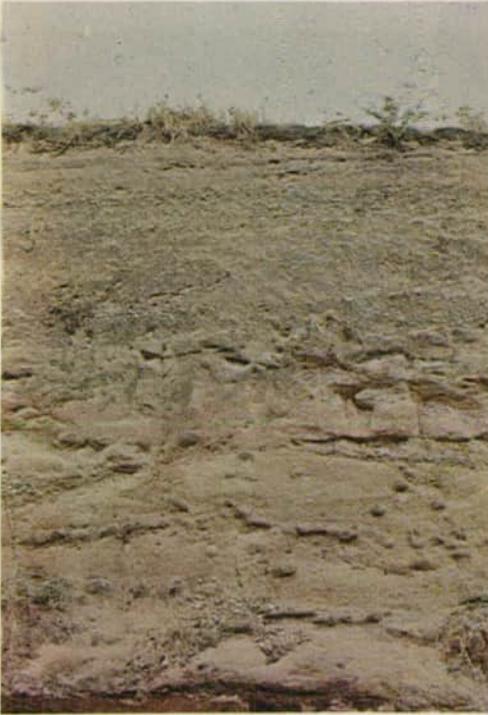


UNIDAD MALABAR

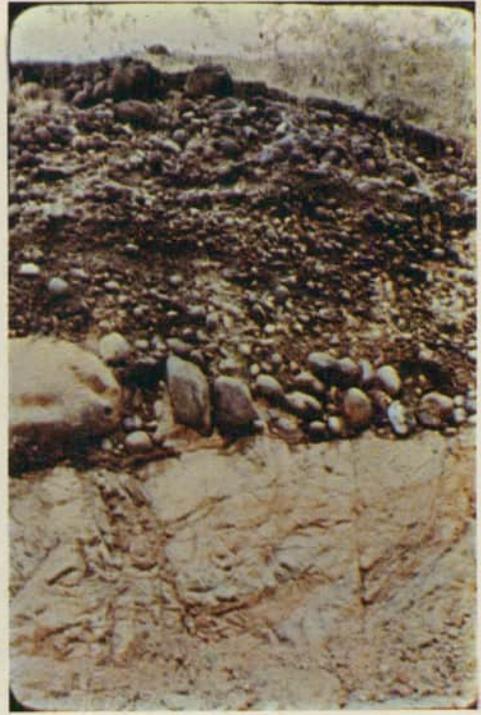


UNIDAD MONTENEGRO

UNIDADES DERIVADAS DE MATERIAL SEDIMENTARIO
(Arenas, arcillas, conglomerados)



FASE UNIDAD MENDARCO



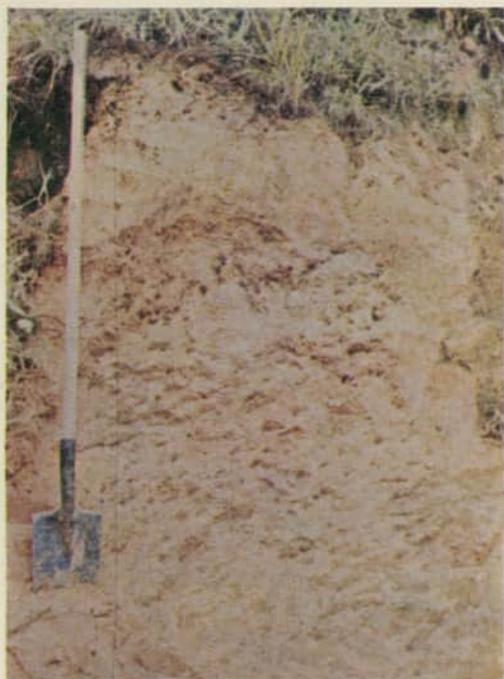
FASE UNIDAD MENDARCO



**PAISAJE ESTRATIFICADO DE
FORMACION SEDIMENTARIA**

FASE UNIDAD MENDARCO

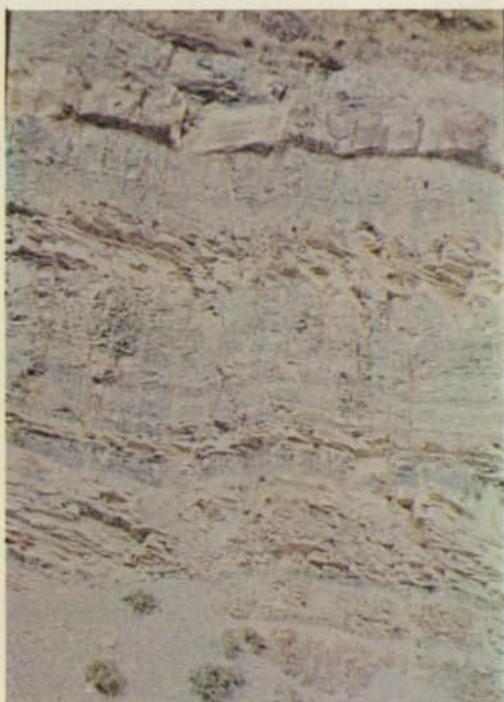
UNIDADES DERIVADAS DE ROCAS METAMORFICAS



UNIDAD VERACRUZ
(Gneis moscovítico)



UNIDAD COMBEIMA
(Filita)



UNIDAD VILLETA
(Esquisto pizarroso)



UNIDAD 60: C-HUSCAL
(Anfibolitas)

6. SISTEMA IUM PARA DETERMINACION DEL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DE LADERA

Alvaro Gómez Aristizábal

En las laderas, la conservación no es una actividad adicional sino inherente a la explotación, como factor básico de productividad y como infraestructura para recibir los insumos y técnicas mejoradas.

El éxito y la eficiencia de las prácticas de conservación dependen de la correcta selección, combinación y ubicación que se haga de ellas, para lo cual deben tenerse en cuenta las relaciones material de origen-suelo-clima-planta-hombre.

En las zonas de ladera el sistema agrológico americano (8 clases), presenta muchas limitaciones para su aplicación práctica a nivel de finca, por sus condiciones de pendiente, la gran cantidad de suelos de susceptibilidades diferenciales de erosión, las altas intensidades y frecuencias de las lluvias que favorecen las remociones masales, la densidad de población y el tipo de agricultura y de agricultor que explota estos suelos.

El autor propone un sistema que se apoya en la ecuación universal de erosión e integra los factores activos, pasivos y temperantes que

influyen en la erosión y productividad de los suelos, facilitándole al técnico la determinación del uso y manejo de los suelos de ladera, a nivel regional o de finca a través de tablas explicativas; así se busca evitar al máximo la relatividad y variación de conceptos. Es un sistema cualitativo de orientación, no cuantitativo.

Se tiene en cuenta la clasificación de los suelos en unidades de capacidad y sus fases de pendiente, para programas de usos, conservación y control de erosión, que resultan así más amplios y acordes con los planes de desarrollo y diversificación de la Entidad.

El sistema se basa en: 1) la determinación de la agresividad de la lluvia (factor activo) determinada por el índice anual de Fournier, calculado a partir de valores anuales o decadales de lluvia, 2) la susceptibilidad del suelo a la erosión (factor pasivo) teniendo en cuenta el desarrollo, grado y estabilidad de la estructura, uniformidad, profundidad y permeabilidad del suelo los cuales a su vez dependen de la pedogénesis del material de origen, 3) la desprotección que ofrecen al suelo los diferentes grupos de cultivos, en fun-

ción de la cobertura vegetal que forman y el tipo de labores que requieren. 4) La determinación de un índice de uso y manejo (IUM) de grupos de cultivos que se constituyen en factores temperantes y la determinación de los cultivos potenciales en función de los requerimientos ecológicos de los mismos.

6.1 INDICE DE EROSION PLUVIAL

La erosión hídrica (pluvial y por escurrimiento) es la forma de erosión más significativa de la zona cafetera.

La intensidad del aguacero es el factor pluviométrico más importante y junto con la frecuencia de los aguaceros, la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo y la velocidad de infiltración, afectan la escorrentía y la erosión.

Para determinar la influencia de los aguaceros en el proceso erosivo se emplean los índices de Wischmeier y Fournier, conocidos como índices de agresividad de la lluvia o de erosión pluvial.

El índice de Wischmeier determinado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, ha sido hasta la fecha el mejor para determinar la agresividad de la lluvia, que se supone ha de caer en una localidad, para erosionar el suelo de un terreno sin proteger. Este índice surgió después de un análisis de gran número de datos pluviográficos y de pérdida de suelo, en donde todos los factores menos la lluvia permanecían constantes. Se encontró que las pérdidas de suelo ocasionadas por los aguaceros en los terrenos cultivados son directamente proporcionales al valor del producto de dos características del aguacero:

- Su energía cinética.
- Su intensidad máxima en 30 minutos, expresada en mm por hora.

El índice de Wischmeier requiere de registros diarios de lluvia (pluviogramas), pero desafortunadamente se tienen pocas estaciones meteorológicas en el país.

El índice de Fournier sirve para caracterizar zonas más o menos grandes, en donde es difícil evaluar los registros pluviográficos o no se tienen; ha sido ampliamente utilizado por los franceses en sus colonias africanas tropicales con correlaciones altas al compararlo con el índice Wischmeier. Este índice se define como la relación entre el cuadrado de la precipitación máxima (diaria, mensual, anual), expresada en mm, ocurrida en la unidad de un período dado de tiempo y la precipitación total en este mismo período. Los franceses calculan un índice anual a partir de 10 años continuos de registro, tomando el año más lluvioso y el total de precipitación de los 10 años considerados. Este índice sirve para caracterizar la agresividad de la lluvia en una zona.

Cuando se cuenta con registros de más de 10 años, y los datos permiten un análisis de probabilidad de agresividad para períodos cortos, el índice anual de erosión pluvial de Fournier puede calcularse con base en los índices de estos períodos, y servirán para establecer las épocas de menor peligro de erosión para realizar labores culturales. Pruebas preliminares realizadas en Cenicafé por las Secciones de Conservación de Suelos y Agroclimatología, indicaron que el período de tiempo más apropiado para calcular la agresividad de la lluvia con este objetivo era de 10 días. Los valores anuales se obtienen sumando los índices decadales de cada año.

La relación encontrada entre los índices calculados con base en precipitaciones anuales y valores decadales es de 0,7:1.

6.2 APLICACION DEL SISTEMA

6.2.1 *Agresividad de la lluvia (A)*.- Se determina la agresividad de la lluvia de la región donde está la unidad de capacidad en estudio, en función del índice anual de Fournier, dividiéndolo por 70 cuando se calcula con datos anuales y por 100 cuando se calcula con base en valores decadales. El grado de la agresividad de la lluvia (A) se obtiene a partir de la tabla 8.14.

