

UNIDAD 2 - GEOMORFOLOGIA DINAMICA

- Agentes y procesos geomorfológicos. Acciones elementales: meteorización, erosión, transporte y depositación. Factores condicionantes en los procesos geomorfológicos: clima, litología y tectónica.
- Meteorización y erosión. Tipos de formas resultantes de ambos procesos. Agentes de erosión. Factores que controlan la erosión. Mecánica del proceso erosivo.
- Métodos de estudio y evaluación de la erosión.

Geomorfología Dinámica - 1



Geometría (forma) = f (estructura, proceso, tiempo).

Geomorfología Dinámica - 2

Los planteamientos realizados luego de Davis se concretaron en tres áreas bien definidas:

Geomorfología dinámica: análisis de causas y cuantificación de procesos. Estudia todos los agentes de modelados y sus diferentes formas de actuación (procesos morfofenéticos), sin tener en cuenta las combinaciones regionales.

Geomorfología climática: análisis de las relaciones ambientales y la distribución de dichos procesos según contextos climáticos. Estudio del relieve en sus relaciones con el clima. Este va a depender de la forma en que las rocas han sido esculpidas por determinados agentes, actuando de determinadas formas, en unos ámbitos concretos y en función de las características climáticas que ahí se den.

Ej: SISTEMA MORFOCLIMÁTICO (SM) = Conjunto de agentes y procesos que actúan en cada una de las zonas climáticas. Cada SM presenta un agente dominante y característico del mismo. Ej.:

Templado-húmedo = dominio de los grandes ríos y cuencas hidrológicas;

Árido y semi-árido = escorrentías esporádicas, viento;

Geomorfología estructural: Se ocupa de los aspectos estructurales y los relieves en los que la constitución litológica y composición se manifiestan como acciones dominantes.

Ej: SISTEMA MORFOGENÉTICO = cuando se considera también el papel en el relieve de la morfoestructura y la litología. Implica: una localización geográfica concreta y una evolución cronológica determinada.

Agentes y procesos geomorfológicos - 1

- **Morfogénesis** = proceso complejo que depende de la interacción dinámica entre agentes y materiales geológicos.
- Geoforma depende de un **Proceso** y este de un **Agente + Acción**.



Agentes y procesos geomorfológicos - 2

- Proceso geomorfológico = Agente + Acción
- “Un **agente geomorfológico** es un medio natural capaz de capturar y transportar material terrestre” (Thornbury, 1969)
- “Los **agentes** son medios para transferir energía..” (Pedraza Gilsaenz, 1996)
- Exógenos: ríos, glaciares, viento, olas, etc.
- Endógenos: placas litosféricas, magma
- ¿Cuál es el papel de la Gravedad?

Agentes y procesos geomorfológicos - 3

- Las **acciones** de los agentes a nivel elemental:
 - Descomposición o desfragmentación de la materia
 - Arranque o erosión
 - Transporte o denudación
 - Sedimentación o agradación
- **Productos morfológicos**:
 - Elementos ej.: barras aluviales (agradación)
 - Formas simples ej.: llanura aluvial, terraza (agradación y erosión)
 - Formas compuestas ej.: sistema de terrazas (erosión + tectonismo)

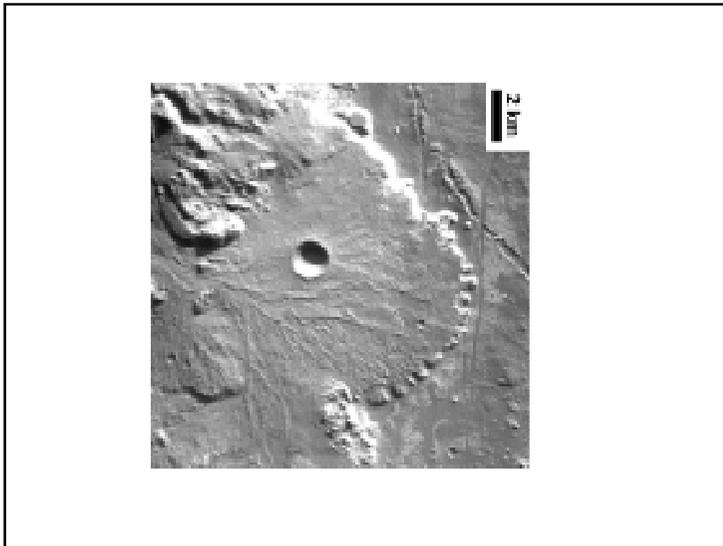
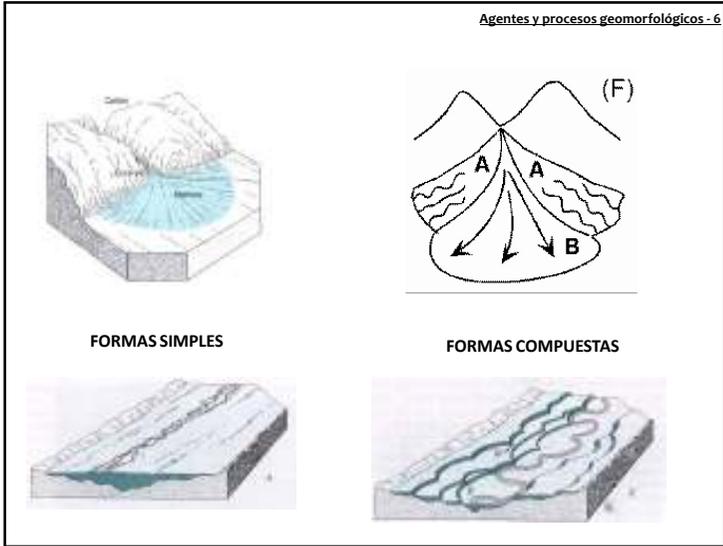
Agentes y procesos geomorfológicos - 4

Procesos geomorfológicos

- Erosión eólica (viento + erosión)
- Agradación fluvial (agua + sedimentación)
- Formación de terrazas (agua + erosión)
- Agradación material piroclástico (vulcanismo + sedimentación)
- Desplazamiento vertical por falla (esfuerzo tectónico + desplazamiento)
- Etc.

