



Curso: “Control de Sedimentos en Minería a Cielo Abierto”

Profesora Alba J. Castillo

Profesora Aurora B. Piña

Caracas, 31 de Julio, 01 y 02 de agosto de 2008



Objetivo 1: Conocer los Conceptos Fundamentales del Transporte de Particulado Sólido en Suspensión Hídrica

Contenido:

- Aspectos del mecanismo de control de sólidos.
- Factores que potencian la producción de sedimentos.
- Disposición de sedimentos.



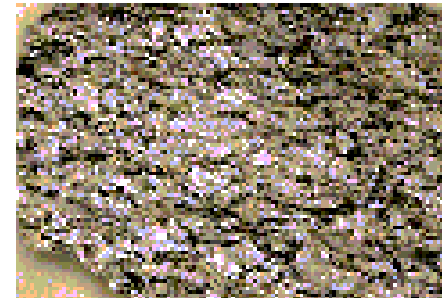
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

- Definición de roca, suelo y sedimento
- Composición y Tamaño de Partícula
- Textura de suelos
- Factores de Erosión
 - Precipitación
 - Cobertura Vegetal
 - Topografía
 - Características de suelos
 - Actividades Antrópicas



Definición de roca, suelo y sedimento

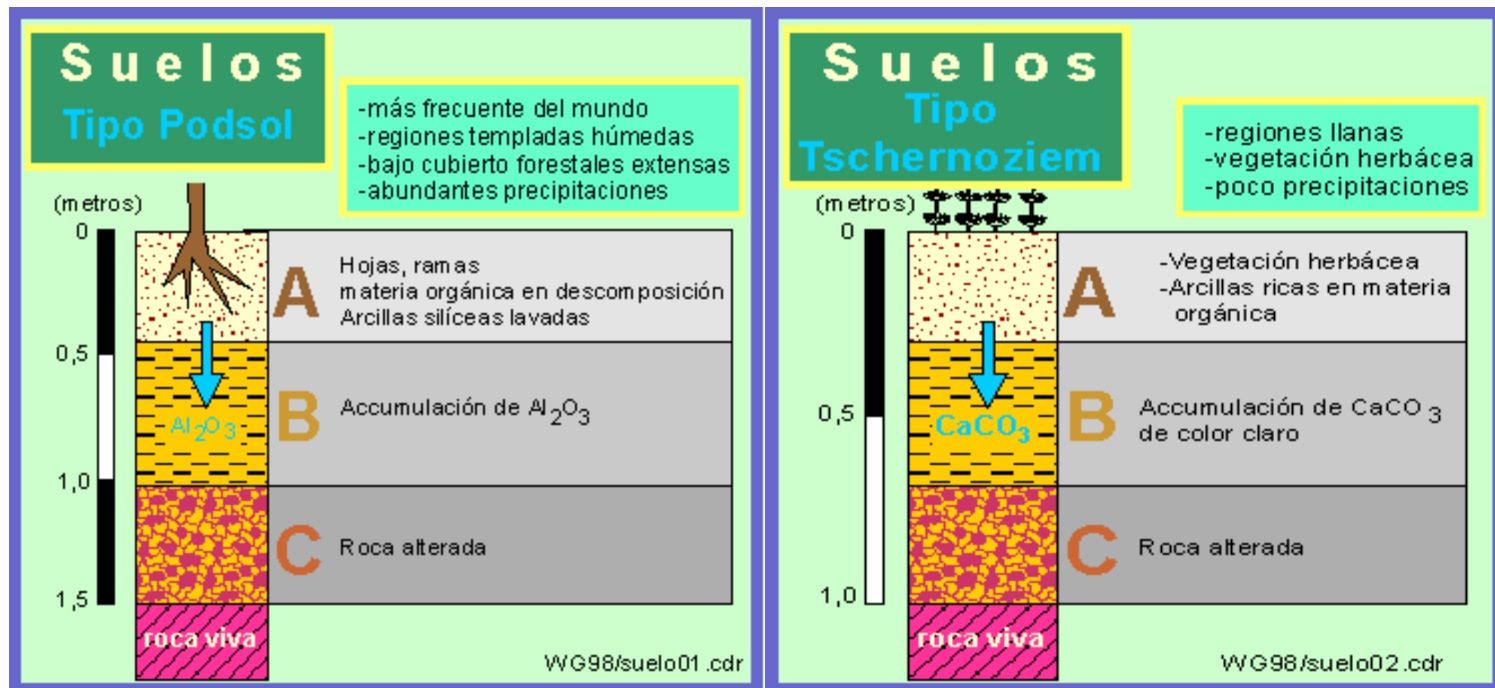
Roca: es un agregado natural de granos minerales unidos por grandes y permanentes fuerzas de cohesión (Peck, et.al., 1983). Para Méndez (2006), las rocas pueden ser definidas como sustancias naturales sólidas y duras que ocurren en la corteza o manto de la Tierra. Las rocas están compuestas por dos o más minerales, aun cuando algunas pueden estar formadas por un solo mineral. Las rocas pueden clasificarse en tres grupos principales de acuerdo a su origen: ígneas, sedimentarias y metamórficas.





Definición de roca, suelo y sedimento

Suelo: es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que puede separarse por medios mecánicos comunes, tales como la agitación en el agua (Peck, et.al., 1983).





Definición de roca, suelo y sedimento

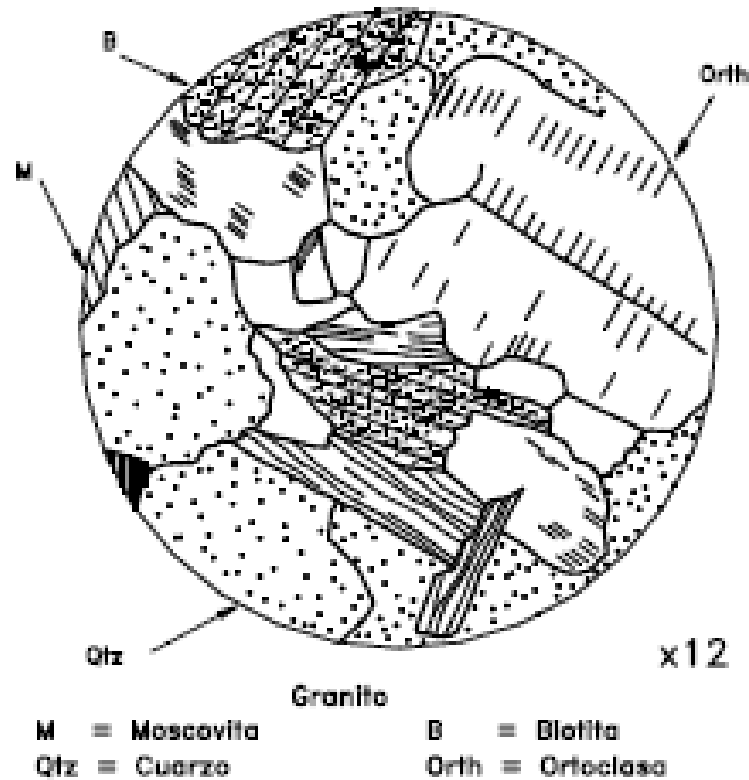
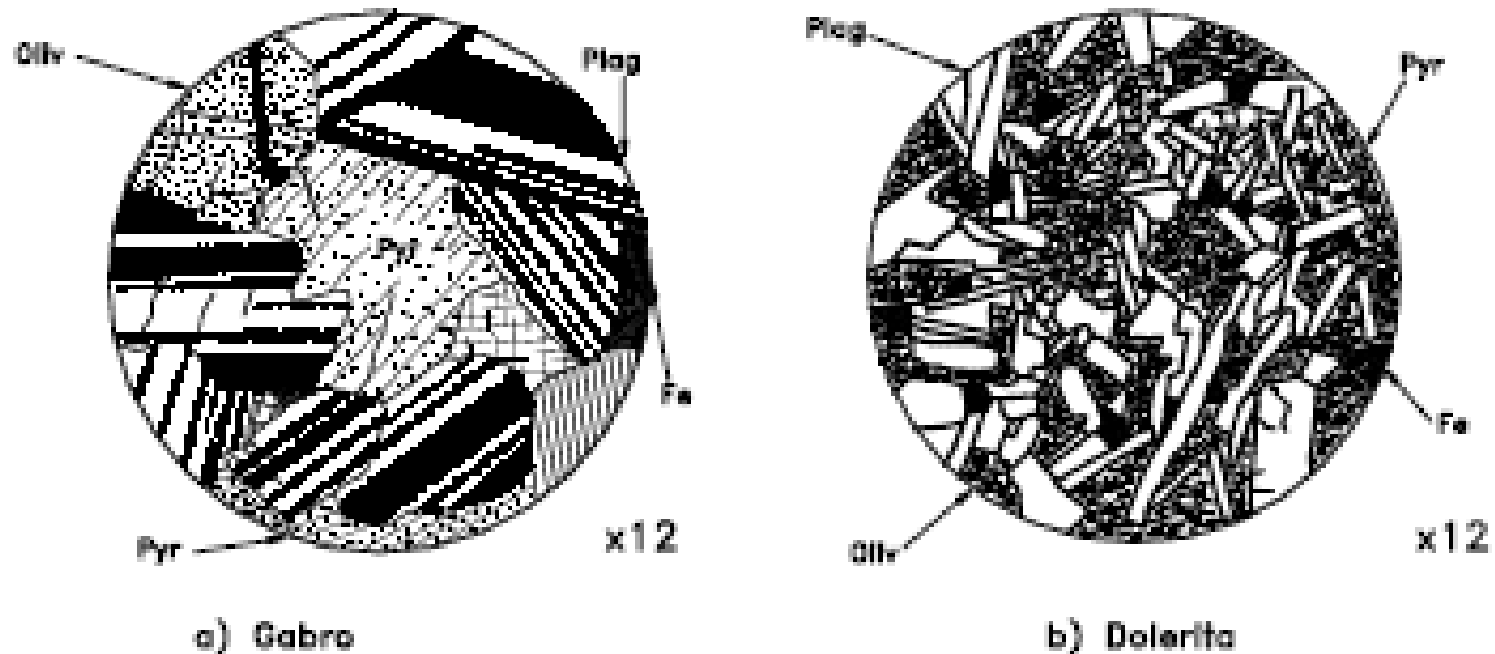


Figura 5.1 Sección delgada de Granito vista al microscopio (Blyth y de Freitas 1984).

Definición de roca, suelo y sedimento



Oliv = Olivino
Fe = Hierro

Pyr = Piroxeno
Plag = Plagioclasa

Figura 5.2 Secciones delgadas de Gabro y Dolerita vistas al microscopio (Blyth y de Freitas 1984).