6.2.2 *Susceptibilidad del suelo a la erosión (S)*.- Se basa en las condiciones físicas heredadas del suelo a partir del respectivo material de origen de la unidad de capacidad (grado de la estructura, estabilidad, contenido de materia orgánica y agentes cementantes, profundidad y uniformidad del suelo y régimen de permeabilidad). El grado de susceptibilidad del suelo a la erosión (S) se obtiene en la tabla 8.15.

6.2.3 *Índice potencial de erosión (IPE)*.- Este se calcula con base en la agresividad de la lluvia y la susceptibilidad del suelo a la erosión (tablas 8.14 y 8.15), multiplicando el primero por el segundo y calificándolo de acuerdo a los grados consignados en la tabla 8.16

6.2.4 *Grado de desprotección de los grupos de cultivo (GC)*.- Cada grupo de cultivos, debido a la exigencia de labores culturales, a la cobertura vegetal que forma, tiene un determinado grado de desprotección (tabla 8.17). Para saber el grado de desprotección del cultivo a establecer se analiza en qué grupo podría clasificarse.

6.2.5 *Índice potencial de uso y manejo del suelo (IUM)*.- El índice de uso y manejo orien-

tará, en principio, sobre la vocación del suelo en función del índice potencial de erosión y la desprotección del grupo de cultivo. Basta multiplicar estos dos factores y compararlos con los grados consignados en la tabla 8.18. Se puede recomendar cultivos de estos grupos siempre y cuando las condiciones ecológicas y de vías de la región estén de acuerdo con las condiciones exigidas por el cultivo (tabla 8.24). La tabla 8.18 indica además, los límites de pendiente de cada grupo de cultivos y su manejo técnico.

6.3 EPOCAS APROPIADAS PARA REALIZAR LABORES CULTURALES

El autor propone definir estas épocas con base en los índices decadales de Fournier menores de 10, con 60 o/o o más de probabilidad, los cuales corresponden a una agresividad de lluvia de leve a media, que permite realizar prácticas culturales con menor riesgo de erosión. Con el fin de que la ocurrencia de períodos benéficos sea la más probable, se deben determinar en un período largo de tiempo (10 ó 20 años). Las frecuencias de 60-70, 71-80, 81-90 y 91-100 recibirán respectivamente valores de 1, 2, 3 y 4, lo cual significa que a mayor valor habrá mayor probabilidad de ocurrencia con menor peligro de erosión.

Para mayor seguridad, se sugiere ponderar estos valores con la frecuencia de la década siguiente, aumentándolos en 1, 2, 3, etc. si ésta es de 60-70, 71-80, etc. ó disminuyéndolos en 1, 2, 3, 4, 5 ó 6 si es de 59-50, 49-40, etc., respectivamente. Con esto se busca que las labores realizadas en una década estén protegidas durante la década siguiente.

Las épocas apropiadas para las labores tendrán valores positivos de 2 a 8. En caso de valores menores a 2 o negativos se considera época crítica para las labores.

TABLA 8.14.- CALIFICACION DEL INDICE DE EROSION PLUVIAL DE FOURNIER AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA A.

INDICE DE FOURNIER ¹⁾					
F ₁	DECADAL	F ₂	A ²⁾	Grado	Característica de la precipitación
Menor de 140	Menor de 5,0	Menor de 200	Menor de 2,00	LEVE	Lluvias leves, frecuentes, bien distribuidas.
140 a 210	5,0 a 8,0	200 a 300	2,00 a 3,00	BAJA	Lluvias de baja intensidad, frecuentes, bien distribuidas.
210 a 280	8,0 a 10,0	300 a 400	3,00 a 4,00	MEDIA	Lluvias de mediana intensidad, frecuentes, de buena o regular distribución.
280 a 350	10,0 a 14,0	400 a 500	4,00 a 5,00	ALTA	Lluvias fuertes, frecuentes o no, de buena o mala distribución.
Mayor de 350	Mayor de 14,0	Mayor de 500	Mayor de 5,00	MUY ALTA	Lluvias fuertes a muy fuertes, frecuentes o no de buena a mala distribución.

1) F₁ Calculado en base a la precipitación anual máxima en 10 años o más. F₂ Calculado en base a valores decadales en un período mínimo de 10 años. 2) A = F₁/70 o A = F₂/100.

TABLA 8.15.- GRADO DE CALIFICACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSION (S).

1,0	MUY RESISTENTE Estructura fuerte, muy estable, abundante contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes y profundos con permeabilidad moderada.
2,0	RESISTENTE Estructura moderada, estable, alto contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes y profundos con permeabilidad moderada.
3,0	MEDIANAMENTE RESISTENTE Estructura moderada, medianamente estable, de mediano contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos uniformes o medianamente uniformes, profundos o medios, con permeabilidad moderadamente rápida.
4,0	SUSCEPTIBLE Estructura débil o sin estructura, de baja estabilidad, contenido medio de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos de mediana a baja uniformidad, mediana profundidad a baja, con permeabilidad muy rápida, o muy lenta.
5,0	MUY SUSCEPTIBLE Estructura débil o sin estructura, muy bajo contenido de materia orgánica y agentes cementantes. Suelos de baja uniformidad, mediana a baja profundidad, con permeabilidad muy rápida o muy lenta.

1) Para calificar la estabilidad debe observarse también el comportamiento del suelo al laboreo, la acción de las aguas de escorrentía por los efectos erosivos, la presencia de surquillos, cárcavas y derrumbes, y la estabilidad de los taludes en caminos, carreteras, canales y cauces naturales al igual que el fondo de cunetas, canales y drenes naturales.

TABLA 8.16.- CALIFICACION DEL INDICE POTENCIAL DE EROSION.

Indice potencial de erosión (IPE = A x S).	
Grado	Descripción
Menor de 5,00	MUY BAJO En suelos expuestos se presentan ligeras salpicaduras y chapoteos del suelo.
5,00 a 10,00	BAJO En suelos expuestos se notan las salpicaduras y chapoteos del suelo, erosión laminar.
10,00 a 15,00	MEDIO En suelos expuestos hay disgregación de las partículas de suelo, fuerte chapoteo y formación de surquillos.
15,00 a 20,00	ALTO En suelos expuestos se presenta abundante dispersión de los agregados del suelo y gran cantidad de surquillos, surcos y cárcavas. Se presentan remociones de suelo.
Mayor de 20,00	MUY ALTO En suelos expuestos se presentan desprendimientos y remociones abundantes de suelo, surcos y cárcavas medias a profundas.

TABLA 8.17.- CALIFICACION DEL GRADO DE DESPROTECCION DE LOS GRUPOS DE CULTIVOS (GC) DEFINIDA POR EL GRADO DE COBERTURA VEGETAL QUE FORMA Y LA EXIGENCIA DE LABORES CULTURALES QUE REQUIEREN.

Grado	Descripción
1,0	BOSQUES COMERCIALES Y PROTECCIONISTAS.
1,0 a 1,5	PASTOS
1,0 a 2,0	CULTIVOS DENSOS (Caña, pastos de corte, citronela, ramio, fique, etc.)
2,0 a 3,0	CULTIVOS DE SEMIBOSQUE (Café y cacao con sombrío, etc.). CULTIVOS PERENNES Y SEMILIMPIOS AL SOL YA ESTABLECIDOS Y CON COBERTURA.
3,0 a 4,0	CULTIVOS SEMILIMPIOS (Plátano, frutales, etc., con desyerbas drásticas). CULTIVOS PERENNES AL SOL EN ESTABLECIMIENTO.
4,0 a 5,0	CULTIVOS LIMPIOS (Hortalizas, maíz, piña, frijol, yuca, etc.).

TABLA 8.18.- DETERMINACION Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE LOS GRUPOS DE CULTIVOS SEGUN EL INDICE DE USO Y MANEJO (IUM = IPE x GC). MAXIMA PENDIENTE.

I.U.M.	LIMPIOS 20 ^o /o	SEMILIMPIOS 40 ^o /o	SEMIBOSQUE 40 ^o /o	DENSOS 50 ^o /o	PASTOS 60 ^o /o	BOSQUES cualquier pend.
0-20	Localización y contorno		Contorno, cobertura, machete	Contorno	Rotación de potreros	SOTOBOSQUE
20-40	+ Barreras vivas		+ Sombrio	+ Mulch	Rotación de potreros	MULCH
40-50	+ Acequias de ladera		+ Desvío de aguas	+ Mulch	Rotación de potreros	CANALIZACION DE AGUAS
50-70	EN ESTA AREA LOS INDICES SON LIMITANTES PARA LOS GRUPOS DE CULTIVOS CORRESPONDIENTES		+ Barreras vivas	+ Cobertura	+ Pastos de corte	VEGETACION NATIVA EN ZONAS DE SOLIFLUXION Y ORILLAS DE CAUCES.
70-90			+ Canalización de aguas	+ Desvío de aguas	+ Desvío de aguas	
> 90						

En zonas planas o con pendiente hasta 5^o/o el I.U.M. debe ponderarse, debido a la condición favorable de pendiente, multiplicándolo por un valor entre 0,20 - 0,50.

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación del sistema IUM con los resultados parciales de un estudio hecho por Nestor Fidel Fajardo Puertas y Alvaro Gómez Aristizábal en la zona cafetera del Departamento del Tolima.

TABLA 8.19.- UNIDADES DE SUELO ESTUDIADAS Y SU SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION EN EL TOLIMA.

MATERIAL DE ORIGEN	UNIDAD	S	SUSCEPTIBILIDAD
IGNEAS	Granito	SAN SIMON	5 MUY SUSCEPTIBLE
	Cuarzodiorita	LA CABAÑA	4 SUSCEPTIBLE
	Ceniza volcánica	FRESNO	1 MUY RESISTENTE
		LIBANO	1 MUY RESISTENTE
SEDIMENTARIAS	Arena, arcilla, Conglomerado	MENDARCO	3 MEDIANAMENTE RESISTENTE
	Arenisca	GUADALUPE	4 SUSCEPTIBLE
METAMORFICAS	Filitas	COMBEIMA	4 SUSCEPTIBLE
	Esquisto pizarroso	VILLETA	5 MUY SUSCEPTIBLE
	Esquisto Moscovítico	GUALI	4 SUSCEPTIBLE
	Gneis	VERACRUZ	3 MEDIANAMENTE RESISTENTE

TABLA 8.20.- AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA DE 7 LOCALIDADES Y SU IPE EN EL TOLIMA.