Agentes y procesos geomorfológicos - 5

- **Procesos Elementales**
 - Son los procesos exógenos en el sentido más estricto y configuran secuencias de acciones:
 - Ej: Río funcionando sin interferencia tectónica y estabilidad climática .
 - Corresponde a desarrollos temporales de muy corta duración.
 - Sus productos son elementos geomorfológicos y las formas simples:
 - Una llanura aluvial, una duna, un complejo morrénico.
- **Procesos Complejos**
 - Procesos elementales funcionando como un sistema abierto y acumulativo a lo largo del tiempo; esto da lugar a un producto compuesto:
 - Ej: Río con modificaciones en su nivel de base por causas tectónicas o climáticas, dando lugar a sobreexcavación, abandono de la antigua llanura aluvial y formación de una terraza.
 - Sus productos son las formas mayores o compuestas:
 - Sistemas de terrazas, sistema de dunas, cuenca glaciar, etc.
- **Asociación de Procesos Morfogenéticos**
 - Tipos de relieve
 - » Ej: paisaje granítico



Factores condicionantes en los procesos geomorfológicos - 1

- Factores condicionantes
 - Estructura - Litología - Clima

The block contains several diagrams. On the left, a grid of eight small diagrams showing different erosion patterns and landforms. On the right, a geological cross-section diagram showing different rock layers: caliza (limestone), lutita (clay), riolita (rhyolite), arenisca (sandstone), and cuarcita (quartzite). Arrows indicate erosion rates: 'duro, resistente' (hard, resistant) for caliza and 'blando' (soft) for lutita, riolita, arenisca, and cuarcita. At the bottom right, there is a globe showing a global distribution of erosion patterns.

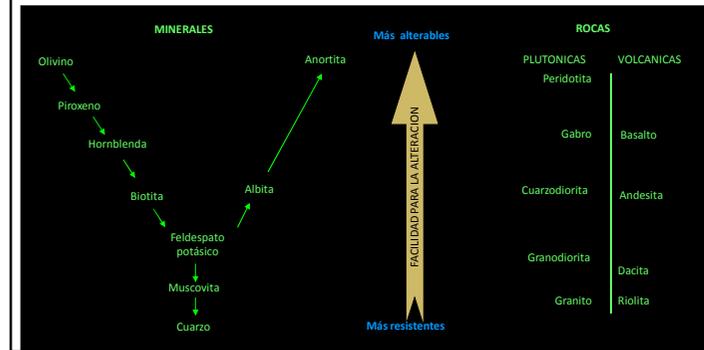
Acciones elementales: meteorización - 1

- “La meteorización es un proceso general que experimentan los materiales en la Litosfera, como respuesta a las condiciones de proximidad o contacto con la Atmósfera, Hidrosfera y Biosfera” (Brunsdén, 1979)



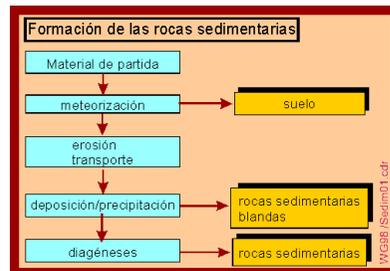
Acciones elementales: meteorización - 2

- Meteorización = Adaptación de los materiales geológicos a las condiciones de presión y temperatura ambientales en superficie (o cerca de ella) mediante transformaciones físicas y químicas



Acciones elementales: meteorización - 3

- La meteorización es la descomposición de la roca, en su lugar; sería un proceso estático
- Se posibilita así la remoción y el transporte de detritus en la etapa siguiente que vendría a ser la erosión



Acciones elementales: meteorización - 4

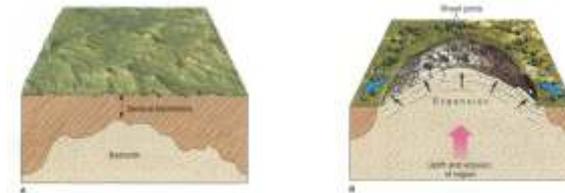
- Las primeras acciones en la meteorización son mecánicas y conducen a la desagregación o fragmentación (meteorización física).
- Luego, las transformaciones químicas conducen a la descomposición de los minerales (hidrólisis, disolución, etc.).
- Estos cambios implican:
 - Evolución hacia estados de mayor equilibrio
 - Transformaciones irreversibles
 - Formación de nuevos minerales
 - Concentración de minerales menos alterables
 - Preparación de la roca para su erosión

Meteorización Física - 1

- METEORIZACIÓN FÍSICA: Se origina a partir de distintos procesos asociados a **cambios de volumen** (expansión y expansión-contracción) y **acuñamiento**, debido a acciones como:
 - Empapamiento-deseccación
 - Crecimiento de cristales
 - Alivio de carga
 - Termoclastismo
 - Crecimiento de raíces.
 - etc.