Definición de roca, suelo y sedimento

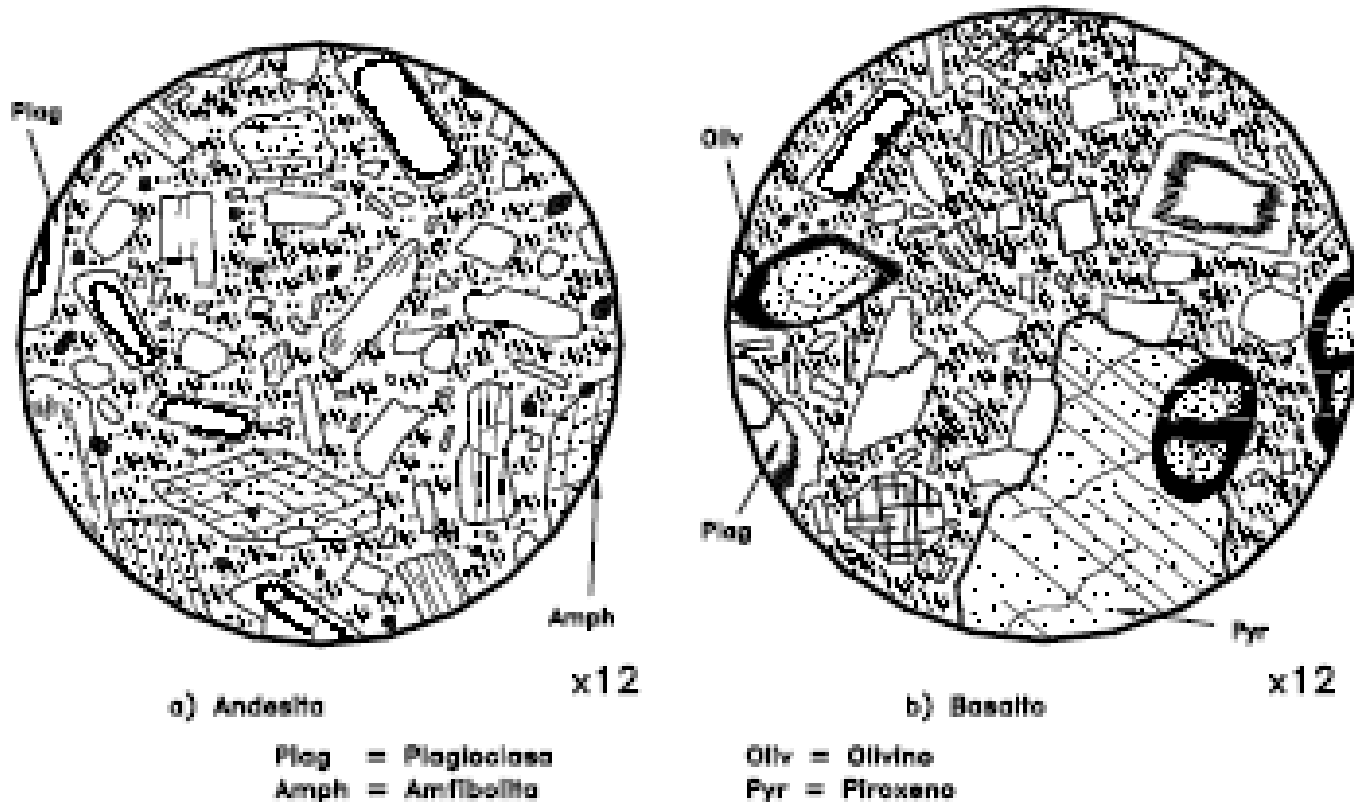


Figura 5.3 Secciones delgadas de Andesita y Basalto vistas al microscopio (Blyth y de Freitas 1984).



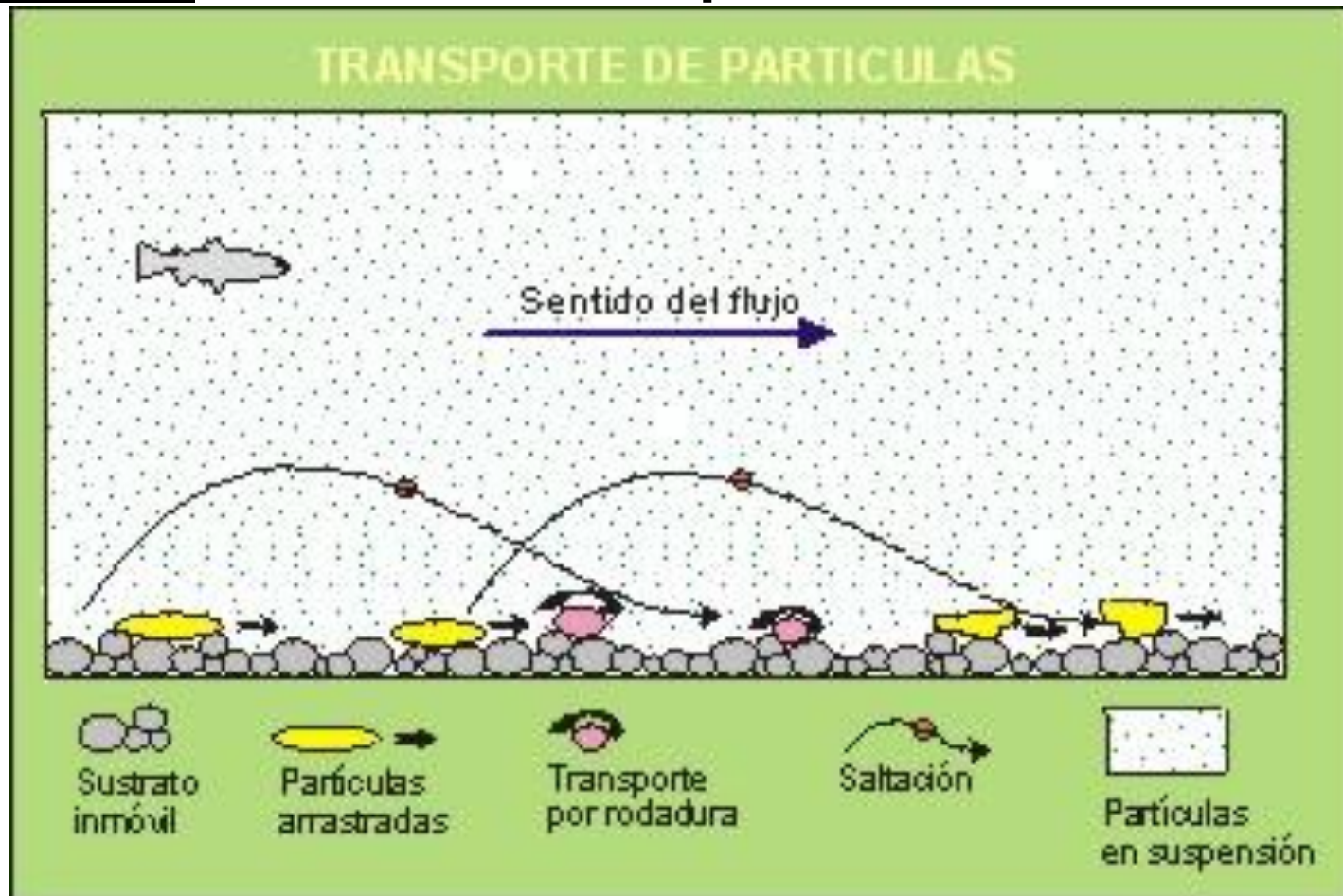
Definición de roca, suelo y sedimento

Sedimento: por su parte son las partes del suelo que se encuentran transportadas o en proceso de transporte por diversos medios erosivos y que van cambiando su aspecto y características físicas a medida que avanzan alejándose de la fuente original, en un tiempo «t» hasta encontrar un lugar para su destino final temporal, como por ejemplo, una cuenca. La meteorización y erosión de las rocas preexistentes originan los fragmentos, granos y partículas que constituyen **el sedimento**, el cual es transportado y continuamente modificado hasta los lugares del depósito final denominados ambientes sedimentarios (Méndez, 2006)



Definición de roca, suelo y sedimento

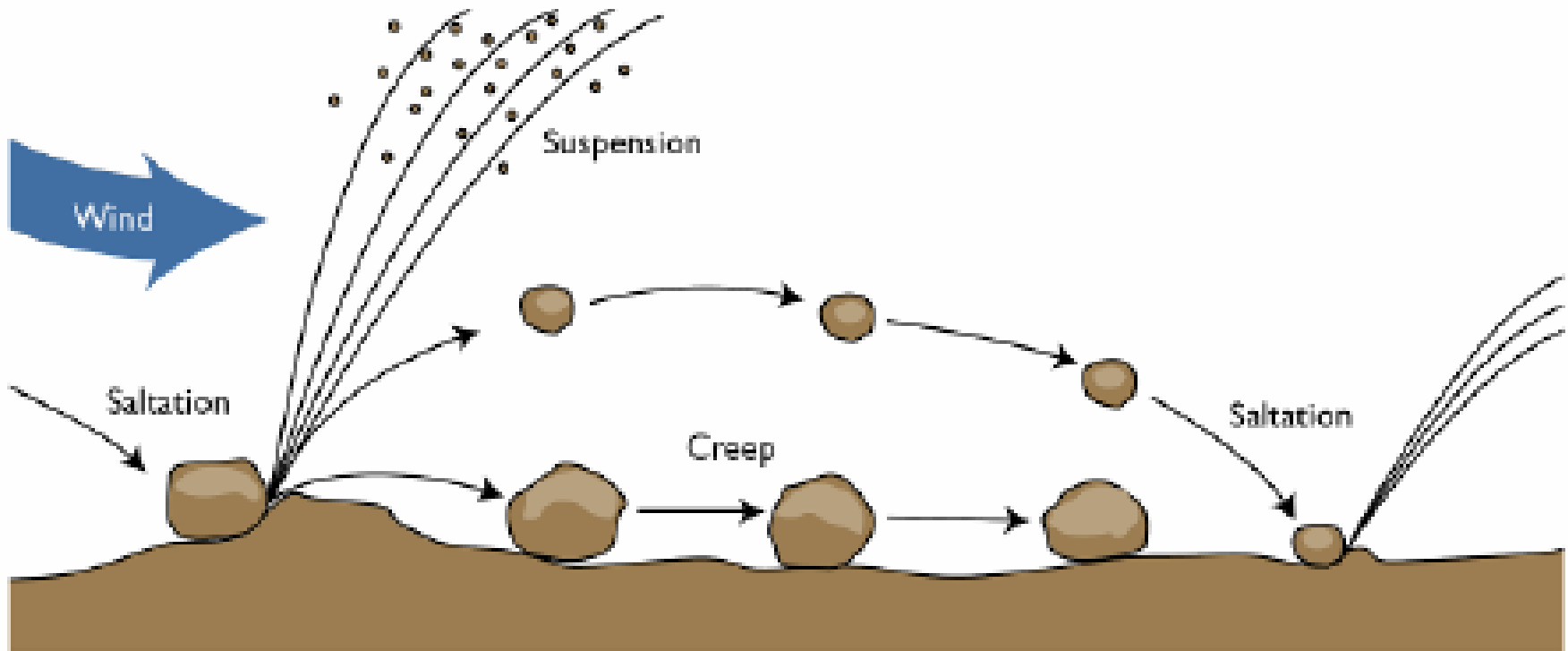
Sedimento. Formas de transporte





Definición de roca, suelo y sedimento

Sedimento. Formas de transporte por viento



Source: McCauley & Jones, 2005.



Composición y tamaño de las partículas en los suelos

Límites de Tamaños de los Componentes del Suelo según la Clasificación de la ASTM (En Milímetros)

Grava	> de 4,75
Arena gruesa	4,75 – 2,00
Arena media	2,00 – 0,425
Arena fina	0,425 – 0,075
Finos (mezcla de limo y arcillas)	< 0,075

Fuente: Peck, et.al., 1983.