U.DE SUELO MUNICIPIO	A S	S.SIMON	CABAÑA	LIBANO	FRESNO	MENDAR- CO	COMBEI- MA
		5	4	1	1	3	4
FALAN	6,60	26,40 Muy alto			6,60 Bajo		
CHAPARRAL	5,62	28,10 Muy alto				16,86 Alto	
LIBANO	5,16			5,16 Bajo			26,64 Muy alto
VILLAHERMOSA	4,88			4,88 Muy bajo			
IBAGUE	4,77	23,85 Muy alto					19,08 Alto
FRESNO	4,18		16,72 Alto		4,18 Muy bajo		
S. ANTONIO	4,03					12,09 Medio	

TABLA 8.21.- INDICE DE USO Y MANEJO (IUM) PARA 3 GRUPOS DE CULTIVOS EN EL TOLIMA

GRUPO CULTIVO GC	IPE	U. SAN SIMON			U. CABAÑA		U. LIBANO		U. FRESNO	
		Chaparr. 28,1	Ibagué 23,9	Planad. 20,7	Falan 26,4	Fresno 16,7	Libano 5,2	V/her. 4,9	Falan 6,6	Fresno 4,2
LIMPIO	5,0	140	119	103	132	83	26	24	33	21
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	4,0	112	95	82	105	66	20	19	26	16
SEMILIMPIO	4,0	112	95	82	105	66	20	19	26	16
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	3,0	84	71	62	79	50	15	14	19	12
SEMIBOSQUE	3,0	84	71	62	79	50	15	14	19	12
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	2,0	56	47	41	52	33	10	9	13	8

TABLA 8.22.- CULTIVOS POTENCIALES EN EL TOLIMA SEGUN EL IUM Y LOS REQUE-
RIMIENTOS ECOLOGICOS

CULTIVOS POTENCIALES	U. SAN SIMON			U. CABAÑA		U. LIBANO		U. FRESNO	
	Chaparral	Ibagué	Planadas	Falan	Fresno	Líbano	V/her- mosa	Falan	Fresno
CACAO	X	X	X						
CAFE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CAÑA	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FRUTALES				X	X	X	X	X	X
HORTALIZAS						X	X	X	X
MAIZ						X	X	X	X
PLATANO				X	X	X	X		
RAMIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X
YUCA						X	X	X	X

TABLA 8.23.- EPOCAS APROPIADAS PARA LABORES CULTURALES EN EL TOLIMA CON
BASE EN INDICES DECADEALES DE FOURNIER MENORES DE 10. A MAYOR
VALOR MENOR RIESGO DE EROSION.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
FALAN	1 2		2			
CHAPARRAL						2 3
LIBANO	1					
V/HERMOSA	3 3 1		4			
IBAGUE	4 4 3	2 3 3	3	2		
FRESNO	3 2 3	4 3 3	3 3 3	2 2 3	4 3	
S.ANTONIO	5 5 3	3 4 1				
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
FALAN	3 1					
CHAPARRAL	1 4	3				2 2 2
LIBANO	3 4 3	2			1	
V/HERMOSA	2	2 3 5	1			3
IBAGUE						2 3 4
FRESNO				4	2 3 1	
S.ANTONIO	3 3	3 3 3	3 2 2	4	5 1	4 4 4

TABLA 8.24.- REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS PARA ALGUNOS CULTIVOS DE LA ZONA CAFETERA. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA.

CULTIVO	Altura m.s.n.m.	Temperatura °C	Precipitación mm/año	Textura	Profundidad efectiva m	pH	Pendiente máxima %/o
LIMPIOS							
Piña	800 - 1.200	22 - 25	1.500 - 2.000	FL a FArL	0,60	5,2 - 5,8	5
Hortalizas	1.700 - 2.500	17 - 20	1.200 - 1.500	F	0,50	5,0 - 6,0	5
Yuca	0 - 1.500	20 - 28	1.200 - 1.500	FA a FL	0,50	5,0 - 7,0	5
Tomate	0 - 1.400	20 - 25	1.000 - 1.500	FA a FL	0,50	6,0 - 7,0	5
SEMILIMPIOS							
Aguacate	0 - 1.500	19 - 30	1.200 - 2.000	FA a FL	0,80	5,5 - 6,5	40
Cítricos	0 - 1.500	18 - 25	1.500 - 2.500	FA a FL	0,80	5,0 - 6,0	40
Plátano Hartón	0 - 1.000	24 - 28	1.500 - 2.500	FA a FL	1,00	5,5 - 6,5	40
Plátano Dominicó-							
Hartón	0 - 1.400	20 - 24	1.500 - 2.500	FA a FL	1,00	5,5 - 6,5	40
Plátano Dominicó	0 - 1.800	18 - 20	1.500 - 2.500	FA a FL	1,00	5,5 - 6,5	40
Banano	0 - 1.800	17 - 28	1.500 - 2.800	FL a FAr	0,70	5,5 - 6,5	40
SEMIBOSQUES							
Café	1.300 - 1.800	18 - 22	1.500 - 2.800	FA a FAr	0,70	5,2 - 5,8	40
Cacao	0 - 1.250	24 - 28	1.800 - 2.800	FA a FAr	0,90	5,5 - 6,0	40
DENSOS							
Caña	800 - 1.200	20 - 26	1.200 - 1.500	FA a FAr	0,80	6,0 - 7,5	50
Fique	1.500 - 2.300	16 - 19	1.800 - 2.500	FA a FAr	0,60	5,5 - 6,5	50

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BOUCHARD, L. et DAMOUR, M. Contribution a l'etude des facteurs physiques des sols en vue de la culture du palmier a huile sur la cote-est malgache. *L'Agr. Trop.* 26(2): 256 - 164. 1971.
- 2.- CHARREAU, C., SEGUY, L. et DRAME, K. Mesure de l'erosion et du ruissellement a séfa en 1968. *L'Agr. Trop.* 24(11): 1056-1097. 1969.
- 3.- ——— et NICOU, R. L'Amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-Argileux de la zona tropical Secheouest-Africaine et ses incidences agromomiques. *L'Agr. Trop.* 26(2): 209-255. 1971.
- 4.- FAJARDO, N. y A. GOMEZ. Aplicación del índice de erosión pluvial de Fournier a la zona cafetera del Departamento del Tolima. Sección de Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1975. (mecanografiado).
- 5.- FAO. La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario No. 81. Roma, 1967. 207 p.
- 6.- GOMEZ, A., A. Experimentaciones sobre erosión y conservación de los suelos en cafetales bajo diferentes sistemas de manejo. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 9 p (mecanografiado).
- 7.- ———. Cálculo del índice de erosión pluvial de Fournier de las diferentes zonas cafeteras y su distribución a través del año. Informe Anual Sección Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 46 p.
- 8.- ———. Informe-Resumen, sobre los trabajos de suelos de la zona cafetera del país. Sección de Conservación de Suelos, Cenicafé, Chinchiná, (Colombia), 1972. 11 p (mecanografiado).
- 9.- ———. Uso y manejo de suelos cafeteros. Curso para ingenieros agrónomos. Federación Nacional de Cafeteros, Chinchiná (Colombia), 1974. 37 p.
- 10.- ———. Sistema para determinar el uso y manejo de los suelos de la zona cafetera colombiana. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1974. 10 p (mimeografiado).
- 11.- GRISALES, A. Zonificación y determinación de la capacidad potencial de uso de los suelos cafeteros colombianos. III Reunión Nacional de Suelos. Universidad del Tolima, Ibagué, 1972. 13 p.
- 12.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del suroeste de Antioquia. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1972. 71 p.
- 13.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento del Valle del Cauca. Programa de Desarrollo de zonas Cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1972. 44 p.
- 14.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento del Tolima. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1973. 93 p.

- 15.- ——— et al. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento de Cundinamarca. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogotá, 1974. 74 p.
- 16.- HERNANDEZ, P. Levantamiento agrológico de la región cafetera central de Antioquia. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1959. 116 p.
- 17.- INDERENA. Conclusiones Segundo Seminario de Cuencas Hidrográficas. División de Cuencas Hidrográficas, Bogotá, 1972. 211 p.
- 18.- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos, para fines agrícolas de los municipios de Filadelfia, Riosucio, Supía, Marmato, Pácora, Pensilvania, Marquetalia y Marulanda (Departamento de Caldas). Dirección Agrológica, Bogotá, 1969. 280 p.
- 19.- ———. Estudio general de suelos de los municipios de Fusagasugá, Pasca, Tibacuy, Arbeláez, San Bernardo, Pandí, Ospina Pérez, Cabrera y Sur del Distrito de Bogotá, para fines agrícolas (Departamento de Cundinamarca). Dirección Agrológica, Bogotá, 1969. 309 p.
- 20.- ———. Monografía del Departamento de Risaralda. Dirección de estudios geográficos, Bogotá, 1972. 102 p.
- 21.- ———. Estudio general de suelos, para fines agrícolas, de los municipios de Cunday e Icononzo (Departamento del Tolima) Dirección Agrológica, Bogotá, 1973. 110 p.
- 22.- ———. Estudios generales y semidetallados de suelos de los municipios de Lourdes, Santiago, San Cayetano, Gramalote y Arboledas (Departamento de Norte de Santander). Dirección Agrológica, Bogotá, 1973. 219 p.
- 23.- ———. Estudio general de suelos del municipio de Rionegro (Departamento de Santander). Dirección Agrológica, Bogotá, 1973. 219 p.
- 24.- ———. Programa Nacional de Inventario y Clasificación de Tierras. Memoria Explicativa, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bogotá, 1973. 42 p.
- 25.- LOPEZ, A. R. Aspectos socio-económicos que influyen sobre la erosión de los suelos. III Reunión Nacional de Suelos, Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), 1972. 7 p (mimeografiado).
- 26.- MADERO, A. et al. Levantamiento agrológico de la zona cafetera central de Caldas. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1962. 49 p.
- 27.- SUAREZ, S., J. El clima de la zona cafetera. Avances Técnicos No. 15 Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1972. 4 p.
- 28.- ———. Régimen de las lluvias de la zona cafetera colombiana. Avances Técnicos No. 34. Cenicafé, Chinchiná (Colombia), 1974. 4 p.
- 29.- VILLEGAS, J. Indices y fórmulas de erosión hídrica. Escuela de Postgraduados, Departamento de Ingeniería Agrícola. ICAUN, 1970. 20 p (mimeografiado).
- 30.- WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion potential. Agr. Eng. 43: 212-215, 225. 1962.
- 31.- ——— and SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from coopland east of the rocky mountains. Agr. Handbook No. 282. U. S. Dept. Agr. Washington. 1-12 p. 1965.