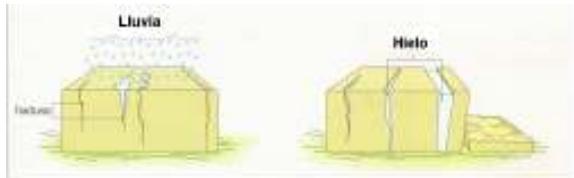
Meteorización Física - 2

Alivio de carga



Meteorización Física - 3

Crecimiento de cristales (termoclastía)



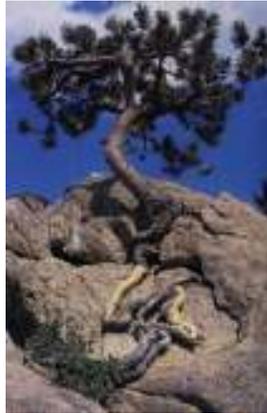
Meteorización Física - 4

Pedrera o canchales por gelifracción



Meteorización Física - 5

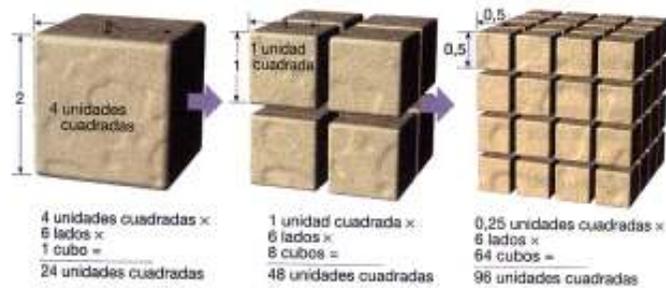
Crecimiento de raíces



Meteorización Química - 1

- METEORIZACIÓN QUIMICA:
 - Conduce a la descomposición de los minerales debido a reacciones como:
 - . hidrólisis
 - . hidratación
 - . disolución
 - . oxidación-reducción
 - . carbonatación

Meteorización Química - 2



A mayor fragmentación de la roca (meteorización física) mayor y más rápido ocurre la acción química

Meteorización Química - 3

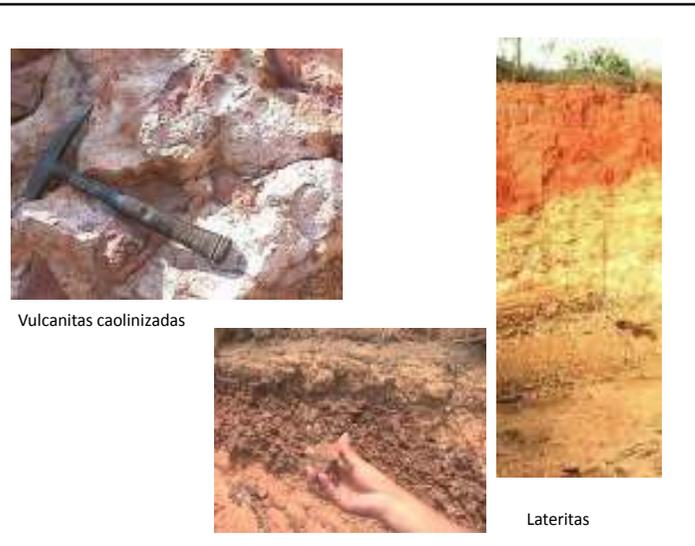
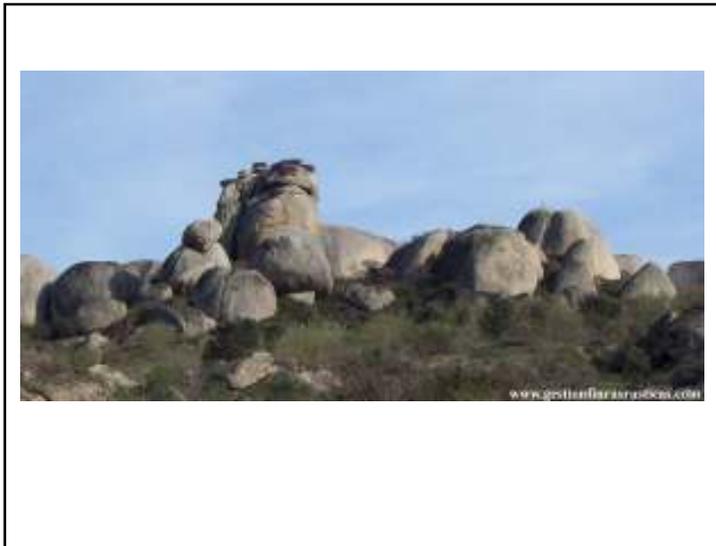
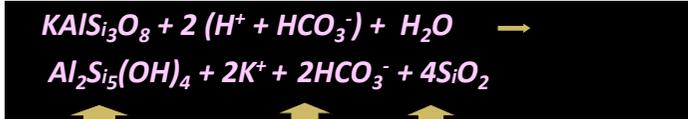
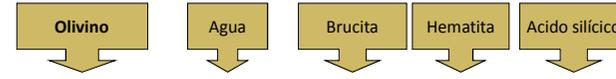
Hidrólisis

- Proceso más común de descomposición de las rocas cristalinas dando lugar a las arcillas de neoformación.
- Generación de arenizaciones, mantos meteorizados y similares que posibilitan el desarrollo de morfologías particulares en rocas cristalinas, sobre todo graníticas.
- Formación de calcretas, silcretas, ferricretas, etc. Y en general suelos residuales del tipo lateríticos (férricos) y bauxíticos (alumínicos).