Composición y tamaño de las partículas en los suelos

Mineralogía

Resistencia contra la meteorización

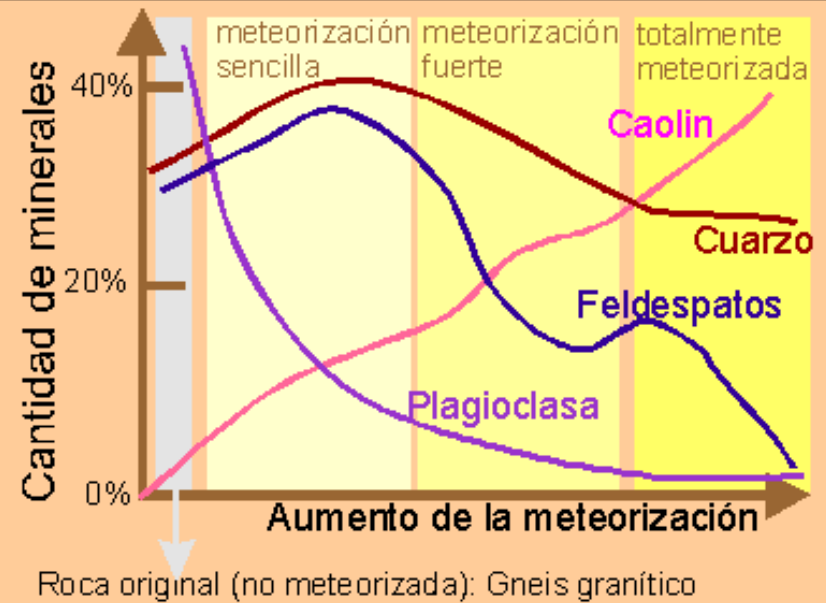
mayor resistencia



menor resistencia

WG98/Sedim05.cdr

Cambios en una roca durante la meteorización



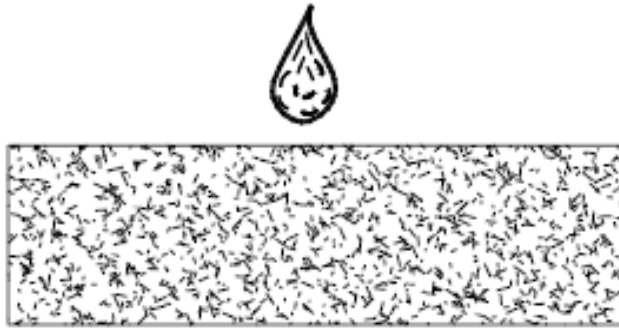
Sedim04.cdr



Factores naturales influyentes en la erosión

Erosión por lluvia

a. Caída de la gota



b. Golpe



c. Desprendimiento



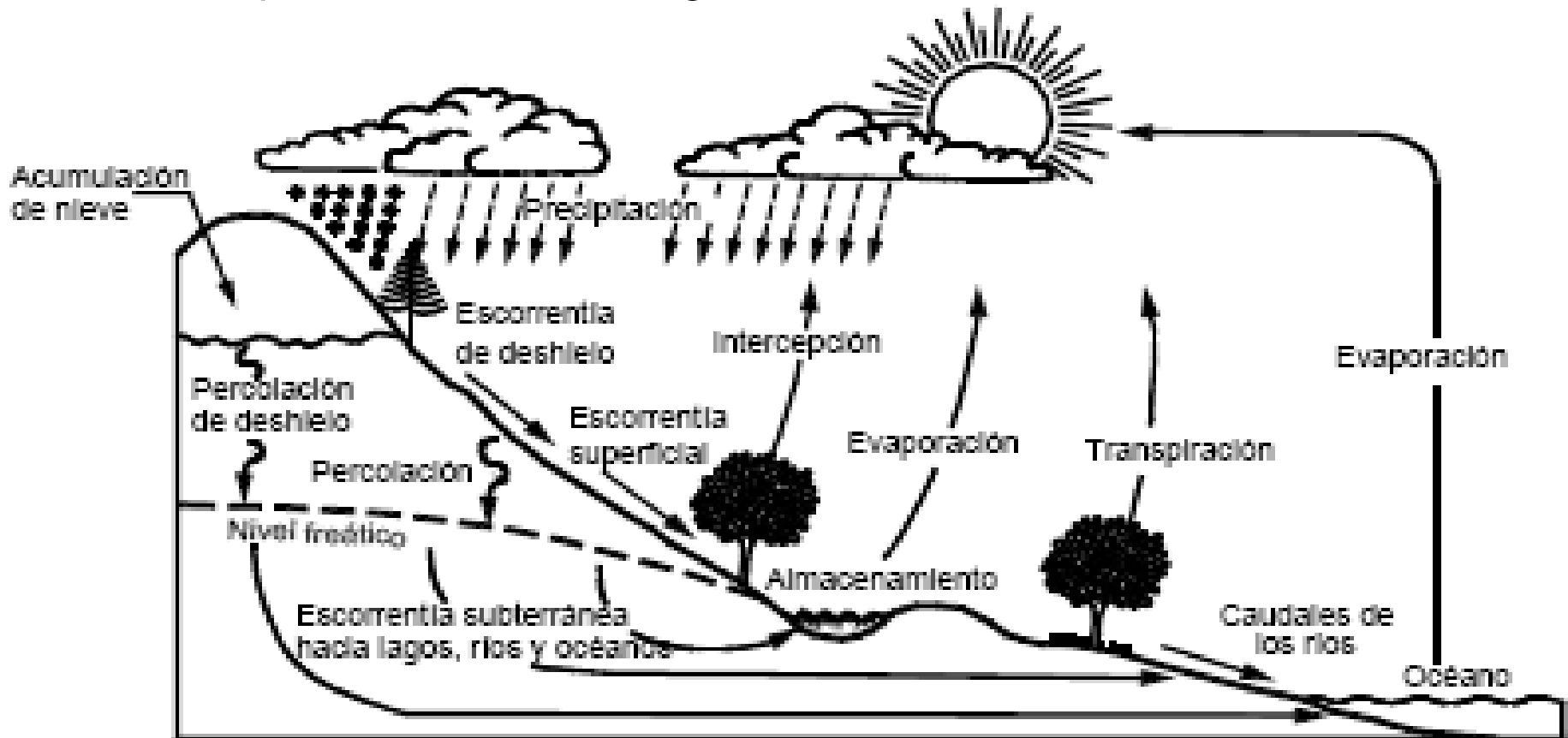
d. Esparcimiento





Factores naturales influyentes en la erosión

Erosión por lluvia. Ciclo del agua



Factores naturales influyentes en la erosión

Cobertura vegetal

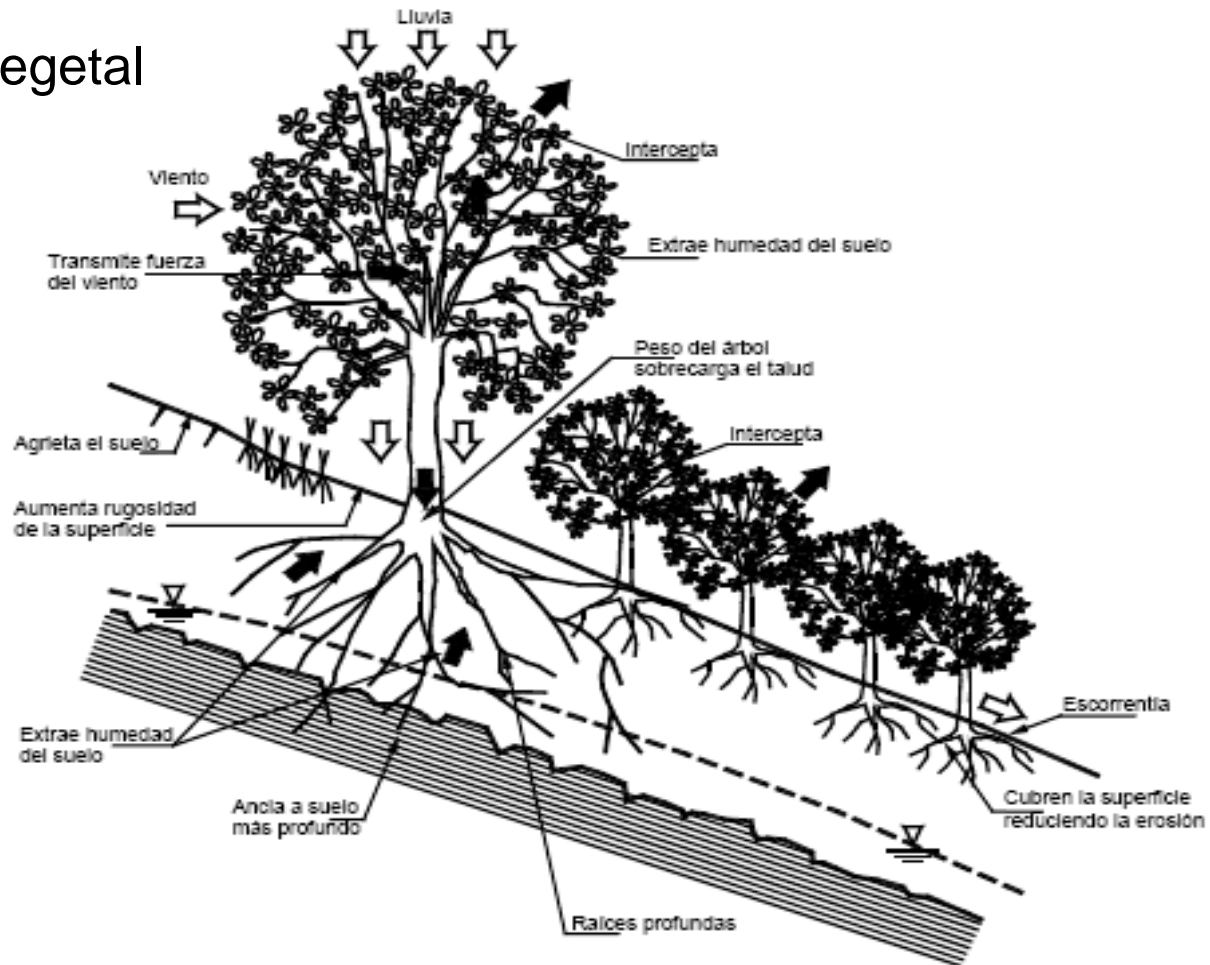


FIGURA 8.4 Efectos de la vegetación sobre la estabilidad de un talud.



Factores naturales influyentes en la erosión

Cobertura vegetal

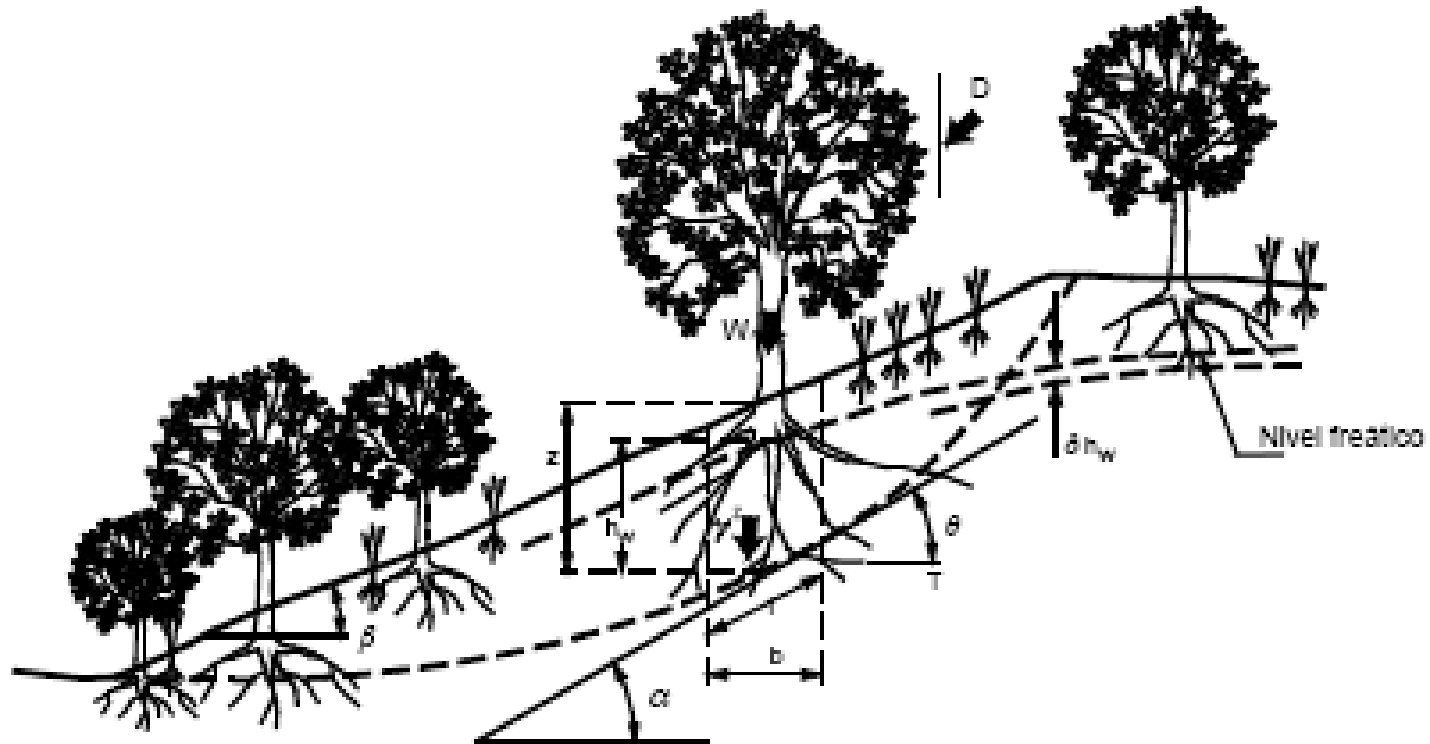


FIGURA 8.6 Efecto estabilizante de las raíces contra deslizamientos de tierra.