ANEXO No. 8.1 MATERIALES DE ORIGEN DE LOS SUELOS DE LOS MUNICIPIOS CAFETEROS

A continuación se presentan los materiales de origen más comunes de los suelos de los municipios cafeteros que han sido registrados en los estudios Agrológicos del Instituto Agustín Codazzi y del Programa de Desarrollo y Diversificación de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

MUNICIPIO	PRINCIPALES MATERIALES DE ORIGEN DE LOS SUELOS
ANTIOQUIA	
ABEJORRAL	Cenizas volcánicas
AMAGA	Cuarzodiorita, andesitas, anfibolitas, areniscas, cenizas volcánicas, esquistos (actinolíticos, cloríticos, arcillosos, micáceos).
ANDES	Cenizas volcánicas, basalto, granito biotítico, esquistos arcillosos, anfibolitas, conglomerados.
ANGELOPOLIS	Cuarzo diorita, esquistos (actinolíticos, micáceos, cloríticos y arcillosos), anfibolitas, andesitas, cenizas volcánicas.
ARMENIA	Cenizas volcánicas, esquistos (actinolíticos, arcillosos), areniscas, anfibolitas.
BETANIA	Cenizas volcánicas, basalto, granito biotítico, esquistos arcillosos, conglomerados.
BETULIA	Cenizas volcánicas, esquistos arcillosos, basaltos.
BOLIVAR	Basaltos, granito biotítico, esquistos arcillosos, cenizas volcánicas, brechas.
CAÑASGORDAS	Areniscas, gneis cuarcítico.
CARAMANTA	Cenizas volcánicas, andesita hornbléndica, conglomerados, anfibolitas.
CONCORDIA	Cenizas volcánicas, esquistos arcillosos, basaltos.
EBEJICO	Conglomerados, arcillas, anfibolitas, esquistos actinolíticos, cenizas volcánicas.
FREDONIA	Cenizas volcánicas, andesita hornbléndica, esquistos arcillosos, conglomerados, areniscas.
HELICONIA	Anfibolitas, esquistos actinolíticos, areniscas, cenizas volcánicas.
ITUANGO	Areniscas, gneis cuarcítico.
JARDIN	Basalto, anfibolitas, conglomerados, esquistos arcillosos.

JERICO	Cenizas volcánicas, conglomerados.
PUEBLO RICO	Cenizas volcánicas, basalto, conglomerados.
SALGAR	Basalto, esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.
SANTA BARBARA	Esquistos.
TAMESIS	Cenizas volcánicas, anfibolitas, conglomerados, andesita hornbléndica.
TARSO	Cenizas volcánicas, basalto, conglomerados.
TITIRIBI	Cenizas volcánicas, andesita hornbléndica, esquistos (cloríticos, arcillosos, micáceos, actinolíticos), anfibolitas.
VALPARAISO	Cenizas volcánicas, andesita hornbléndica, conglomerados, anfibolitas.
VENECIA	Cenizas volcánicas, areniscas, conglomerados, basalto, andesita hornbléndica.

BOYACA

BRICEÑO	Arcillas.
BORBUR	Esquistos arcillosos.
COPER	Arcillas.
MIRAFLORES	Arcillas coluviales.
MONIQUIRA	Esquistos pizarrosos.
MUZO	Esquistos arcillosos.
OTANCHE	Esquistos arcillosos y arcillas.
PAUNA	Esquistos arcillosos y arcillas.
TAMARA	Arcillas aluviales con cascajo.
ZETAQUIRA	Esquistos arcillosos.

CALDAS

AGUADAS	Esquistos cloríticos, cenizas volcánicas, riocacitas, conglomerados.
ANSERMA	Cenizas volcánicas.
ARANZAZU	Cenizas volcánicas, anfibolitas, esquistos micáceos y serpentinosos.
BELALCAZAR	Cenizas volcánicas, basalto.
CHINCHINA	Cenizas volcánicas, anfibolitas, basalto, andesitas.

FILADELFIA	Cenizas volcánicas, cenizas volcánicas con inclusiones de areniscas, esquistos serpentinosos y micáceos, epidotitas, arcillolitas, andesitas, areniscas.
MANIZALES	Cenizas volcánicas, esquistos (pizarrosos, talcosos y arcillosos), anfibolitas, basalto, granito.
MANZANARES	Cenizas volcánicas, conglomerados.
MARMATO	Cenizas volcánicas, areniscas, arcillolitas, andesitas, conglomerados.
MARQUETALIA	Cenizas volcánicas.
NEIRA	Anfibolitas, esquistos micáceos, cenizas volcánicas, conglomerados, areniscas con inclusiones arcillosas, coluvios de areniscas.
PACORA	Cenizas volcánicas, esquistos cloríticos y serpentinosos, andesitas, areniscas, conglomerados.
PALESTINA	Cenizas volcánicas, esquistos arcillosos, basalto, riodacita hornbléndica, anfibolitas.
PENSILVANIA	Cenizas volcánicas, conglomerados.
RIOSUCIO	Areniscas, arcillolitas, andesitas, cenizas volcánicas, coluvios, riodacita hornbléndica.
RISARALDA	Cenizas volcánicas, basaltos.
SALAMINA	Coluvios de areniscas y andesitas, esquistos arcillosos, cenizas volcánicas, anfibolitas.
SAMANA	Cenizas volcánicas.
SUPIA	Cenizas volcánicas, arcillolitas, andesitas, areniscas, conglomerados.
VITERBO	Basalto, andesitas feldespáticas, cenizas volcánicas.

CAUCA

BALBOA	Basalto, anfibolita.
BELALCAZAR	Basalto, anfibolita.
BOLIVAR	Riodacita, cenizas volcánicas, basalto.
BUENOS AIRES	Cenizas volcánicas, basalto.
CAJIBO	Cenizas volcánicas, basalto.
CALOTO	Basalto, cenizas volcánicas.
EL TAMBO	Cenizas volcánicas, basalto, anfibolitas.
INZA	Basalto, anfibolita.

LA SIERRA	Filita, esquistos micáceos, cenizas volcánicas.
LA VEGA	Basalto, cenizas volcánicas, anfibolita, esquistos talcosos.
MERCADERES	Areniscas, conglomerados, toba volcánica, riocacita.
MIRANDA	Basalto.
MONDOMO	Basalto.
MORALES	Cenizas volcánicas.
PIENDAMO	Cenizas volcánicas, basalto.
POPAYAN	Cenizas volcánicas, basalto.
ROSAS	Filita, basalto, anfibolita.
SANTANDER	Cenizas volcánicas, basalto.
TIMBIO	Cenizas volcánicas, basalto, esquistos micáceos, filita, anfibolita.
TORIBIO	Anfibolita, cenizas volcánicas.
TUNIA	Cenizas volcánicas, basalto.

CESAR

CODAZZI	Arcillolita, arenisca, conglomerados.
ROBLES	Pizarras, complejo (pizarras, andesitas).
VALLEDUPAR	Complejo (cenizas, andesitas), diabasa.

CUNDINAMARCA

ALBAN	Esquistos pizarrosos (piso Villeta)
ARBELAEZ	Cenizas volcánicas, arcillas, areniscas.
ANAPOIMA	Cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos (piso Villeta).
ANOLAIMA	Complejo de areniscas (piso de Guaduas) y cenizas volcánicas; complejo de coluvios de esquistos pizarrosos del piso de Villeta.
BITUIMA	Areniscas, arcillas, esquistos pizarrosos (Villeta) cenizas Volcánicas.
CABRERA	Areniscas.
CAPARRAPI	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
CAQUEZA	Areniscas, conglomerados.
CHAGUANI	Areniscas, arcillas, conglomerados.
FUSAGASUGA	Arcillas, areniscas.

GUADUAS	Conglomerados, areniscas, arcillas.
GUAYABAL DE SIQUIMA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
LA MESA	Areniscas con matriz arcillosa, coluvios de la formación Guadalupe, esquistos pizarrosos (piso Villeta).
LA PALMA	Cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos (piso Villeta).
LA PEÑA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
LA VEGA	Aluviones recientes, cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos (Villeta).
MESITAS DEL COLEGIO	Esquistos pizarrosos (piso Villeta), coluvios de areniscas del piso de Guadalupe.
OSPINA PEREZ	Areniscas con matriz arcillosa, arcillas, cenizas volcánicas.
PACHO	Coluvios, areniscas, esquistos pizarrosos.
PAIME	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
PASCA	Areniscas, cenizas volcánicas.
PANDI	Esquistos arcillosos, conglomerados de areniscas y arcillas.
PEÑON	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
PULI	Areniscas, arcillas, conglomerados.
QUEBRADANEGRA	Areniscas, conglomerados.
QUIPILE	Coluvios aluviales, esquistos pizarrosos (piso Villeta), cenizas volcánicas, areniscas.
SAN ANTONIO DE TENA	Areniscas.
SAN BERNARDO	Areniscas, lutitas, arcillas, esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.
SAN FRANCISCO	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
SAN JUAN DE RIO SECO	Coluvios arcillosos, areniscas, arcillas, conglomerados.
SASAIMA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta), cenizas volcánicas.
SILVANIA	Areniscas, arcillas.
SUPATA	Cenizas volcánicas.
TENA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta), areniscas.
TIBACUY	Cenizas volcánicas, arcillas, areniscas, esquistos pizarrosos (piso Villeta).

TOPAIPÍ	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
UTICA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
VENECIA	Areniscas.
VIANI	Cenizas volcánicas, areniscas, arcillas.
VILLA GOMEZ	Esquistos pizarrosos (piso Villeta).
VILLETA	Esquistos pizarrosos (piso Villeta), cenizas volcánicas.
VIOTA	Coluvios, cenizas volcánicas, lutitas, areniscas con intrusiones arcillosas.
YACOPI	Cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos (piso Villeta).

HUILA

ALGECIRAS	Granito, aluviones.
BARAYA	Granito, gneis, areniscas.
LA PLATA	Coluvios de areniscas, arcillas, conglomerados, granitos.
NEIVA	Granito, areniscas, conglomerados.
PITALITO	Granito, areniscas.
TELLO	Granito, gneis, areniscas.
TERUEL	Areniscas, granito.

NARIÑO

ANCUYA	Peridotita, areniscas, conglomerados.
CONSACA	Cenizas volcánicas, coluvios andesíticos.
EL ROSARIO	Cenizas volcánicas.
EL TAMBO	Cenizas volcánicas.
LA UNION	Cenizas volcánicas, areniscas.
LINARES	Cenizas volcánicas.
SAMANIEGO	Cenizas volcánicas.
SANDONA	Cenizas volcánicas, andesitas, brechas andesíticas.
SAN JOSE DE ALBAN	Esquistos micáceos.
SAN LORENZO	Cenizas volcánicas.
SAN PABLO	Riodacita, toba andesítica.

NORTE DE SANTANDER

ARBOLEDAS	Esquistos pizarrosos, areniscas, gneis, granito, esquistos cloríticos.
CONVENCION	Granito, esquistos cloríticos, arcillolitas, areniscas ferruginosas, pegmatitas.
DURANIA	Esquistos pizarrosos, areniscas, gneis.
GRAMALOTE	Esquistos pizarrosos.
LOURDES	Granitos, esquistos cloríticos, lutitas, areniscas, gneis, arcillas.
SALAZAR	Esquistos cloríticos, lutitas, granitos.
SAN CALIXTO	Esquistos (moscovíticos, arcillosos, pizarrosos), calizas, arenisca conglomerada.
SARDINATA	Esquistos (cloríticos, arcillosos), gneis biotítico.
TEOREMA	Arenisca ferruginosa, andesita.
VILLA DEL ROSARIO	Areniscas.