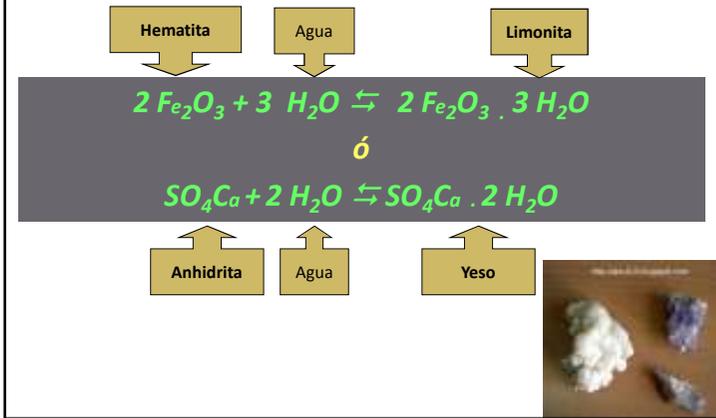
Arenización



Hidrólisis-1



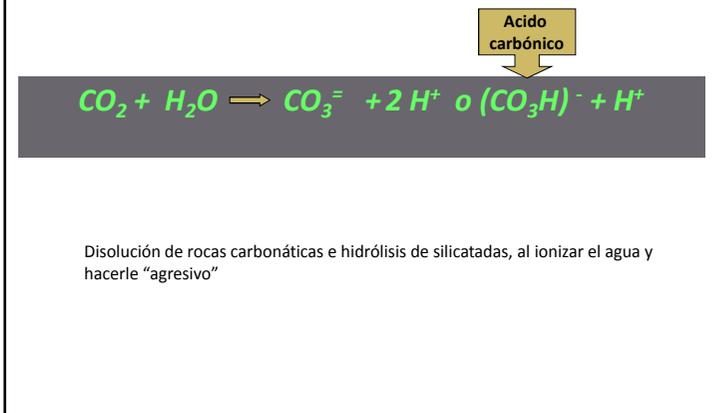
Hidratación-1



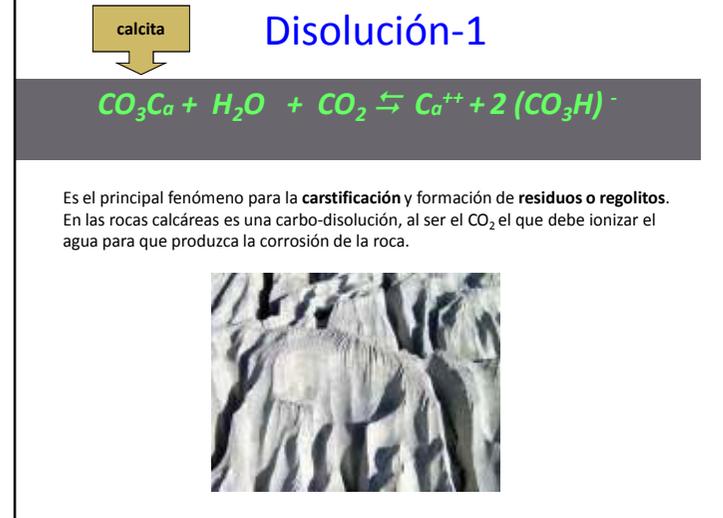
Hidratación-2

- Es un fenómeno importante en la generación de nuevos minerales que, al modificar sus propiedades, pueden ser más vulnerables a otras alteraciones.
- Acompaña a muchas otras reacciones en especial la hidrólisis y favorece la disolución.

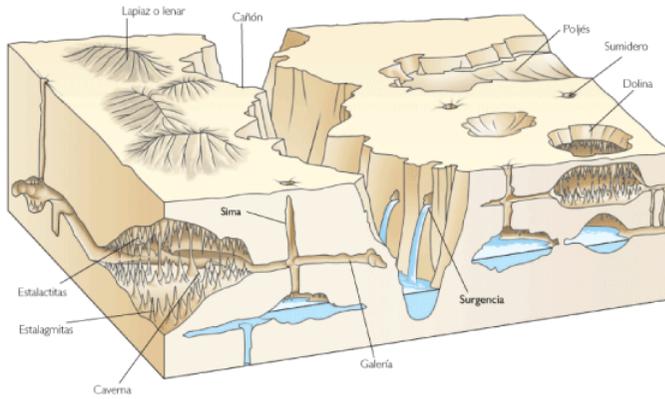
Carbonatación-1



Disolución-1



Disolución de rocas calcáreas-1

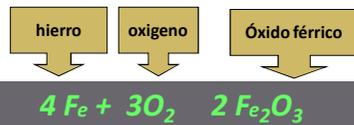


Dolina



Cañón cárstico

Oxidación-Reducción -1



No da productos específicos aunque interviene en todos los procesos de meteorización formando monteras, pátinas, etc.