Factores naturales influyentes en la erosión

Cobertura vegetal

Factores:

1. Intercepta la lluvia.
2. Aumenta la capacidad de infiltración.
3. Extrae la humedad del suelo.
4. Grietas por desecación.
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante.
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos.
7. Aumentan el peso sobre el talud.
8. Transmiten al suelo fuerza del viento.
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión.

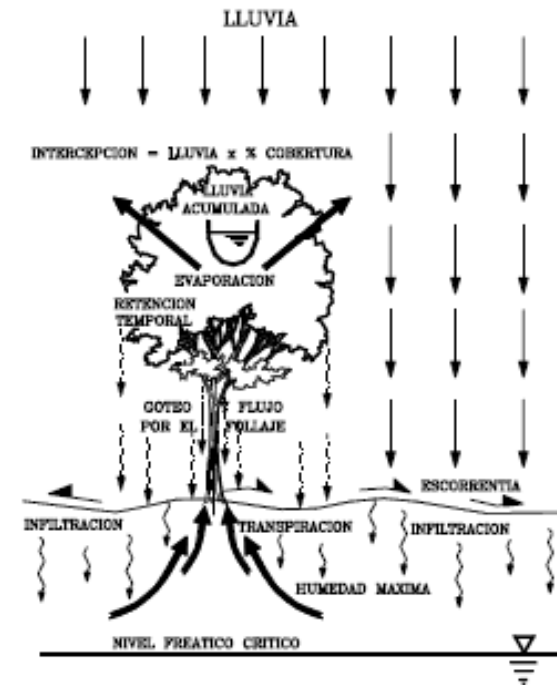


Figura 8.2 Esquema del efecto de la vegetación sobre el modelo hidrológico subsuperficial.

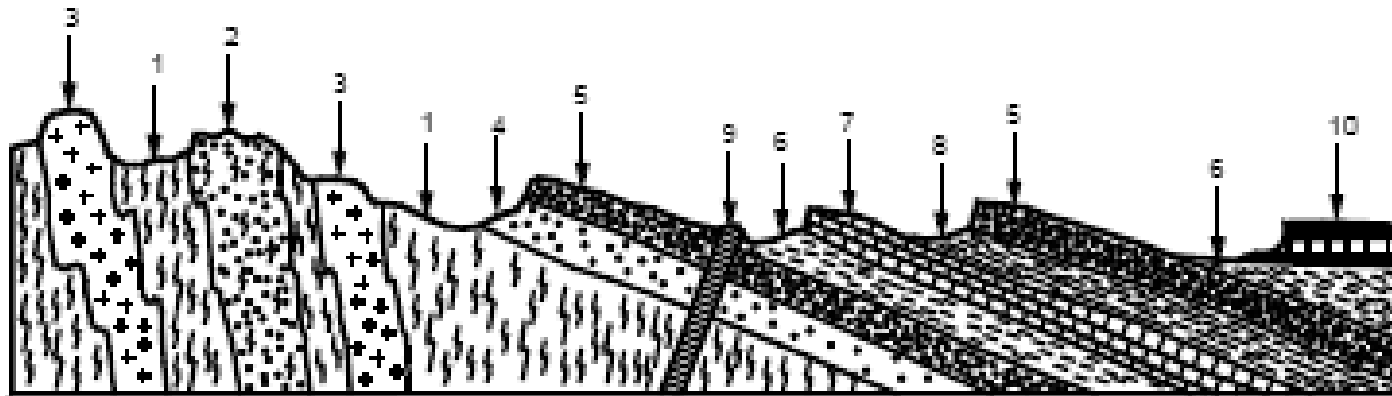
Tabla 8.1 Componentes de la planta y sus funciones

Parte de la planta	Función
Raiz	Anclaje, absorción, conducción y acumulación de líquidos.
Tallo	Soporte, conducción y producción de nuevos tejidos.
Hojas	Fotosíntesis, transpiración



Factores naturales influyentes en la erosión

Topografía



D

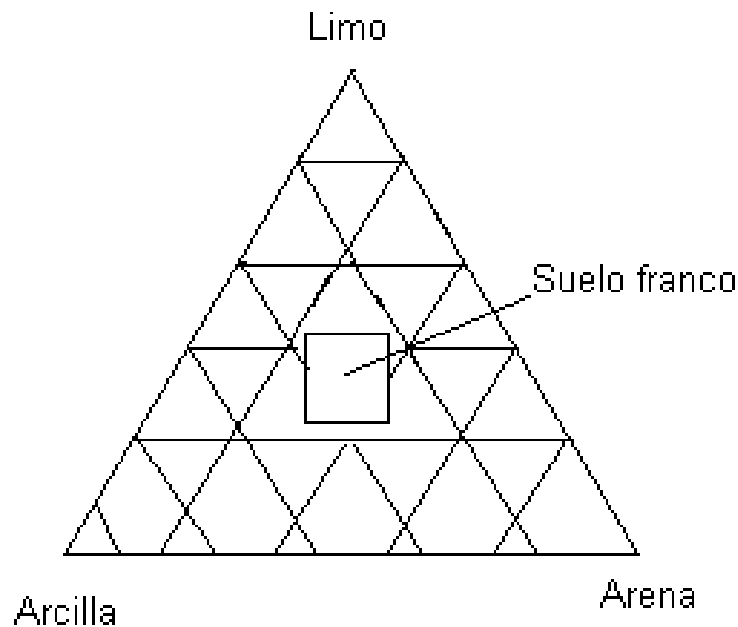
- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1- Esquistos | 6- Arcillolita |
| 2- Cuarzita | 7- Caliza |
| 3- Granitos | 8- Limolita |
| 4- Arenisca arcillosa | 9- Intrusión ignea |
| 5- Arenisca cementada | 10- Flujo de lava cementada |

FIGURA 1.20 Efecto de la litología sobre la erosión y la morfología del terreno.



Factores naturales influyentes en la erosión

Suelos



	mm
Arenas	: 2 - 0,5
Limo	: 0,05 - 0,002
Arcilla	: < 0,002

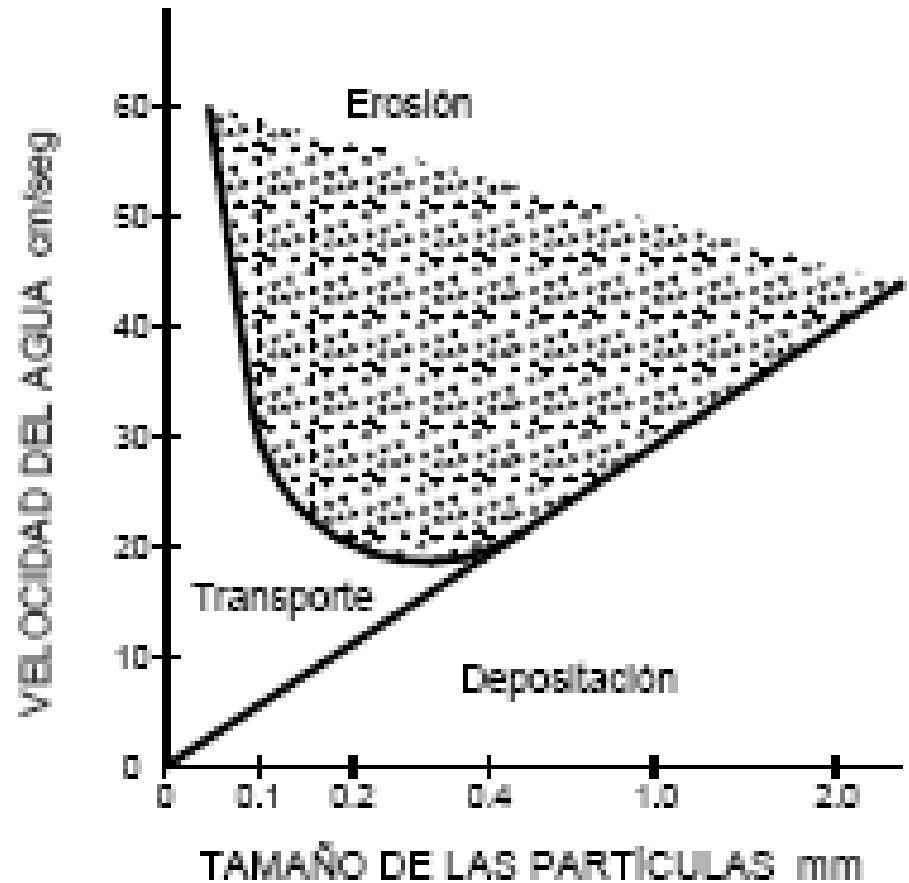
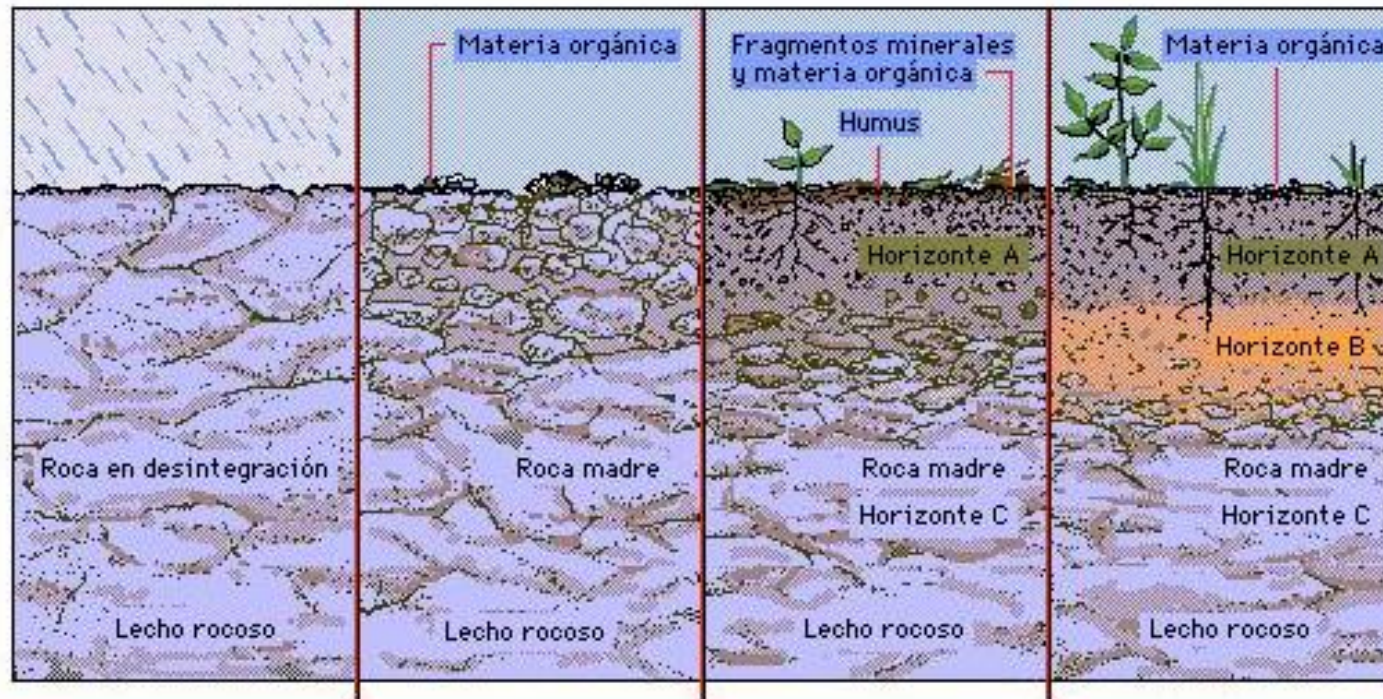