QUINDIO

ARMENIA	Cenizas volcánicas.
BARCELONA	Cenizas volcánicas.
CALARCA	Cenizas volcánicas.
CIRCACIA	Cenizas volcánicas.
GENOVA	Cenizas volcánicas, basalto, esquistos arcillosos.
LA TEBAIDA	Cenizas volcánicas.
MONTENEGRO	Cenizas volcánicas.
PIJAO	Cenizas volcánicas, basalto, esquistos arcillosos.
QUIMBAYA	Cenizas volcánicas.
SALENTO	Cenizas volcánicas.

RISARALDA

APIA	Cenizas volcánicas.
BALBOA	Esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.
BELÉN DE UMBRIA	Cenizas volcánicas, andesitas.
GUATICA	Cenizas volcánicas.

LA CELIA	Esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.
LA VIRGINIA	Cenizas volcánicas, basalto.
MARSELLA	Cenizas volcánicas.
MISTRATO	Esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.
PEREIRA	Cenizas volcánicas, riocacita hornbléndica.
QUINCHIA	Cenizas volcánicas.
SANTA ROSA DE CABAL	Cenizas volcánicas, basalto.
SANTUARIO	Esquistos arcillosos, cenizas volcánicas.

SANTANDER

BETULIA	Areniscas, lutitas.
MATANZA	Limonitas sedimentarias.
RIONEGRO	Granito, areniscas, gneis, esquistos arcillosos, esquistos pizarrosos, lutitas, areniscas.
SAN VICENTE DE CHUCURI	Areniscas, lutitas.

TOLIMA

ALPUJARRA	Areniscas, esquistos pizarrosos.
ALVARADO	Sienita hornbléndica, gneis moscovítico.
ANZOATEGUI	Sienita hornbléndica, cenizas volcánicas.
ATACO	Areniscas con inclusiones arcillosas, granito.
CAJAMARCA	Filitas, toba andesítica.
CARMEN DE APICALA	Areniscas con inclusiones de arcilla.
CASABLANCA	Esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.
CUNDAY	Areniscas, areniscas con inclusiones de arcilla, esquistos pizarrosos.
CHAPARRAL	Granito hornbléndico, areniscas con inclusiones arcillosas.
DOLORES	Esquistos pizarrosos.
FALAN	Esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.
FRESNO	Cuarzodiorita, esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.

HERVEO	Toba andesítica.
IBAGUE	Granito hornbléndico-biotítico, filita, gneis moscovítico, cenizas volcánicas.
ICONONZO	Areniscas, lutitas, arcillas, coluvios.
LIBANC	Esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.
MARIQUITA	Cuarzodioritas, esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.
MELGAR	Areniscas, areniscas con inclusiones de arcilla, esquistos pizarrosos.
SAN ANTONIO	Areniscas, con inclusiones de arcilla.
SANTA ISABEL	Granito moscovítico, cenizas volcánicas, sienita hornbléndica.
ORTEGA	Areniscas con inclusiones de arcilla.
RIOBLANCO	Areniscas con inclusiones de arcilla.
ROVIRA	Granito hornbléndico-biotítico, areniscas con inclusiones de arcilla.
VENADILLO	Sienita hornbléndica, gneis moscovítico.
VILLA HERMOSA	Esquistos moscovíticos, cenizas volcánicas.
VILLARICA	Areniscas, esquistos pizarrosos.

VALLE

ALCALA	Cenizas volcánicas.
ANSERMANUEVO	Esquistos pizarrosos, basalto, cenizas volcánicas.
ARGELIA	Cenizas volcánicas, basalto.
BUGALAGRANDE	Cenizas volcánicas, basalto, anfibolitas.
CAICEDONIA	Cenizas volcánicas, basalto, conglomerados, areniscas, aluvios.
DAGUA	Basalto.
DARIEN	Cenizas volcánicas.
EL AGUILA	Cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos.
EL CAIRO	Cenizas volcánicas, esquistos pizarrosos, basalto.
GINEBRA	Basalto, anfibolitas, cenizas volcánicas.
GUACARI	Cenizas volcánicas, anfibolitas.
LA CUMBRE	Cenizas volcánicas, basalto.

LA UNION	Cenizas volcánicas.
RESTREPO	Basalto, cenizas volcánicas.
ROLDANILLO	Cenizas volcánicas, basalto.
SEVILLA	Basalto, cenizas volcánicas, anfíbolitas.
TORO	Cenizas volcánicas, basalto, arcillolitas.
TRUJILLO	Cenizas volcánicas, basalto, arcillolitas.
TULUA	Cenizas volcánicas, basalto, anfíbolitas, arcillolitas.
ULLOA	Cenizas volcánicas.
VERSALLES	Cenizas volcánicas.
VIJES	Cenizas volcánicas, basalto.
YOTOCO	Cenizas volcánicas, anfíbolitas, basalto.

INDICE DE MATERIAS

- Acequias de ladera 128, 129, 133
 - y canales, selección 139
 - distancias entre 130, 131
- Actinolita (actinota) 48
- Agresividad de cultivos 236, 240
 - de la lluvia 236, 237
- Agua, manejo del 207
- Albita 48
- Alófana 29
- Alterita, zona de 68
- Andesina 48
- Andesita 22
- Andosoles 29
- Anfiboles 47
- Anfibolitas 25
- Anortita 48
- Apatita 48
- Arcilla pizarrosa (shale) 24
- Arcillolita (argilita) 24
- Arenisca 24
- Argilita (arcillolita) 24
- Augita 48

- Badlands (eriales) 191
- Basalto 22, 30
- Barreras vivas 105
 - espaciamiento 105
- Biotita 49
- Bitownita 49
- Bloques transversales 108, 109
- Bosques 205
 - reforestación 205, 206
- Brecha volcánica 21

- Caballote, construcción del 97, 98
- Calcita 49
- Calcopirita 49
- Campanas de conservación 191
 - recomendaciones para 191
- Canales, selección 139
- Canales, cálculo 141
 - coeficientes de rugosidad 148
 - elementos 139, 144
 - excavación 146, 151
 - de desviación 132
 - diseñados 149
 - fórmula de Manning 150
 - localización 144
 - relación plantilla-tirante 147
 - secciones 139, 140
 - taludes 146
 - terminado y mantenimiento 147
 - trazado 144, 151
 - velocidades permisibles 145
- Cárcavas 63
 - control de 184
- Carreteras erosión 187
 - mantenimiento 188
- Cenizas volcánicas 21, 29
- Cianita (distena) 50
- Cinerita 21
- Clorita 49
- Coberturas muertas 107
 - vegetales 103
- Coladas de barro 64
 - control 186
- Composte 111
- Conservación, prácticas mínimas 194
- Control, erosión 181
 - cuidados especiales 182
 - de sedimentos 208
- Corrientes del subsuelo 204
 - superficiales 204
- Cromita 49
- Cuarcita 25
- Cuarzo 47, 49
- Cuarzodiorita 22
- Cuenca 202
 - funcionamiento hidrológico 203, 204
 - manejo 205
 - ordenación 201
- Cultivos
 - Bosques 99
 - Densos 99
 - en fajas 107
 - limpios 97
 - pastos 99
 - requerimientos ecológicos 100, 242
 - semibosques 99
 - semilimpios 99
- Cunetas 155, 158
- Curvas a nivel 95
 - trazado 97

- Derrumbes 63
 - control 186, 189
- Desagües naturales 127, 135
- Deslizaderos 155, 157
- Deslizamientos 63
- Desplomes 64
- Desprendimientos 64
- Diabasa 22
- Diques 160, 161
- Distena (cianita) 49
- Dolomita 50
- Drenaje 170
 - problemas de 170
 - clases 171
 - color del suelo 43
 - signos de mal 170

- Drenes abiertos 171, 172
 - construcción 172
 - espaciamiento 173
 - especificaciones 172
 - horizontales 186
 - localización 173
 - mantenimiento 173
 - selección 171
 - subterráneos 171, 172, 174
- Empalizada 160
- Enseñanza, conservación 11
- Epidota 50
- Erial (badlands) 191
 - recuperación 191
- Erosión 61
 - acelerada (antrópica) 61
 - clases 61
 - control 181
 - daños causados por 76
 - daños directos 76
 - daños indirectos 78
 - efectos de la 67
 - eólica 62
 - etapas de solución 183
 - factores 67
 - antrópicos 66
 - el hombre 66
 - lluvias 69
 - pendiente 69
 - quemadas 69
 - tipo suelo 68
 - uso y manejo 69
 - vegetación 74
 - formas 61
 - grados de 64, 55
 - geológica (natural) 61
 - hídrica 62
 - clases 62
 - investigación 10
 - laminar 62
 - pérdida productividad 79, 82, 84
 - pluvial 62
 - control 184
 - por escurrimiento 62
 - concentrado 62
 - difuso 62
 - intenso 62
 - regresiva (remontante) 63
 - remontante (regresiva) 63
 - surcos 63
 - control 184
- Escalones 155, 157
- Escurrimiento 126
 - coeficiente de 136
 - cálculo 136
 - en Cenicafé 138
 - de Ramser 137
 - crítica 134
 - cálculo 134
 - evacuación de aguas 127
 - factores que influyen 126
 - pérdidas por 3
 - velocidad 140
 - volumen 126
- Esfeno (titanita) 53
- Esquisto micáceo 25
 - clorítico 25
 - hornbléndico 25
 - pizarroso 25
 - serpentinoso 25
 - talcoso 25
 - verde 25
- Esquistosidad 23
- Estabilidad estructural 42
 - minerales y la 27
 - pruebas de 42
- Estatita (hiperestena) 50
- Estructura 37
 - estabilidad 41
 - grados 39
 - tipos 39, 40
- Evacuación de escurrimiento 155
 - obras hidráulicas 155
- Evapotranspiración 204
- Eyectos volcánicos 21
 - clasificación 21
 - composición 21
- Feldespatos 47
- Filita 25
- Filtros horizontales 175, 186
- Foliación 23
- Fosas, construcción 112
 - dimensiones 114, 118
 - en tanque 113, 117
 - en tierra 113, 116
 - excavación 115
 - requisitos 113
- Gabro 22
- Granito 22, 30
- Granodiorita 22
- Gaviones metálicos 165
- Gneis 25
- Grafito 50
- Granate 50
- Golpe de cuchara 64
- Hematita 50
- Hiperestena (estatita) 50
- Hornblenda 51
- Humus 33
- Hundimientos 64
- Ilmenita 51