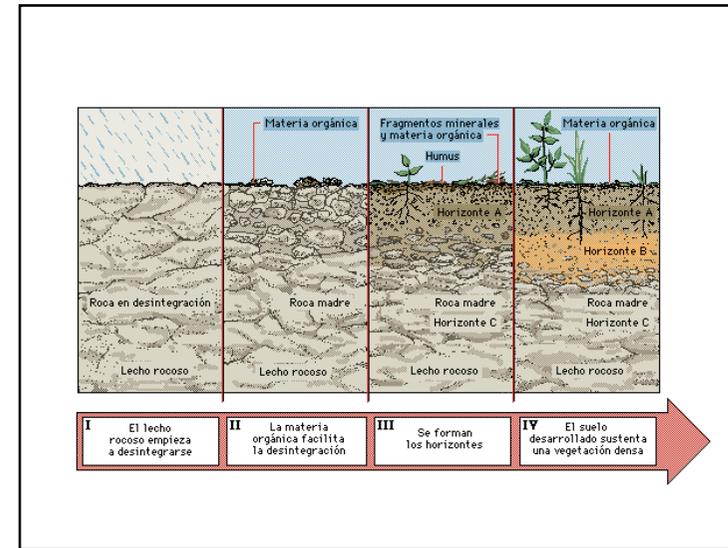


Factores que controlan la modalidad y eficacia de la meteorización - 1

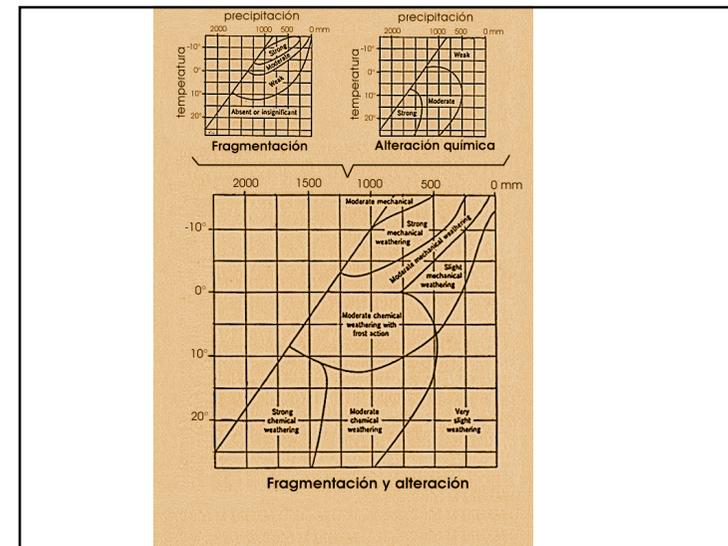
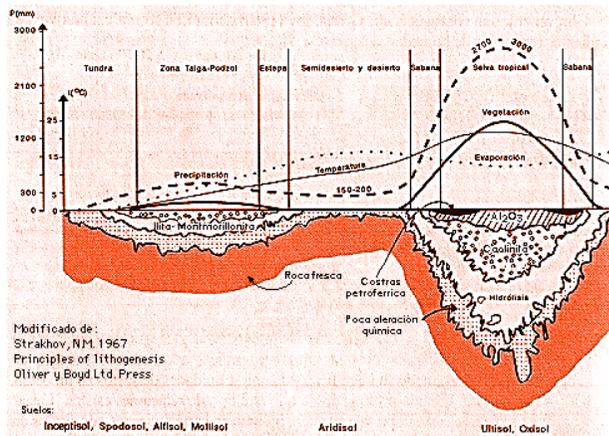
- Tipo de material
 - Composición
 - Porosidad
 - Textura
 - Etc.
- Ambiente climático
- Topografía

Factores que controlan la modalidad y eficacia de la meteorización - 2

- Tipo de material
 - Rocas silicatadas e hidrólisis
 - Rocas carbonáticas, yesíferas y salinas y disolución
 - Rocas ferruginosas y procesos de óxido-reducción
 - Rocas cuarcíticas y fragmentación

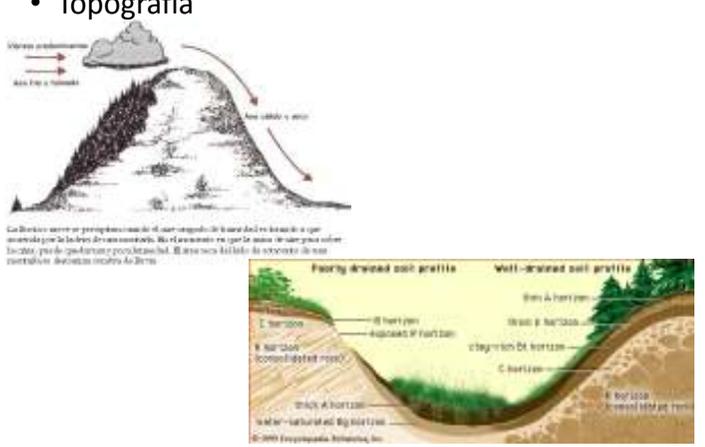


Ambiente climático



Factores que controlan la modalidad y eficacia de la meteorización

- Topografía



Acciones elementales: Erosión - 1

Erosión

- Fairbridge (1968) definió la erosión como el “proceso que involucra la recolección y el transporte de detritos rocosos y material orgánico asociado, por medio de los distintos agentes geológicos exógenos.”
- Los principales agentes involucrados en este proceso son: la escorrentía, el viento y el desplazamiento del hielo en forma de glaciar.