FIGURA 1.16 Velocidades de erosión, transporte y deposición

Factores naturales influyentes en la erosión

Suelos. Formación de suelos. Tipos de suelos





Factores naturales influyentes en la erosión

Suelos. Perfil de suelo tropical

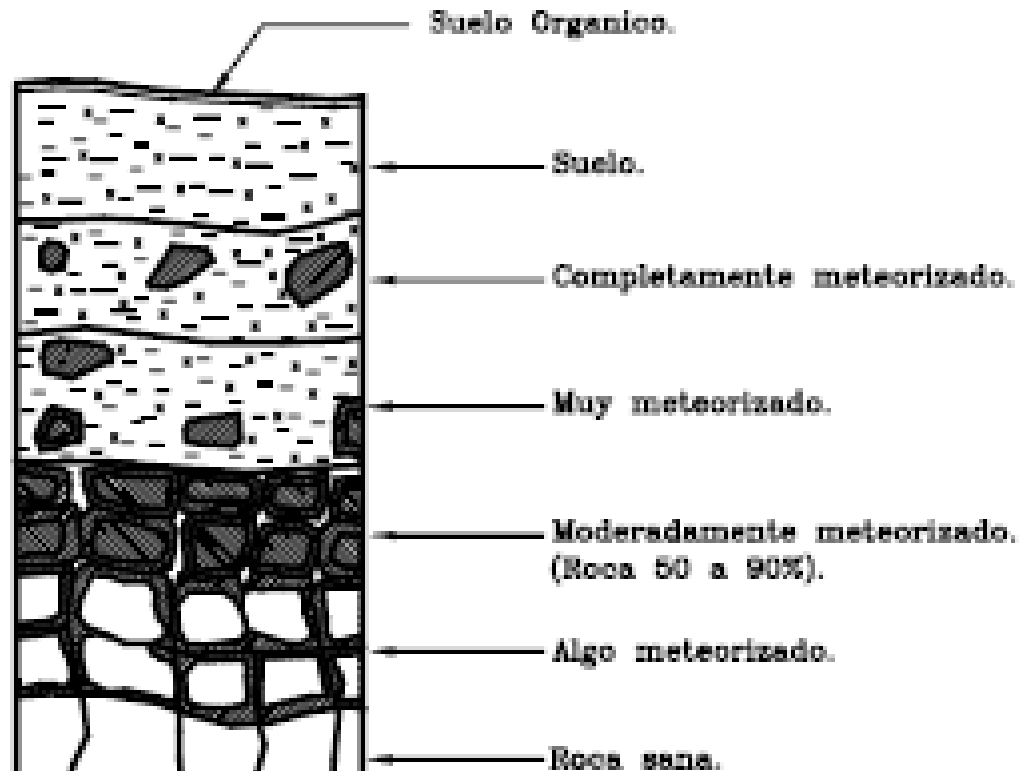


Diagrama de un perfil típico de suelo residual tropical (Según Little-1969).



Factores naturales influyentes en la erosión

Capacidad de Infiltración

Las capacidades de infiltración varían de dos a dos mil quinientos milímetros por hora dependiendo de la cobertura vegetal, pendiente, textura del suelo, humedad natural y prácticas de agricultura. Los suelos más permeables (Tabla 4.1) como las gravas y arenas poseen una capacidad mayor de infiltración.

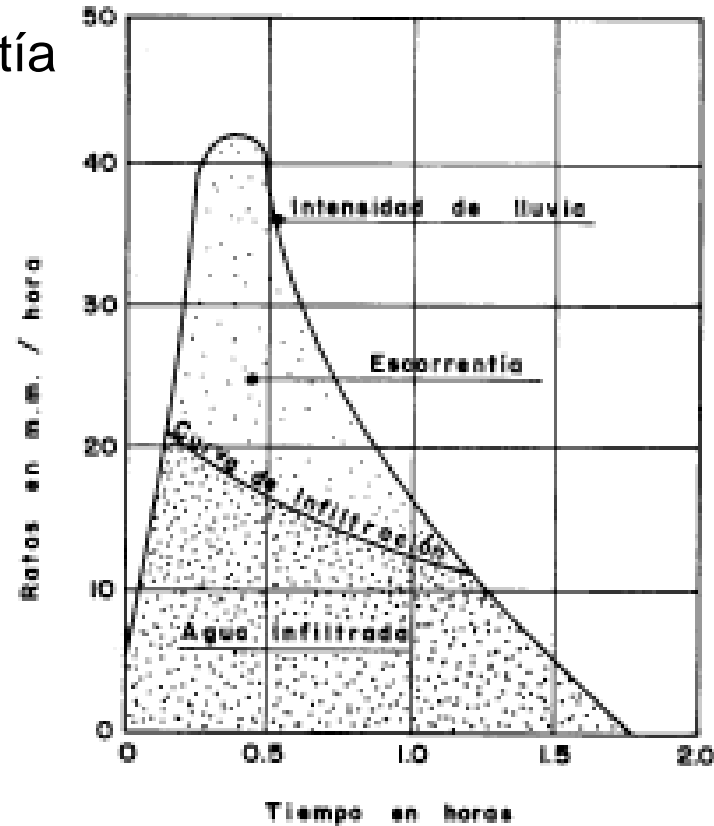
Tabla 4.1.

Coeficientes de Permeabilidad para suelos	
Suelo	Coeficiente K (cm/seg)
Arcillas	$< 1 \times 10^{-9}$
Limos	1×10^{-9} a 1×10^{-7}
Arenas Finas	1×10^{-7} a 1×10^{-5}
Arenas Gruesas	1×10^{-5} a 1×10^{-2}
Gravas	$\geq 1 \times 10^{-2}$



Factores naturales influyentes en la erosión

Infiltración / Escorrentía



Lluvias infiltración y escorrentía durante una tormenta. (A intensidades muy bajas toda el agua se infiltra)



FACTORES NATURALES INFLUYENTES EN LA EROSIÓN

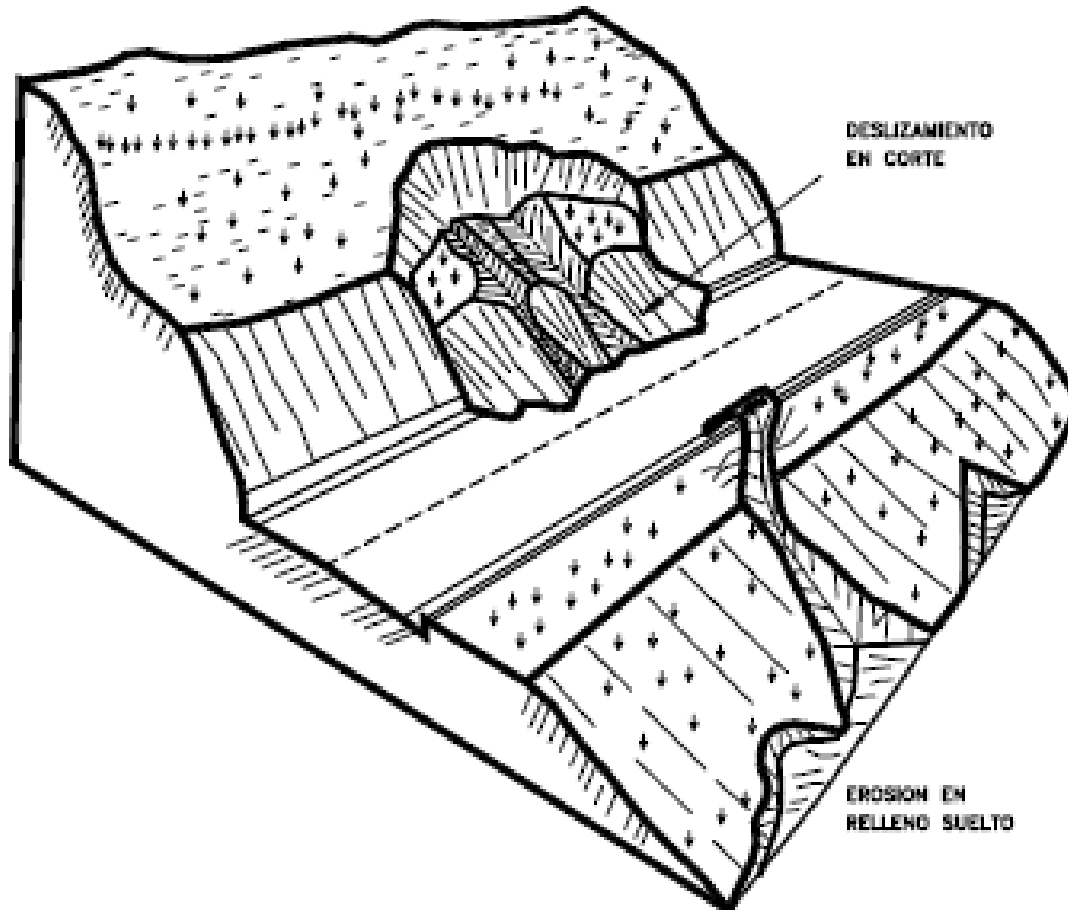
Permeabilidad. Suelos

- Suelos Impermeables:** Rocas, arcilla, limos arcillosos.
- Suelos semi-impermeables:** Arenas limosas, turba, arenas arcillosas, gravas finas con alto contenido arcilloso.
- Suelos permeables:** gravas, arenas, suelos con alto contenido arenoso.



Factores naturales influyentes en la erosión

Actividades antrópicas. Efectos de la modificación topográfica





Factores naturales influyentes en la erosión

Actividades antrópicas. Otros efectos

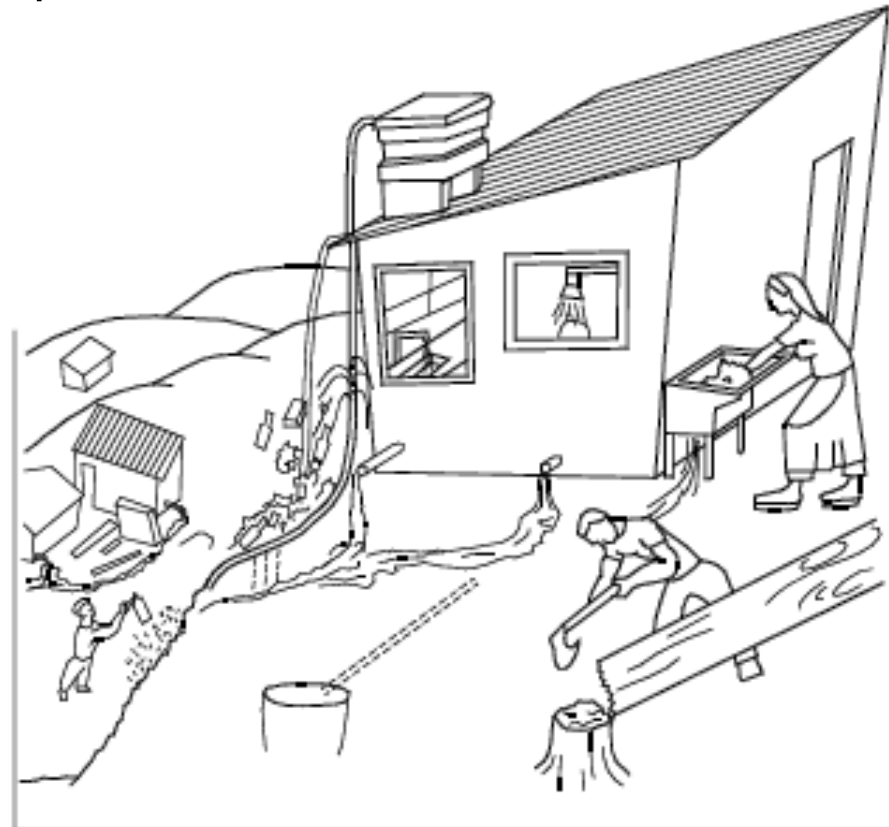
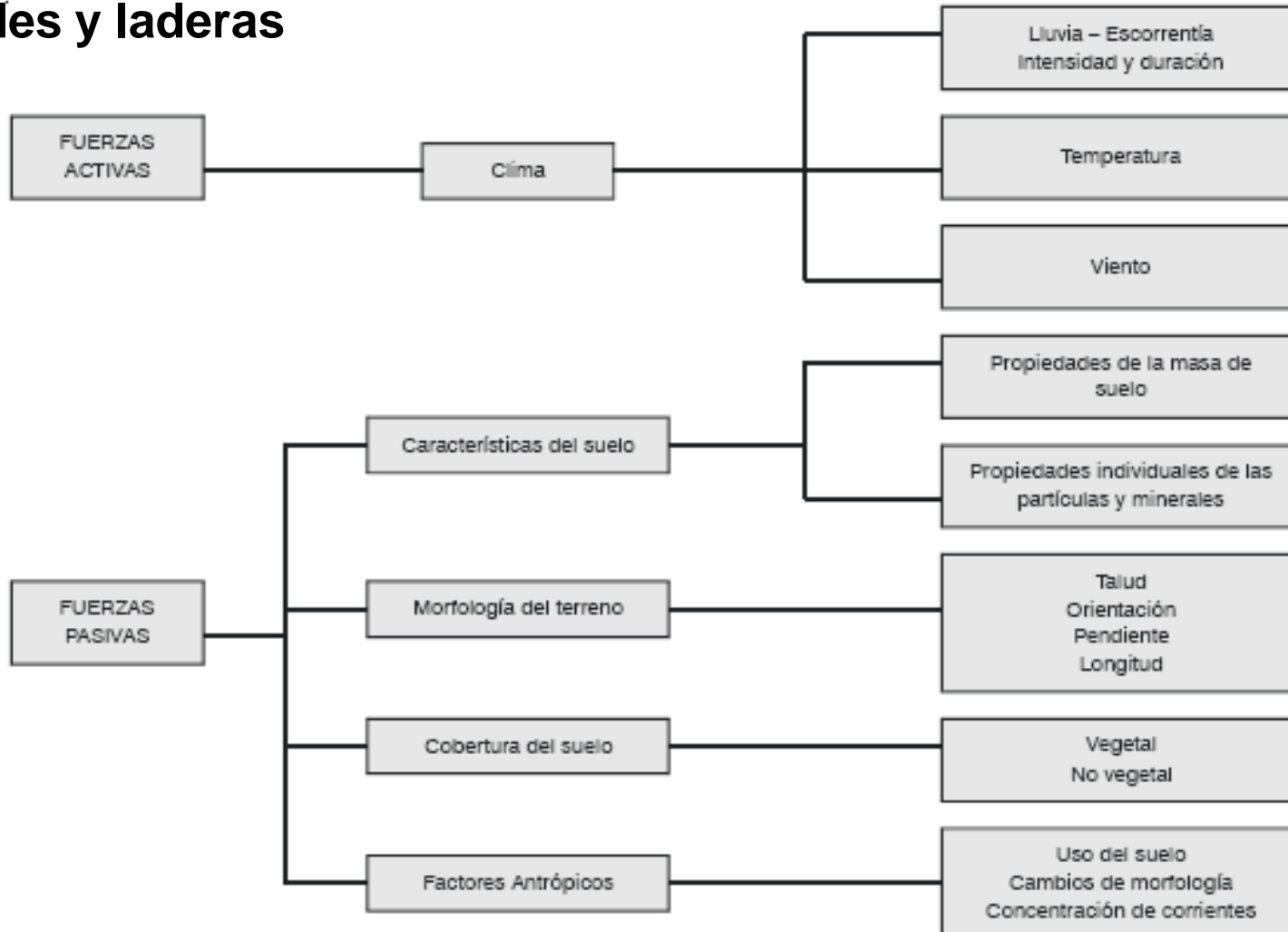