- Indice erosión pluvial 235
 - de Fournier 235
 - de Wischmeier 235
 - potencial de erosión 236, 239
 - potencial de uso y manejo 236, 241
- Intensidad crítica 137
 - cálculo 138, 142, 143
- Inundaciones, control 207
- Invierno, pérdidas por 2
- Krotovina 58
- Labores culturales 236
- Labradorita 51
- Lapilli 21
- Legislación 208
 - ambiente 208
 - bosques 209
 - cuencas 209
 - distritos de conservación 210
 - recursos naturales 209
 - suelo agrícola 209
 - uso y conservación de suelos 209
- Limonita 51
- Localización cultivos 97
 - bosques 99
 - densos 99
 - limpios 97
 - pastos 99
 - semibosque 99
 - semilimpios 99
- Lutita 24
- Lluvia, frecuencia 74
 - intensidad 74
- Magma 18
 - andesítico 23
- Magnesita 51
- Magnetita 51
- Materia orgánica 110
 - descomposición 110
 - incorporación 110
 - mineralización 33
 - propiedades 35
 - relación C/N 110
- Meteorización 26
 - biológica 26
 - concéntrica 28
 - factores 26
 - física 26
 - integral 28
 - química 26
- Mica, blanca 47
 - negra 47
- Microclina 51
- Minerales 18
 - formación arcillas 33
 - grupos 47
 - nutrientes portados 32
- Moscovita 51
- Mulch 106, 107
- Muros, de contención 165, 166
 - concreto 168, 169
 - mampostería 167
- Negativos 189
 - control 189
- Oligoclasa 52
- Olivina (peridotita) 52
- Olivino 47
- Ortoclasa (ortosa) 47, 52
- Ortosa (ortoclasa) 52
- Patas de vaca (terracetas) 63
- Pendiente, grado 69
 - medida 70
- Pérdida nutrientes, escorrentía 80
 - lixiviación 81
 - suelo, escorrentía 80
 - intensidad lluvia 75
 - manejos diferentes 79, 83
 - métodos de desyerba 73, 108
- Peridotita (olivino) 52
- pH 34
- Piroxenos 47
- Piroxenita 22, 25
- Pizarra 25
- Pirita 52
- Plagioclasa 47
- Poros, clasificación 42
- Porosidad 42
- Praderas 206
 - manejo 206
- Prácticas de conservación 94
 - agronómicas 95
 - culturales 94, 97
 - eficiencia 96
 - mecánicas 94
- Pulpa de café 111
 - producción 112
 - usos 112
 - ventajas 112
- Quemas 69
- Rastrillos 160, 164
- Reconocimiento 228, 229
 - agrología 228
 - taxonomía 228
 - uso, manejo 228
- Reforestación 205, 206
- Relación aire-agua 42
- Relación C/N 35
- Remoción en masa 63

- control 186
- Reptación (solifluxión) 64
- Riodacita 22
- Rocas 18
 - clasificación 18
 - efusivas 20
 - ígneas 18
 - composición 20
 - contenido de SiO₂ 21
 - zona cafetera 22
 - intrusivas 20
 - metamórficas 18, 23
 - origen 23
 - zona cafetera 25
 - origen 19
 - sedimentarias 18, 23
 - clasificación 23
 - composición 23
 - zona cafetera 24
- Saltos hidráulicos 155, 159
- Serpentina 52
- Siembra en contorno 90
 - trazado 100, 101, 102
- Sienita 22
- Sistema I.U.M. 234
 - aplicación del 236
- Shale (arcilla pizarrosa) 24
- Suelo 28
 - aluvial 28
 - características heredadas 29
 - color 43
 - coluvial 29
 - coluvio-aluvial 29
 - de cenizas volcánicas 29
 - fertilidad 31
 - formación 28
 - in situ 28
 - perfil de 28
 - pH 31
 - profundidad efectiva 43
 - suspensión 2, 3
 - unidad de 10, 17
 - uniformidad del perfil 43
- Surcos dobles 108, 109
- Solifluxión (reptación) 64
 - control 186
- Sombrío 106
- Susceptibilidad a la erosión 236, 238
- Talco 52
- Taludes, protección 163, 164
- Tefra 21
- Terraceta (patas de vaca) 63
- Textura 35
 - características 36
 - clasificación 37
 - tacto 38

- Tiempo de concentración 137
- Titanita (esfeno) 52
- Toba volcánica 21
- Trinchos 160, 161
- Turmalina 53

- Unidad 128
 - Amagá 228
 - Bodega 214
 - Cáqueza 223
 - Catarina 225
 - Colón 214
 - Combeima 224
 - Chinchiná (10) 219
 - Chuscal (60) 228
 - Fresno 218
 - Guaduas 223
 - Gualí 225
 - Junín 214
 - Malabar 221
 - Manila 215
 - Mendarco 223
 - Montenegro 221
 - Parnaso (200) 30, 215
 - Pueblito 224
 - Rosario 224
 - Salgar 224
 - Sargento 223
 - San Simón 214
 - Trocaderos 224
 - Veinte 215
 - Veracruz 223
 - Villeta 225
 - Violeta 30, 214

Vertimiento de aguas 113

Yeso 53

Zanjillas de absorción 127

- de desagüe 128

Zircón 53

Zona cafetera 5

- clima 5
- distribución cultivos 8
- humedad relativa 5
- localización 4, 5
- precipitación 5, 7
- población 6
- radiación 5
- región central 6
 - norte 5
 - sur 6
- suelos 8
- tamaño cafetales 9
 - fincas 6
- temperatura 5
- vientos 5

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS EN EROSION
Y CONSERVACION DE SUELOS

Preparado por CLAUDE LECARPENTIER y REMY OSTER de la Misión Técnica Francesa. Dirección General de Cuencas Hidrográficas. Inderena, Colombia, 1975.

ABANICO	Término equivalente: cono de deyección. Sedimentos depositados en forma de abanico por una quebrada o un río al salir de un relieve, o en la confluencia de dos corrientes de agua.
ABLACION	Véase laminar (erosión).
ACARREOS	Véase arrastres.
ACELERADA (EROSION)	Se dice de cualquier erosión agravada por acción del hombre - Término contrario: erosión geológica.
ACEQUIA (DE DESVIO)	Cauce artificial cavado con el fin de alejar las aguas lluvias de una zona peligrosa y llevarlas a un desagüe estable. Cuando se construye por encima de un derrumbe o deslizamiento (actual o potencial) se puede llamar "acequia de corona".
AGRESIVO (CLIMA)	Se dice de un clima cuyas características propician la aparición y desarrollo de procesos erosivos. Tal es el caso de los climas que presentan estaciones fuertemente contrastadas.
AGRIETAMIENTO	Formación de grietas (fisuras) por efecto de sequía o más escasamente por movimientos del suelo.
AGROLOGICAS (CLASES)	Sistema elaborado en EE. UU., para repartir los suelos de ese país en ocho clases, de acuerdo a su capacidad de uso (uso agropecuario potencial).
ALTERITAS	Materiales provenientes de la alteración química de las rocas.
ALUD	En un deslizamiento, derrumbe, etc., señala la acumulación de materiales.
ALUVIAL	Depositado por agua corriente.
ALUVION	A veces empleado, en forma inapropiada, para referirse a un alud.
ALUVIONES	Sedimentos depositados por aguas corrientes.
ANASTOMOSADO	Término de origen médico, usado en geomorfología ("canales anastomosados") para calificar a los ríos trezados (véase esta palabra).
ANTROPICO	Debido al hombre.
AREOLAR (EROSION)	Cualquier forma de erosión (difusa, laminar, eólica) que afecta a la superficie ("área") del terreno. Término usado en geomorfología como contrario de "erosión lineal".
ARRANQUE O ARRASTRE	Partida de materiales por procesos erosivos, cualquiera sean estos.
ARRASTRES	Término equivalente: acarreos - Materiales provenientes de la erosión; carga sólida de los ríos.

ASENTAMIENTO	Hundimiento y agrietamiento de un terreno, ocasionados entre otros factores, por sufosión o por desecamiento.
ATARQUINAMIENTO	Colmatación de un embalse o de un lago por sedimentos finos.
ATTERBERG (LIMITES DE)	Nociones usadas en mecánica de suelos. Cuando se traspasan, los materiales entran en movimiento hacia abajo (flujo). Los principales son los límites de liquidez y plasticidad. Dependen de la textura, pendiente y demás factores.
AVALANCHA	Derrumbamiento de nieve acumulada. Por extensión se usa en lenguaje común, para cualquier clase de material, como sinónimo de "alud".
AVENAMIENTO	Adecuación de tierras anteriormente inaprovechables por exceso de humedad.
AVENIDA	Creciente de una corriente de agua. Se refiere a menudo a un fenómeno súbito y desastroso.
BAD LANDS	Término norteamericano, equivalente de "tierras malas". Señala zonas de erosión lineal muy avanzada, afectadas por cárcavas densas y generalizadas, en tal forma que estas ocupan toda el área, habiendo desaparecido totalmente la superficie anterior.
BANCAL	En conservación de suelos, designa un tipo de terraza angosta e inclinada. Los bancales, siempre escalonados, se adaptan a terrenos pendientes.
BARRERA VIVA	Faja de vegetación a menudo arbustiva, sembrada generalmente en curva de nivel, para contrarrestar la erosión y detener los arrastres. Cuando se reemplaza por otros materiales tales como fajinas, se llama "barrera muerta".
BOSQUE GALERIA	Franja de vegetación arbórea o arbustiva a lo largo de los ríos y quebradas. Su conservación o replantación hace parte de los tratamientos antierosivos.
CARCAVA	Zanja más o menos honda, originada por erosión lineal. No puede ser borrada por prácticas de cultivo. Las cárcavas suelen evolucionar posteriormente por erosión remontante y desplomes laterales. A menudo ramificadas.
COBERTURA MUERTA (O INERTE)	Término equivalente del inglés "mulch". Se refiere a la técnica conservacionista consistente en dejar sobre el terreno los tallos y demás residuos de cosecha, o a cubrir las tierras de cultivo con tamo, gallinaza, paja, aserrín, etc. La cobertura muerta tiene como fines el contrarrestar la erosión, incrementar la infiltración y reducir las pérdidas de agua por evapotranspiración.
CAMINOS DE GANADO	Véase terracillas.
CARGA (SOLIDA)	Capacidad que tiene un río para transportar tal o cual tonelaje de materiales sólidos, sin distinción de la granulometría de los mismos. Por ejemplo: 10 kg/m ³ . Se distingue de la competencia (Véase ese término).
COLADA DE BARRRO (O LODO)	Movimiento semi-líquido de materiales saturados de agua.
COLMATACION	Relleno importante, por procesos de sedimentación, de cualquier cauce, canal de riego, embalse, laguna, valle y en forma general de toda depresión topográfica.
COLUVIONES	En sentido estricto: materiales provenientes de las laderas y depositados por escurreamiento al pie de las mismas. El sentido amplio se extiende a todos los depósitos laterales, inclusive formaciones gruesas y/o depositadas por movimientos en masa.