Tipos de Erosión

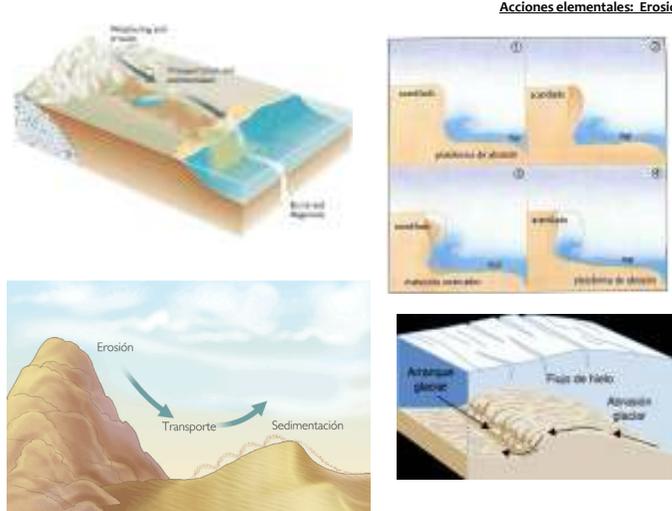
Acciones elementales: Erosión - 2

```

    graph TD
      A[Originada por fluidos] --> B[viento]
      A --> C[agua]
      A --> D[hielo]
      B --> B1[erosión eólica]
      C --> C1[lluvias (erosión pluvial)]
      C --> C2[escurrimiento (erosión hídrica)]
      C --> C3[océanos y lagos (erosión costera)]
      D --> D1[erosión glacial]
      C2 --> C2a[flujo superficial]
      C2 --> C2b[flujo subterráneo]
      C2a --> C2a1[erosión laminar]
      C2a --> C2a2[erosión en surcos]
      C2a --> C2a3[erosión en cárcavas]
      C2a --> C2a4[erosión fluvial (stream bank erosion)]
      C2b --> C2b1[pixing o erosión en túneles]
    
```

Figura 4.1: Tipos de erosión originadas a partir del movimiento de partículas en fluidos. Están excluidos aquí los procesos erosivos causados por influencia directa de la gravedad (movimientos en masa). (basado en Lal, 1990 y Bergma, 1999).

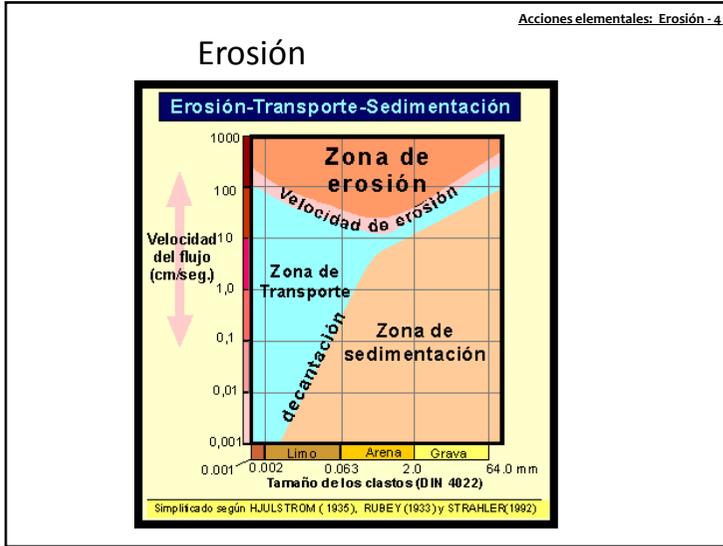
Acciones elementales: Erosión - 3



Acciones elementales: Erosión - 4

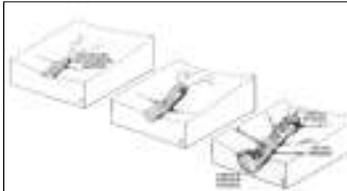
Erosión

- $Erosión = f(erosividad, erodabilidad)$
- *Erosividad = poder erosivo del agente*
- *Erodabilidad = resistencia que ofrece la roca/suelo tanto al desprendimiento de las partículas como a su transporte*