Figura 10.12 Fuentes domésticas de erosión urbana



Factores que afectan la susceptibilidad a la erosión de los taludes y laderas





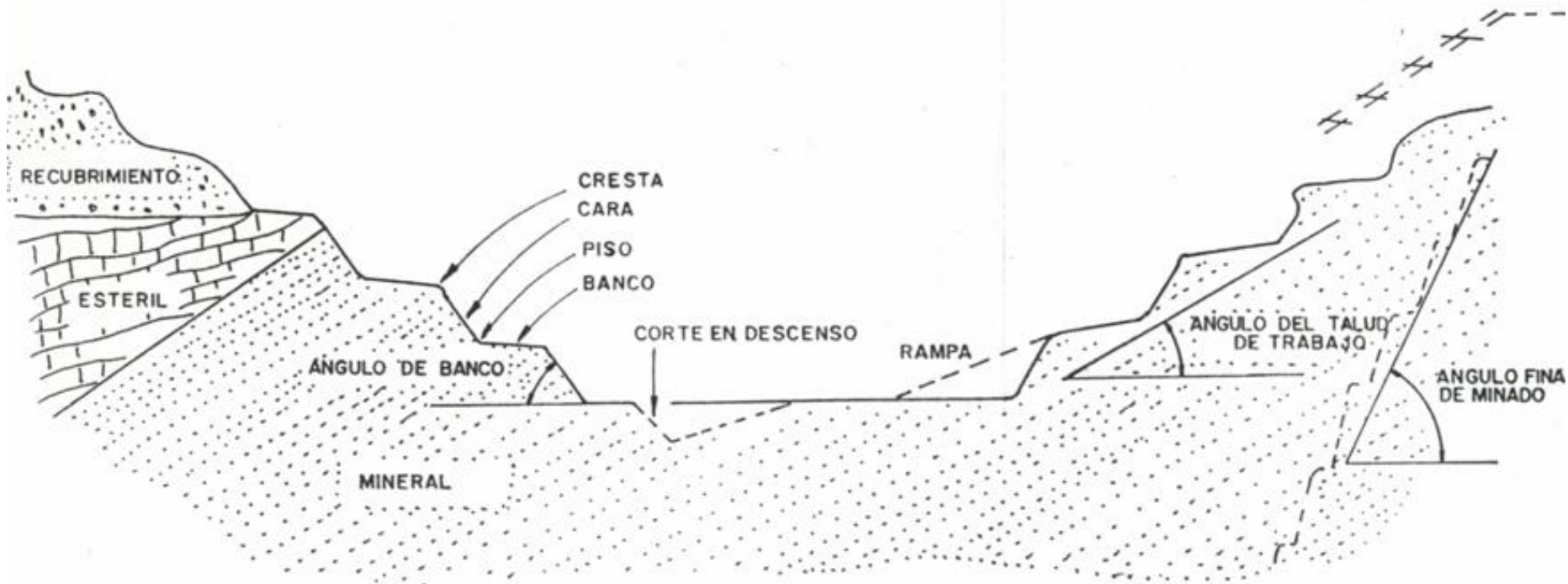
MECANISMOS DE PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

- Factores que potencian la producción de sedimentos
 - Diversidad Mineralógica
 - Selectividad del Método de Explotación
 - Selectividad de la Operación de Arranque
 - Selectividad de la Voladura
 - Efecto de la Energía de Voladura sobre Mena
 - Relación entre mineralogía y fragmentación
- Condiciones Topográficas del Yacimiento
- Disposición Transitoria y/o Final de Estéril



Minería a cielo abierto. Términos utilizados

TERMINOLOGIA UTILIZADA EN LA MINERIA A CIELO ABIERTO





Mecanismos de producción de sedimentos

El «**estéril**» de mina es todo material sin valor económico extraído para permitir la explotación del mineral útil.

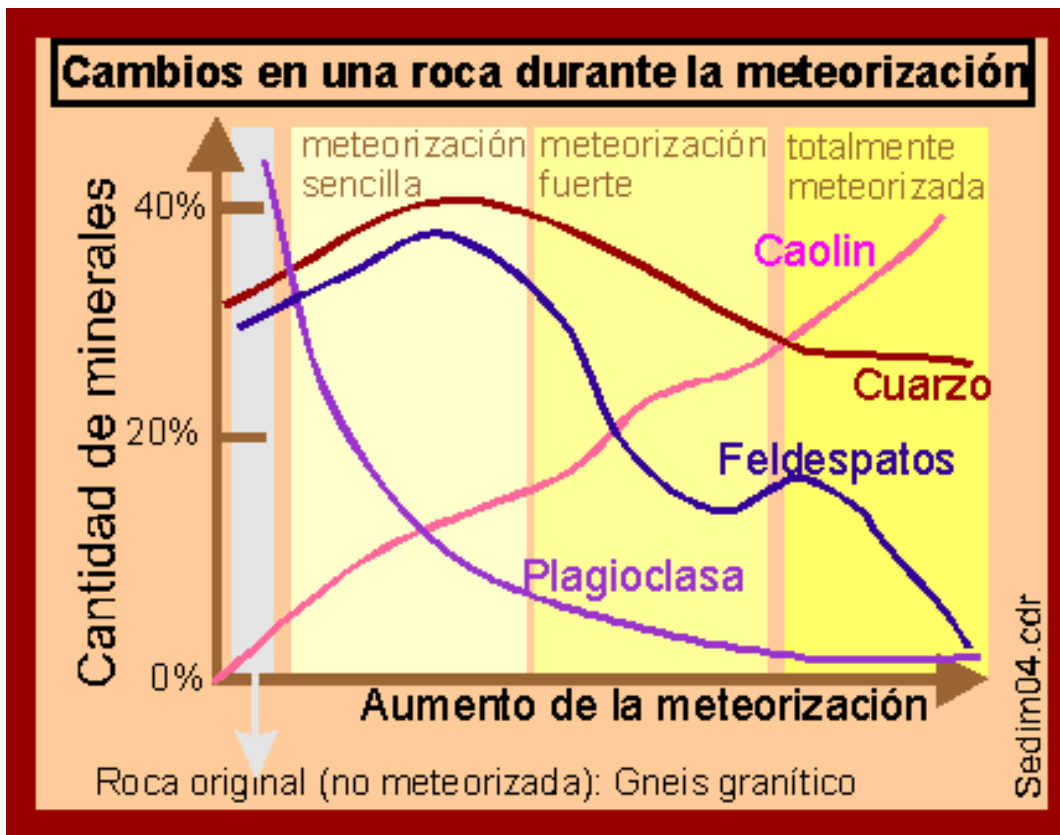
«**Desechos**» son todos los residuos sólidos de las operaciones de tratamiento de los minerales (Sánchez, 1995). Son también llamadas **colas**.



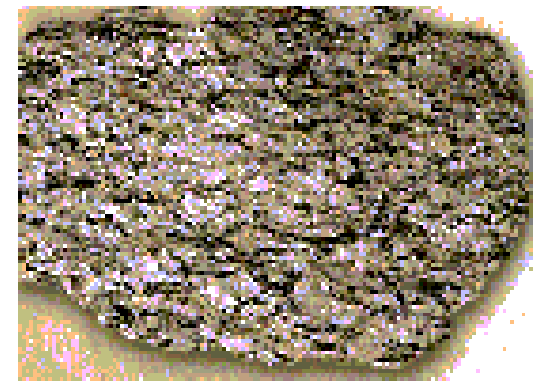


Diversidad mineralógica

Composición mineralógica mayoritaria



Riolita



Gneis



Método de explotación. (*Open cut*)





Método de explotación. (*Open pit*)



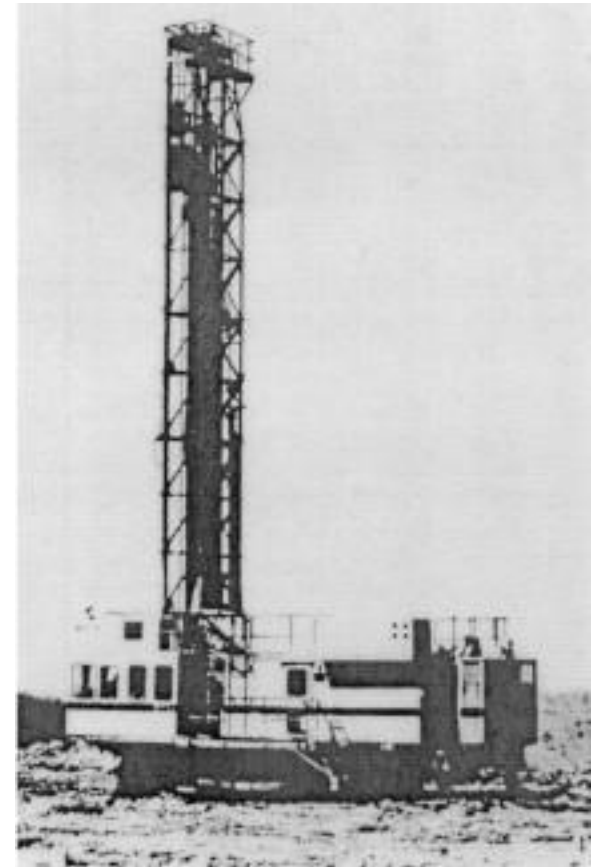


Método de explotación. (*Open pit*)