COMPETENCIA	Capacidad que tiene un río para transportar materiales de un tamaño definido, por ejemplo cantos o gravas, o arenas, etc. sin referirse al tonelaje o volumen total. Se distingue de la carga (Véase ese término).
CONCENTRADA (EROSION)	La erosión (hídrica) concentrada se origina por el escurrimiento del mismo nombre. Se inicia cuando los hilos de agua se unen, siguen trazados preferenciales y originan entalles, que luego, van profundizándose y suelen evolucionar hacia la formación de surcos y cárcavas. La erosión concentrada, a menudo no actúa sola, sino que se superpone a la erosión difusa o laminar.
CONO DE DEYECCION	Véase abanico.
CONTORNO	Técnica conservacionista que consiste en arar y sembrar según las curvas de nivel, o en forma ligeramente oblicua en relación a ellas.
CORONA	Véase Acequia.
CUCHARA (GOLPE DE)	Traducción literal de un término francés. Se emplea a veces para designar pequeños deslizamientos superficiales, a menudo angostos y alargados.
CUENCA (HIDROGRAFICA)	Términos equivalentes o aparentados: Hoya (Hidrográfica) y Area receptora. Area que vierte sus aguas lluvias a un curso de agua. Puede referirse a parte solamente del mismo (Ej.: cuenca del río Magdalena arriba de Honda). El concepto de cuenca se aplica sin noción de escala, desde un río grande hasta la menor quebrada. El término de hoya (hidrográfica) es sinónimo pero se reserva usualmente para cuencas de cierta superficie. El vocablo de área receptora se emplea a veces como sinónimo de cuenca hidrográfica, otras veces para designar únicamente la parte alta y/o montañosa que en forma general aunque no siempre, concentran más aguas.
DECANTACION	Proceso de sedimentación lenta en aguas estancadas o tranquilas. Se aplica a partículas finas en suspensión mecánica.
DEFLACION (EOLICA)	Proceso de arranque y transporte de partículas finas por el viento.
DELEZNABLE	Se dice de un material o un terreno que tiene propensión a perder su cohesión y/o estabilidad y por lo tanto a erosionar y/o deslizarse.
DERRAME	Deposición de sedimentos sobre una superficie relativamente extensa y un espesor relativamente reducido.
DERRUBIO (S)	Acumulación de material generalmente pedregoso al pie de una cornisa o un talud, caído por gravedad (desplome). Existen sentidos más amplios, equivalentes de derrumbe.
DERRUMBE	En sentido amplio, señala cualquier movimiento en masa, de flujo rápido, en terrenos pendientes. Geomorfológicamente, parece preferible restringir el sentido a aquellos fenómenos muy comunes en Colombia, en los cuales intervienen a la vez la gravedad y la saturación en agua. En tal caso se diferencian de los desprendimientos por un papel mayor de la humedad y de los deslizamientos por ser más rápidos y por lo general casi instantáneos. Afectan a taludes y vertientes empinadas.
DESAGREGACION(MECANICA)	Pérdida de cohesión por causas físicas (mecánicas).
DESBARRANCAMIENTO	Término sin contenido geomorfológico preciso. Se refiere al desplome de cualquier talud (barranco).

DESGLIZAMIENTO	Tipo de movimiento en masa en el cual predomina la excesiva humedad. De flujo rápido aunque menos que los derrumbes. Los deslizamientos afectan principalmente terrenos arcillosos de pendiente moderada. A menudo escalonados. Se pueden considerar como una agravación del fenómeno de soliflucción, con ruptura del terreno y de la cobertura vegetal.
DESMORONAMIENTO	Término sin contenido geomorfológico preciso. Señala cualquier tipo de movimiento en masa que se produce en forma repentina (derrumbes, desprendimiento, deslizamiento, etc.).
DESNUDACION	Véase laminar (erosión).
DESPLOME	Véase desprendimiento.
DESPRENDIMIENTO	Término equivalente: desplome. Movimiento de caída instantánea en cornisas, taludes y laderas empinadas, con influencia predominante de la gravedad.
DETRITICO	Se dice de cualquier tipo de material, removido o nó, que resulta de la acción de procesos de meteorización o alteración de la roca "in situ".
DIFERENCIAL	Procesos que actúan de manera desigual en un conjunto litológico con diferencias apreciables en cuanto a dureza y resistencia mecánica o química, erosionando preferiblemente las partes más débiles y dejando sobresalientes las partes más resistentes.
DIFUSA (EROSION)	La erosión (hídrica) difusa es ocasionada por el escurrimiento del mismo nombre, es decir por hilos finos de agua sin dirección nítida o predominante. Afecta pues toda la superficie pero en forma generalmente moderada. Cuando el arrastre viene a ser importante, toma el nombre de erosión laminar.
DISETADO	Tanto en planicies como en colinas, o montañas, señala un terreno cuya topografía está en detalle, muy diversificada, presentando, por efecto de la erosión hídrica, numerosos entalles y cortaduras.
DUNA	Término equivalente : médano. Forma de acumulación eólica.
EMPEDRAMIENTO	Concentración en cualquier superficie de elementos pedregosos. Puede ser artificial o natural, debido, en este último caso, a la acción del agua o del viento. Puede impedir toda evolución posterior. Refiriéndose a corrientes de agua, el empedramiento es conocido también bajo el nombre de pavimento (hidráulico).
EMPRADIZACION O EMPASTADOS	Técnica conservacionista que consiste en sembrar grama o pasto en una zona afectada o que se desea proteger.
ENCOSTRAMIENTO	Concentración de minerales (hierro y aluminio predominante) en el horizonte B del suelo, generalmente en profundidad. Después de erosionar los horizontes superficiales, aflora una capa compacta. En otros casos, se produce directamente en superficie (costras salinas).
ENCHARCAMIENTO	Formación de charcos. En sentido amplio, se extiende a los aspectos negativos de la saturación del suelo.
ENDURECIMIENTO	Caracteriza a menudo los suelos desnudos sin arar, expuestos a la radiación solar. Conlleva la impermeabilización superficial del terreno y el consiguiente aumento de la escorrentía.
ENTALLE O ENTALLADURA	Incisión del terreno por erosión lineal. (Véase ese nombre). Refiriéndose a quebradas, equivale a "profundización".

EOLICO	Debido al viento.
EROSION	En sentido estricto arranque de materiales sustraídos al terreno. El sentido amplio abarca el transporte aluvial y la sedimentación.
EROSION (CLASES DE)	Sistema de clasificación en el cual los suelos se reparten en cinco clases según el grado de erosión (de nula a muy severa). Esta clasificación contempla esencialmente la erosión hídrica y descarta los fenómenos de remoción en masa. Por otro lado, se refiere al estado actual, tal como resulta de la evolución anterior. Por lo tanto, no caracteriza la intensidad dinámica de la erosión.
ESCORRENTIA	Se dice generalmente del escurrimiento superficial cuando se produce sobre el mismo terreno o en pequeñas cañadas y quebradas.
ESCURRIMIEN- TO	El escurrimiento cuando se produce al aire libre (superficial), puede ser difuso o concentrado. Véase esos términos. El escurrimiento difuso es más o menos intenso. De acuerdo a los factores del medio físico, origina o no la erosión difusa. En igual forma no siempre el escurrimiento concentrado conlleva erosión apreciable (cañadas vegetalizadas por ejemplo).
ESPIGON	Véase espolón.
ESPOLON	Término equivalente: espigón. Especie de muelle construido transversalmente u oblicuamente a partir de la orilla de un río. Los espolones sirven para encauzar las aguas, defender las márgenes, modificar la corriente y/o provocar la sedimentación.
FAJAS ALTER- NANTES. (CULTIVO EN)	Técnica conservacionista que consiste en una sucesión, en el sentido de la pendiente, de varios usos agropecuarios del suelo. Dispuestas normalmente en curvas de niveles, las fajas alternadas son a menudo asociadas a los cultivos de contorno.
FALLA	Término especializado usado en Geología para designar los desniveles tectónicos. La palabra "falla geológica" es a menudo empleada en forma muy inapropiada para designar cosas tan distintas como desniveles topográficos, grietas o terrenos solifluentes.
GAVIONES	Especies de canastas rellenas con piedras y amarradas sólidamente entre si; muy utilizadas en control de erosión y corrección torrencial (espolones, trinchos, obras de contención). Tienen la ventaja de ser más o menos permeables y de aguantar deformaciones sin romperse.
GENERALIZADA (EROSION)	Cualquier tipo de erosión (hídrica o eólica, difusa o concentrada), siempre y cuando afecte la totalidad de la zona considerada.
GEOLOGICA (EROSION)	Se llama así a la erosión considerada como una fase de la evolución morfogenética, vale decir, como una etapa normal de la evolución del relieve terrestre. Por lo tanto la expresión "erosión geológica" se refiere a la erosión tal como actúa en condiciones totalmente naturales, sin agravaciones debidas a la presencia del hombre. El término de erosión normal es a veces utilizado en el mismo sentido pero es inadecuado por referirse a veces a ciertas condiciones morfoclimáticas (generalmente templadas) o por sobrentender un grado liviano de erosión (mientras la erosión geológica puede ser intensa).
GLACIS	Término adaptado del francés, usado en geomorfología. Equivale a planicies moderadamente inclinadas. Su empleo conlleva el riesgo de confusiones con fenómenos glaciares.
HIDRICA	Erosión debida al agua. Por lo general esta expresión se refiere únicamente al escurri-

(EROSION)	miento superficial (erosión laminar, surcos, cárcavas) excluyendo la erosión pluvial y los fenómenos de remoción en masa.
HOYA (HIDROGRAFICA)	Véase Cuenca (Hidrográfica).
INCIPIENTE (EROSION)	Que empieza a actuar.
INFILTRACION	Movimiento del agua que penetra dentro del suelo y luego, percola hasta cierta profundidad. Se considera como antagonista de la escorrentía superficial.
IN SITU	Fórmula latina empleada para definir una formación geológica en su posición natural, es decir materiales que no hayan sido transportados ni removidos.
INTENSIDAD (DE LA LLUVIA)	"Fuerza" con la cual caen los aguaceros. Se mide por m.m. por hora y por duraciones menores. La lluvia diaria no es representativa de la intensidad.
LAMINAR (EROSION)	Términos equivalentes: pelicular (erosión) y desnudación. Forma de arrastre caracterizada por la ablación generalizada de la capa superficial del terreno. Debida teóricamente a un escurrimiento en forma de lámina de agua, por lo cual se acepta también, en el mismo sentido, la expresión de "lavado por mantos". En realidad el escurrimiento laminar es muy escaso en la naturaleza. La expresión "erosión pelicular" se refiere más bien a la erosión difusa cuando ésta es moderada y la "erosión laminar" a la misma erosión difusa cuando alcanza un alto grado de intensidad.
LAVA (TORRENCIAL)	Término utilizado en geomorfología para describir una acumulación gruesa y caótica de materiales transportados por escurrimiento viscoso (mezcla de barro y agua). El uso de la palabra en ese sentido presenta el riesgo de confusiones con fenómenos de origen volcánico.
LAVADO POR MANTOS	Véase laminar (erosión).
LIMPIO (CULTIVO)	Que deja en descubierto la superficie del suelo.
LINEAL	Forma de erosión debida al entalle de la red hidrográfica. El término de "Erosión lineal" se usa en geomorfología como contrario de "Erosión areolar". Causada por el escurrimiento concentrado, la erosión lineal se aproxima a la erosión concentrada pero implica la profundización de los arroyos, quebradas o cañadas.
LIXIVIACION	Proceso de empobrecimiento que sufren los suelos por efecto de la excesiva infiltración y percolación de las aguas lluvias o de riego, perdiendo con ellas parte de sus nutrientes.
MECANICO	Define cualquier tratamiento antierosivo por obras de ingeniería, sin recurrir a la vegetación.
MEDANO	Véase Duna.
METEORIZACION	Alteración por los agentes climáticos.
MORFOGENETICO	Que contribuye a originar o modificar las formas del relieve (modelado). La erosión es de por sí misma un proceso morfogénico.