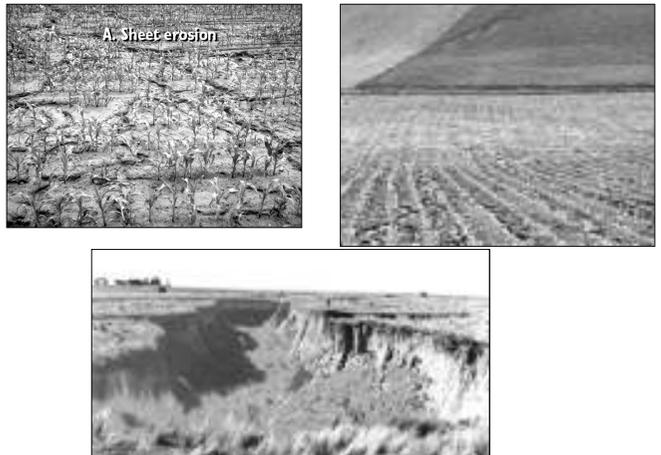
Acciones elementales: Erosión - 5

Inicios de la erosión y desarrollo

Acciones elementales: Erosión - 6

Erosión fluvial acelerada



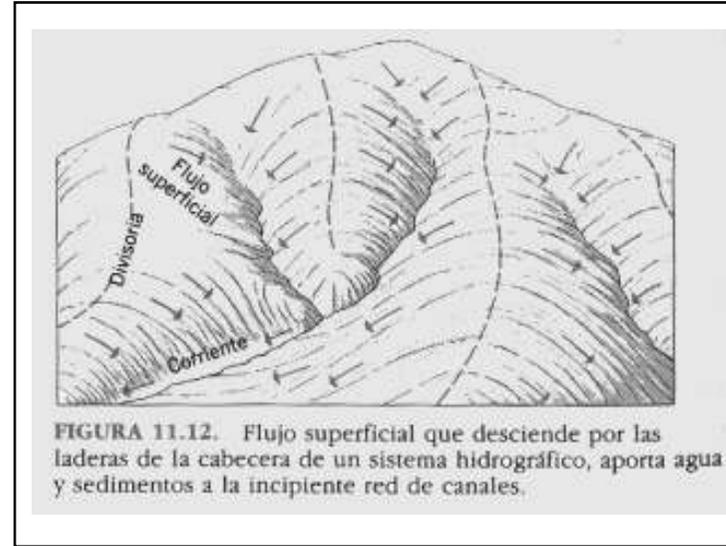
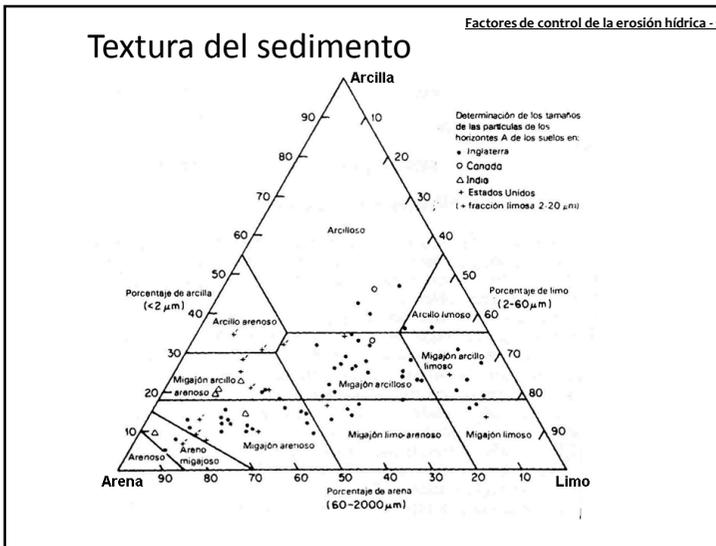


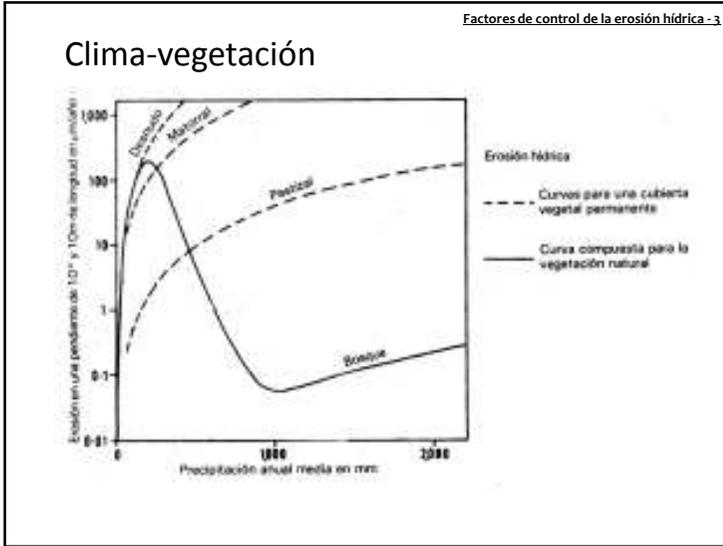
FIGURA 11.12. Flujo superficial que desciende por las laderas de la cabecera de un sistema hidrográfico, aporta agua y sedimentos a la incipiente red de canales.



Factores de control de la erosión hídrica - 2

Clima

- Las características del clima es una factor determinante de las áreas que estarán sujetas a la acción de la erosión.
- *Cuales son los climas donde la erosión hídrica es más importante?*
- Los **climas semiáridos** por ejemplo, corresponden a los más desfavorables frente a la erosión hídrica ya que estos cuentan con agua suficiente para provocar la erosión, pero no como para generar una cobertura vegetal adecuada para la protección del suelo (Varela, 1979).



Factores de control de la erosión hídrica - 4

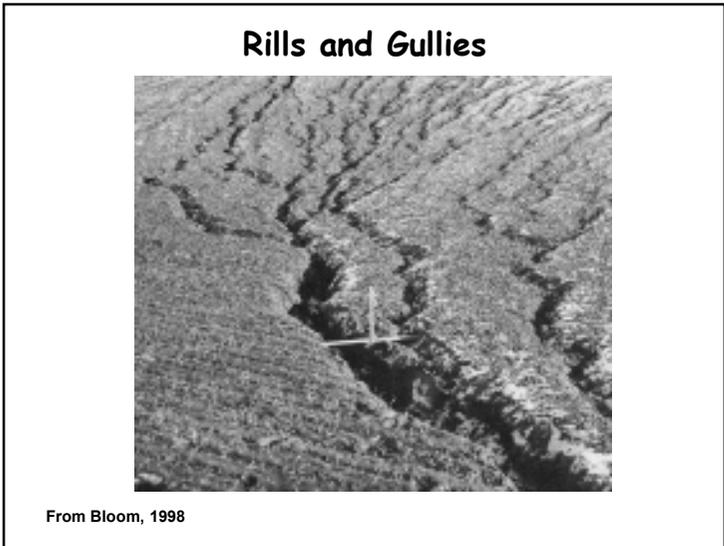
Influencia del Relieve en la erosión hídrica

- El proceso de erosión hídrica no es en general un problema en áreas de planicies, solo cuando la pendiente aumenta aparece la actividad erosiva (Varela, 1979).
- Algunos autores destacan como propiedades topográficas más relevantes asociada al proceso erosivo, el ángulo de la pendiente, la longitud y la forma, mientras que en menor grado consideran además factores como la exposición.