Selectividad en las voladuras





Selectividad en las voladuras





Selectividad en las voladuras





Selectividad en las voladuras

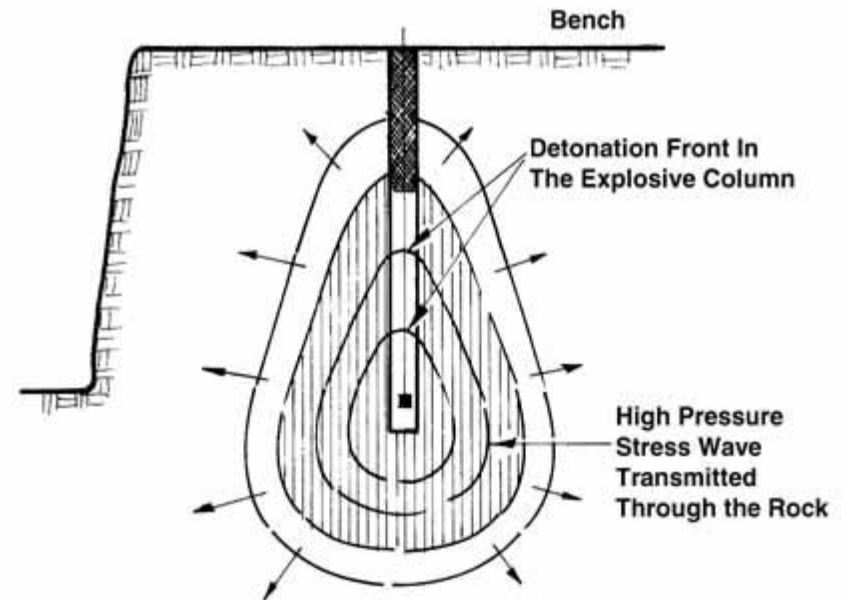
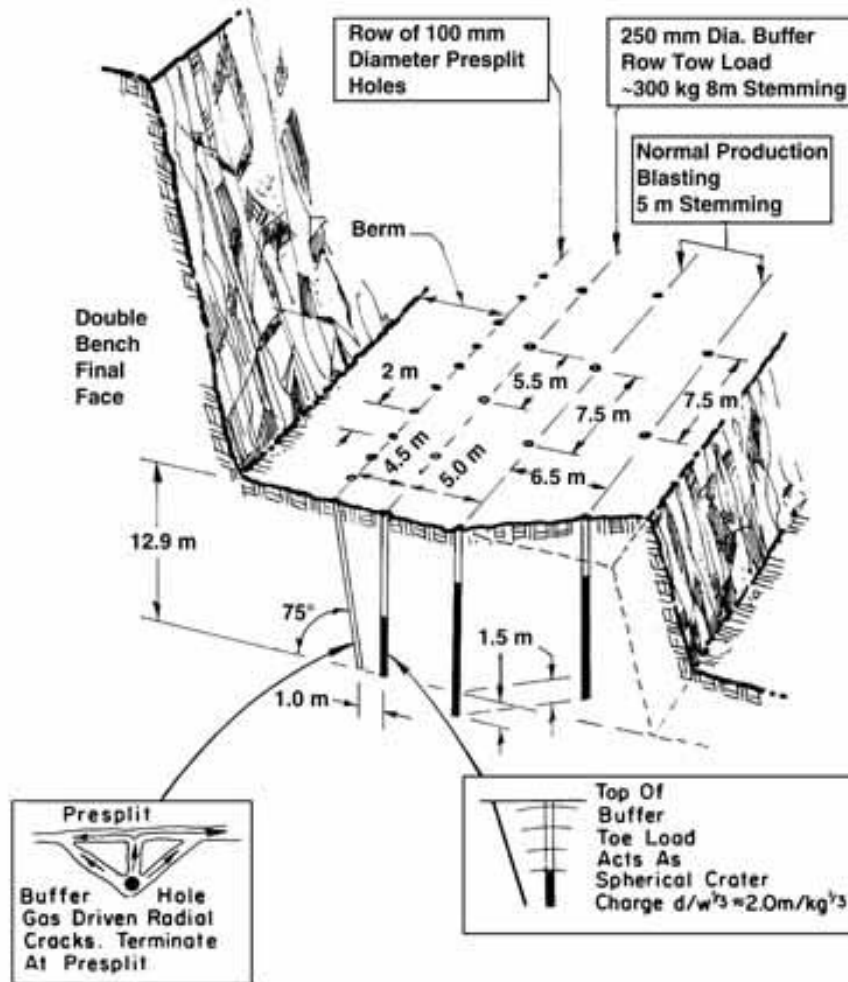




Selectividad en las voladuras



Efectos de la energía de la voladura sobre la mineralogía





Condiciones topográficas del yacimiento



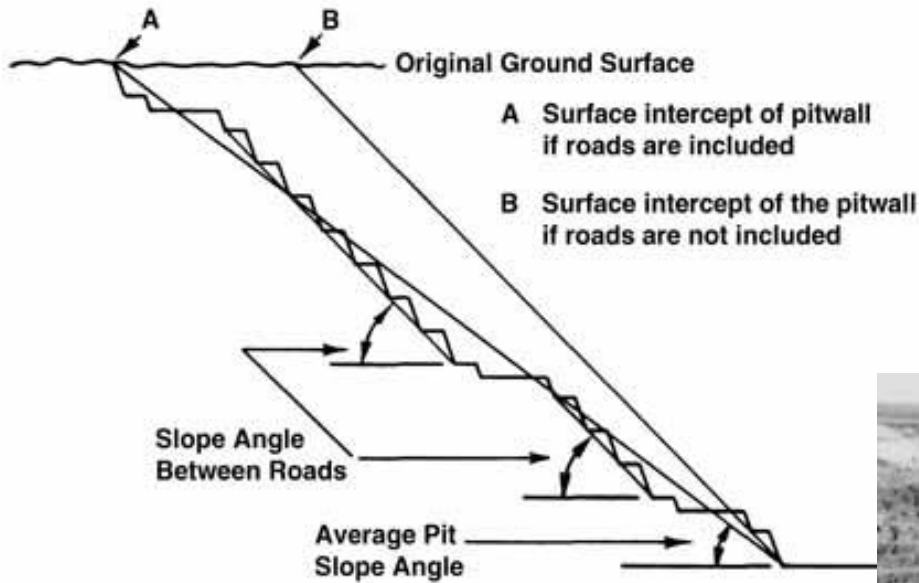


Disposición de los sedimentos. Escombreras





Diseño de mina. Altura de banco





DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

- Disposición de Estériles: Definiciones
- Sitios de Disposición
 - Escombreras
 - Balsa Mineras (Presas de Colas)
- Materiales No Conformes
 - Depósitos
- Proceso de Erosión: Definición
- Mecanismos de erosión y transporte
 - Tipos de erosión aplicados en el caso de estudio



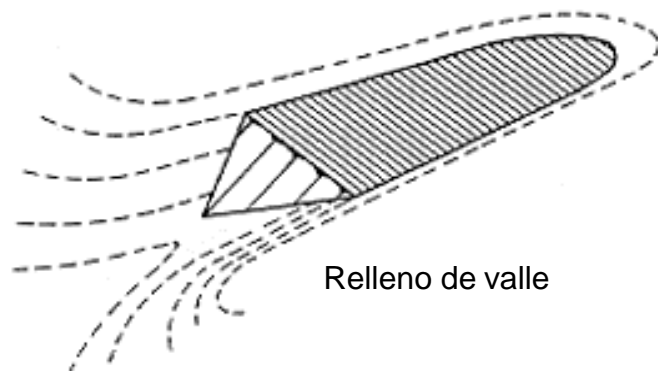
Áreas de disposición de desechos de mina

- Medidas aplicadas
- Criterios de Selección de Sitios de Disposición
 - Escombreras
 - Método de Selección de Sitio
 - Parámetros Geoingenieriles
 - Balsas Mineras
 - Criterios Generales

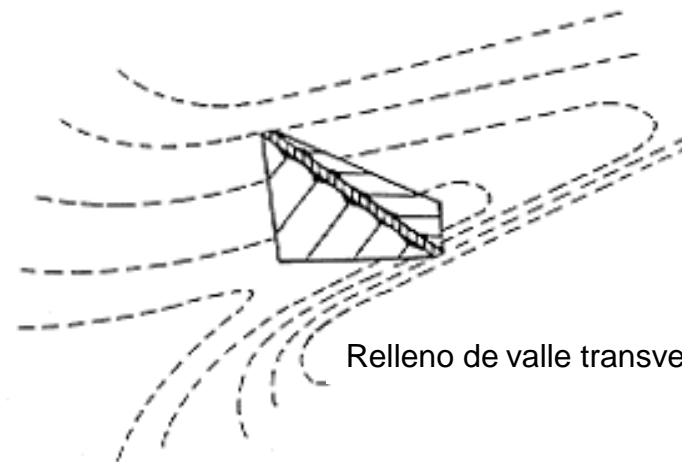


Disposición de residuos sólidos

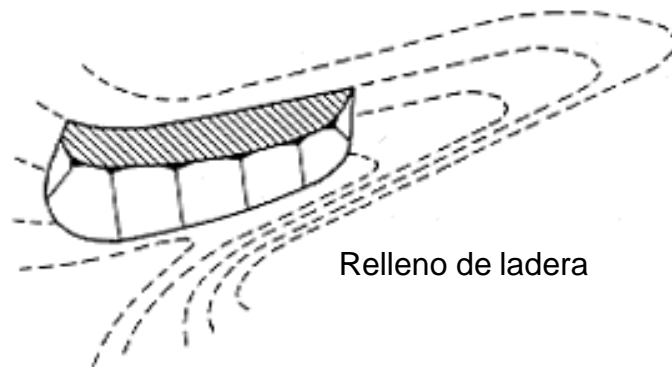
- Escombreras. Por la morfología del emplazamiento



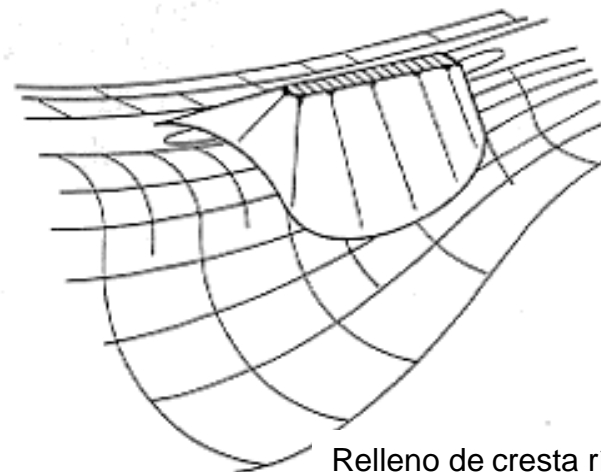
Relleno de valle



Relleno de valle transversal



Relleno de ladera

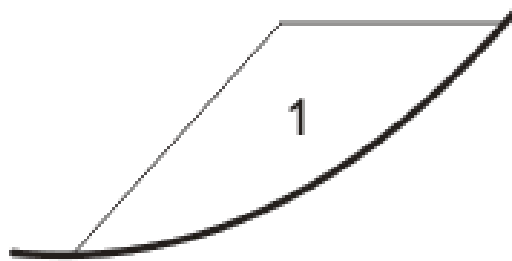


Relleno de cresta rígida

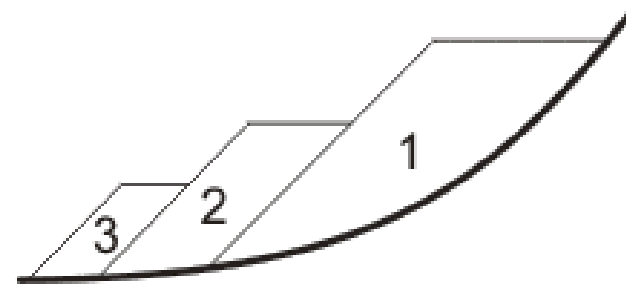


Disposición de residuos sólidos

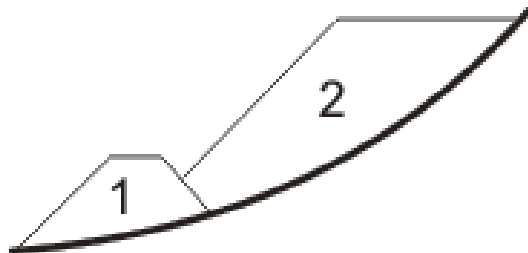
- Escombreras. Por el método constructivo