MOVIMIENTO EN MASA	Véase Remoción.
MULCH	Véase Cobertura muerta.
NORMAL (EROSION)	Término ambiguo por referirse bien sea a la erosión geológica (véase esa palabra), o a un grado moderado de erosión, o a ciertas condiciones morfoclimáticas importantes en la zona templada.
PAVIMENTO (HIDRAULICO)	Véase empedramiento.
PEDOGENETICO	Que contribuye a la formación o evolución del suelo. Morfogénesis y pedogénesis son antagonistas, por lo cual lo son igualmente pedogénesis y erosión.
PELICULAR.	Véase Laminar.
PIE DE VACA	A veces empleado por "camino de ganado". Véase terracilla.
PLATEO	Práctica que consiste en desyerbar únicamente por puntos en donde se va a sembrar cada mata o alrededor de ella.
PLUVIAL (EROSION)	Debida a la salpicadura que produce el impacto de las gotas de lluvia cuando caen sobre un terreno sin protección vegetal. Favorece el arranque de material por los hilos de agua (erosión hídrica).
POTENCIAL EROSIVO	Riesgo de erosión en una zona actualmente sin mayores problemas. Concretamente la erosión potencial se refiere a la erosión que se puede esperar en caso de colonizar una región todavía sin desmontar.
RAMIFICADO	Véase Trenzado.
RECEPTORA (AREA)	Véase Cuenca (Hidrográfica).
RECUPERACION O REGENERACION NATURAL	Tratamiento antierosivo que consiste en cercar y aislar zonas afectadas por la erosión con el fin de que la vegetación espontánea las recolonice paulatinamente.
REGRESIVA	Véase remontante.
REMOCION (EN MASA)	Término equivalente: movimiento (s) en masa. Desplazamiento hacia abajo de un volumen apreciable de terreno, bajo influencia de la gravedad sola (desprendimiento) o combinada con la humedad (soliflucción). Puede ser flujo rápido (derrumbes) o lento (reptación). Los movimientos en masa se consideran generalmente como fenómenos erosivos, aunque ciertos de ellos, entre los cuales la soliflucción, no ocasionan pérdida real de tierra ni suministran arrastres.
REMONTANTE (EROSION)	Términos equivalentes: regresiva o retrocedente. Caracteriza a todo proceso erosivo que evoluciona hacia arriba. En una cárcava por ejemplo, la erosión remontante afecta la (s) cabecera de la misma y la (s) hace retroceder.
REMOVIDO	Término equivalente: retomado. Se dice de un material que después de una primera sedimentación se encuentra nuevamente erosionado, transportado y depositado.
REPTACION	Movimiento lento de la tierra en las vertientes, sin modificación topográfica apreciable ni aparición de surcos. Proceso de erosión difusa leve e incipiente. En hidráulica

	fluvial la palabra "reptación" se refiere al transporte de elementos (cantos, bloques) que se desplazan sobre el fondo del lecho (sin saltar).
RETOMADO	Véase Removido.
REVEGETACION	Tratamiento antierosivo que consiste en sembrar vegetación gramínea (empradización) rastrera o arbustiva en zonas anteriormente desprovistas de protección vegetal. La reforestación es una forma de revegetación (arbórea).
RIBERENA (VEGETACION)	Vegetación natural o artificial que crece en las orillas de ríos y quebradas. Juega un papel antierosivo eficaz, sobre todo cuando es arbustiva.
ROMPEVIENTOS	Obstáculos más o menos altos y alargados, en sentido perpendicular a la dirección del viento dominante, para contrarrestar la erosión eólica. Pueden ser naturales (árboles, cercas vivas) o artificiales.
ROMPEDERO	Apertura de un dique aluvial. Equivale a "salida de madre" pero tiende a volverse definitivo y originar un nuevo cauce (difluencia).
ROTACION (DE CULTIVOS)	Técnica conservacionista que consiste en cambiar en forma regular y sistemática los cultivos que se suceden en la misma parcela.
ROTACION	Técnica conservacionista que consiste en dejar cada potrero sin pastorear durante cierto tiempo cada año, con el fin de favorecer el crecimiento vegetal y evitar los fenómenos erosivos originados por el sobrepastoreo.
SALTACION	Tipo de transporte aluvial. Se refiere al movimiento de los elementos que se desplazan por saltos sucesivos y discontinuos. Conciernen a los cantos, gravas y en ciertos casos a la arena.
SEDIMENTACION	Deposición de materiales transportados por el agua o contenidos en suspensión. Puede ser marina, lacustre, fluvial, etc.
SEDIMENTO	Material depositado por el agua cualesquiera hayan sido el medio (río, lago, mar) y el modo de transporte y de deposición (desde acumulación torrencial hasta precipitación química).
SOBREPASTO- REO	Pastoreo excesivo que origina una degradación progresiva de los potreros. En terrenos ondulados, se manifiesta inicialmente por terracillas (camino de ganado).
SOCACION O SOCAVAMIENTO	Término equivalente: zapamiento. Procesos de erosión lateral en las riberas de los ríos y quebradas. Actúa por el debilitamiento de las capas inferiores y el consiguiente derrumbe de la capa superior. El fenómeno hace retroceder las orillas. "Socación" se usa también como equivalente de sufusión (véase esa palabra).
SOLIFLUXION	En sentido amplio se refiere a todo desplazamiento del suelo hacia abajo por influencia combinada de la gravedad y de la humedad excesiva, inclusive deslizamientos y derrumbes. Más usado en el sentido estricto, el cual reserva el significado de "soliflucción" a un movimiento lento y masivo del suelo en topografía suave, causado por la saturación del terreno. Origina ondulaciones ("lupas") sin ruptura de la capa superficial o con rupturas ("nichos") aisladas y menores. Si se agrava el fenómeno pasa a deslizamientos.
SUBTERRANEA (EROSION)	No existe sino por disolución en terrenos calcáreos. En cierta medida se le puede asimilar la sufusión aunque la pérdida de material necesita una salida al aire libre. Por lo general la palabra erosión subterránea es empleada erradamente para designar la soliflucción.

SUFOSION O SUFUSION	Término especializado usado en geomorfología. Proceso de erosión hídrica del material subyacente, lo que, por pérdida de volumen, origina vacíos y el consiguiente hundimiento del estrato superficial. Las formas relacionadas son depresiones a menudo subcirculares que a veces se alinean y alcanzan a formar pequeños caños. También se observan pequeñas cuevas (en los taludes) y, en terreno plano, asentamientos acompañados por grietas. "Socavación" se puede usar en lugar de "sufosión", pero es menos específica, pues se refiere también a dinámica de ríos u otros procesos.
SURCOS	Pequeñas cortaduras (entalles) debidas a la erosión lineal, parecidas a las del arado. Pueden profundizar y evolucionar en cárcavas.
SUSPENSION	Modo de transporte aluvial en el cual los elementos (arcillas, limos, a veces arenas) se desplazan mezclados con el agua y siguen sus mismos movimientos.
TALVEGUE	(Forma hispanizada del alemán Talweg). Noción geométrica; señala la línea que une los puntos más bajos de cualquiera depresión alargada, drenada o nó y cualesquiera que sean sus dimensiones. Concretamente, equivale a quebrada y/o cañada.
TAPON	Se produce cuando un derrumbe o deslizamiento taponan un río o una quebrada. Conlleva la acumulación del agua por detrás del obstáculo. Al reventarse el tapón, sucede a menudo una avenida desastrosa.
TERRACILLAS O TERRACETAS	Término equivalente: caminos de ganado, (a veces pié de vaca). Forma menor de erosión incipiente. Por originar agrietamientos y manchas de suelo desnudo, se considera que favorecen la erosión pelicular y la aparición de pequeños deslizamientos.
TERRAZA	Acumulación aluvial en forma de terraplén en un nivel más alto que el fondo del valle. A veces escalonadas. En conservación de suelos designa, de igual manera, terraplenes o banquetas escalonadas, siguiendo las curvas de nivel, construídas para disminuir la escorrentía superficial e incrementar correlativamente la infiltración.
TORRENCIAL	Se dice de una corriente de agua que presenta grandes diferencias de nivel entre aguas altas y bajas. La torrencialidad es generalmente relacionada con una carga sólida importante en aguas altas.
TRENZADO	Términos equivalentes: anastomosado, ramificado. Se dice de un río cuya corriente, en período de aguas normales o en estiaje, se divide en varios brazos que disfluyen y confluyen constantemente, dejando entre sí bancos aluviales, sumergidos en caso de avenidas fuertes. Los ríos trenzados evolucionan generalmente hacia una elevación y un ensanchamiento progresivos del lecho.
TRINCHO	Pequeño dique transversal que se construye en una quebrada o arroyo para provocar sedimentación aguas arriba y/o cortar la pendiente.
TURBIDEZ	Cantidad de sedimentos transportados en suspensión por una corriente de agua. Generalmente expresada en g/l.
VOLCAN	Término popular a veces usado inapropiadamente para referirse a un alud o a una avenida.
ZANJA DE INFIL- TRACION	Fosa alargada perpendicularmente a la pendiente, excavada con miras a interceptar la escorrentía y favorecer la infiltración.
ZAPAMIENTO	Véase socavación.

DERECHOS RESERVADOS

“La propiedad literaria de esta obra pertenece a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia conforme a las disposiciones legales. Partida No. 286.- Libro de Registro 2o. Tomo 17. Ministerio de Gobierno (Ley 86 de 1946). Queda prohibida la reproducción parcial o total.” ©