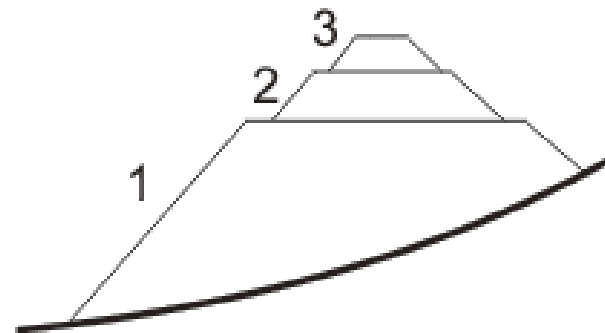
Vertido libre



Vertido por fases adosadas



Dique de retención de pie



Fases ascendentes superpuestas



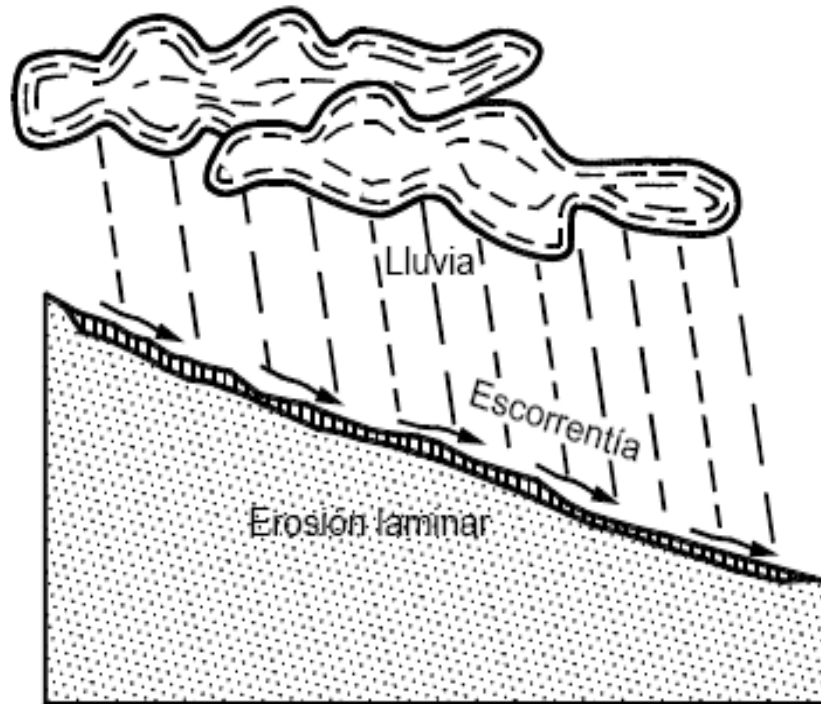
Escombreras





Mecanismos de erosión y transporte

Erosión laminar



Proceso de erosión laminar

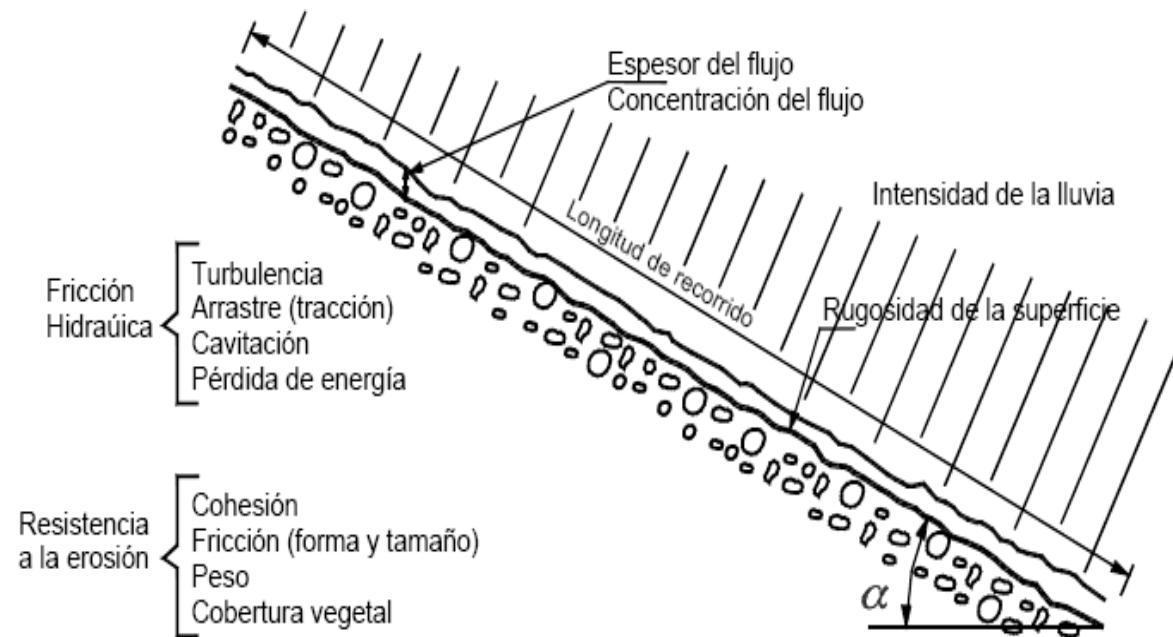
La erosión por golpeteo de la lluvia (*splash erosion*) ocurre por el impacto de las gotas de agua sobre una superficie desprotegida el cual produce el desprendimiento y remoción de capas delgadas de suelo.



Mecanismos de erosión y transporte

Erosión en surcos

Los surcos de erosión se forman por la concentración de agua en los caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie del talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas de suelo, formando surcos (*rills*).

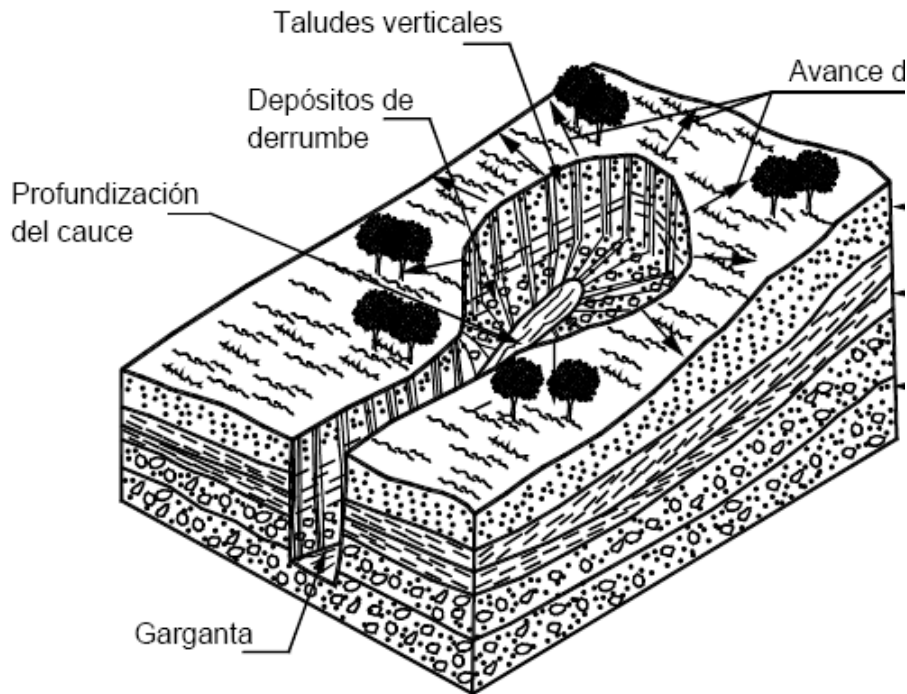


Elementos que intervienen en la formación de surcos



Mecanismos de erosión y transporte

Erosión en cárcavas



Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava. Además, las cárcavas son cauces de concentración y transporte de agua y sedimentos.

Esquema general del proceso de erosión en cárcavas

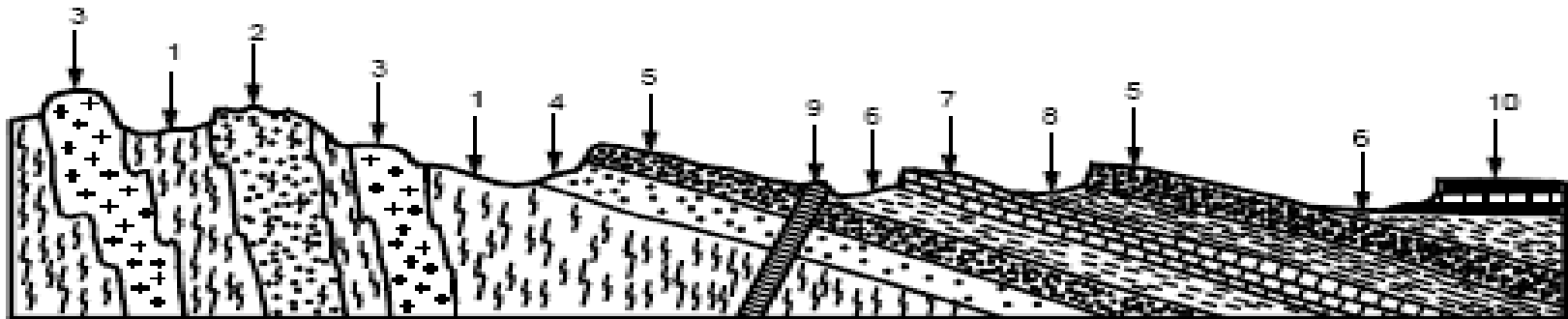


Erosividad

Las pérdidas del suelo están estrechamente relacionadas con la lluvia, en parte por el poder de desprendimiento del impacto de las gotas al golpear el suelo y, en parte, por la contribución de la lluvia a la escorrentía superficial.

Erosionabilidad

La erosionabilidad es la susceptibilidad o facilidad con que un suelo es desprendido y transportado por los fenómenos erosivos.



D

- 1- Esquistos
- 2- Cuarcita
- 3- Granitos
- 4- Arenisca arcillosa
- 5- Arenisca cementada

- 6- Arcillolita
- 7- Caliza
- 8- Limolita
- 9- Intrusión ignea
- 10- Flujo de lava cementada



Contaminación de las aguas por partículas sólidas

Contaminante	Origen	Efectos / impactos	Indicadores	Medidas de control
Partículas sólidas	# de drenajes. # de focos de erosión. # de efluentes del beneficio.	Aumento de la carga de sedimentos de los cursos de agua. Disminución de la luminosidad. Sedimentación de los cursos de agua, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones. Disminución de la productividad primaria (debido a la reducción de la fotosíntesis).	Sólidos en suspensión. Sólidos disueltos. Sólidos sedimentables. Sólidos totales Turbidez. Color.	Implementación de sistema de drenaje con miras a minimizar la cantidad de agua que circula en el área de operación. Cuenca de sedimentación. Adición de sustancias coagulantes. Clarificación.



Erosionabilidad

Cuadro 6 - Valores máximos de velocidad de flujo para evitar erosión

Tipo de fondo	Vel. máxima (m/s)	Inclinación (%)
Arcillo-arenoso	0,75	0,5
Arcillo-siltoso	0,80	1,0
Arcilloso	1,20	2,0
Mezcla de arcilla y pedrisco	1,50	2,5
Roca	2,40	4,0

Tendencias generales de la erosionabilidad

Como tendencia general de la erosionabilidad se pueden hacer las siguientes observaciones:

- La erosionabilidad es baja en gravas gruesas bien gradadas
- La erosionabilidad es alta en limos y arenas finas uniformes
- La erosionabilidad disminuye con el aumento del contenido de materia orgánica
- La erosionabilidad aumenta al aumentar la relación de vacíos
- La erosionabilidad aumenta con el incremento del contenido de iones de Na
- La erosionabilidad aumenta al aumentar la pendiente del talud
- La erosionabilidad aumenta al aumentar la longitud del canal.



¿Preguntas? ¿Inquietudes?