Factores de control de la erosión hídrica - 5

Influencia de la pendiente

| PENDIENTE | RASGO | | | | | AGRADACIONAL |
|-------------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------|
| | EROSIVO | | | | | |
| Pronunciada | Surcos | Cárcavas poco profundas | Badlands | | | Abanicos |
| | | | Cárcavas profundas | Cárcavas muy profundas | Barrancos | |
| Suave | Surcos | Surcos | Cárcavas poco profundas | Cárcavas profundas | Cárcavas muy profundas | |
| Muy suave | Lavaje pluvial (direccional) | Surcos | Surco anastomosado | Surcos anastomosados amplios | | |
| Plano | Erosión por salpicadura (no direccional) | Lavaje pluvial (direccional) | Surcos anastomosados amplios | Zona de flujo laminar | | Depósito laminar |
| <i>Bajo</i> | | <i>Medio</i> | <i>Alto</i> | <i>Muy alto</i> | <i>Disminuyendo</i> | |
| <i>Volumen de flujo superficial</i> | | | | | | |



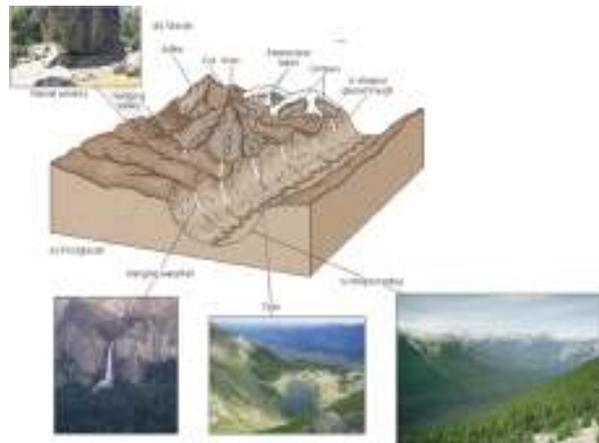
Métodos de estudio de la erosión hídrica

| TIPO DE ESTUDIO | METODOLOGÍA APLICADA | DATOS OBTENIDOS | ESCALAS COMUNES DE APLICACIÓN |
|--|---|--|---|
| Mediciones directas en el terreno | Estaciones recolectoras de sedimentos | .Kg/m ² de suelo erosionado .Espesor erosionado (mm, cm) | Parcelas y cuencas relativamente pequeñas |
| | Construcción de perfiles transversales .Colocación de estacas | .Cambios en la morfología de la cárcava: volumenes (m ³ ,m) y distancias de retrocesos (cm, m) | |
| | Test de campo sencillos | .Erodabilidad del suelo | |
| Mediciones indirectas mediante Teledetección | Mapeo de rasgos erosivos mediante imágenes aerospaciales | .Tipo y distribución de los rasgos erosivos. Dimensiones del área afectada. .Análisis multitemporal | Cuencas, Regiones |
| | Densidad de drenaje | .Estimación de la erosión en función del número de cursos fluviales y/o cárcavas por unidad de área. | Cuencas grandes, Regiones, Continentes |
| Estimación mediante índices | Erosividad de la lluvia | .Valores de erosividad en función de la energía cinética de la lluvia | |
| | Erodabilidad del suelo | .Valores de erodabilidad dependiente fundamentalmente de la textura | |
| Sistemas de evaluación de tierras | Clasificación de capacidad del terreno (Land capability classification) | .Áreas con mayor o menor grado de susceptibilidad (cualitativa o semi-cuantitativa) a la erosión. | Regiones |
| | Sistema de clasificación del terreno (Land systems classification) | | |
| Aplicación de modelos | Modelos matemáticos | .Pérdida de suelo en Kg/m ² con base anual o por tormentas. .Retroceso del área de cabecera de las cárcavas. | Parcelas, Cuencas pequeñas y medianas. |
| | Modelos cartográficos | .Áreas con mayor o menor grado de susceptibilidad (cualitativa o semi-cuantitativa) a la erosión. | Cuencas, Regiones, Continentes |

Geoformas de erosión eólica



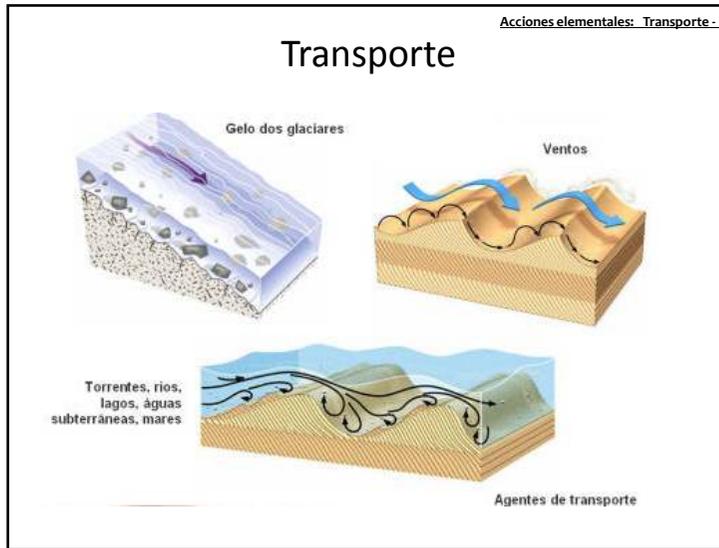
Geoformas de erosión glaciar



Transporte

- 1. **Meteorización** : desintegración de rocas y minerales.
- 2. **Transporte**: la remoción del material meteorizado (suelo y roca) fuera de su sitio original por efecto de la **gravedad, agua** en movimiento (ríos, olas), **viento** y **hielo**.
- 3. **Deposición**: acumulación de los productos meteorizados después que han sido transportados desde su lugar original.

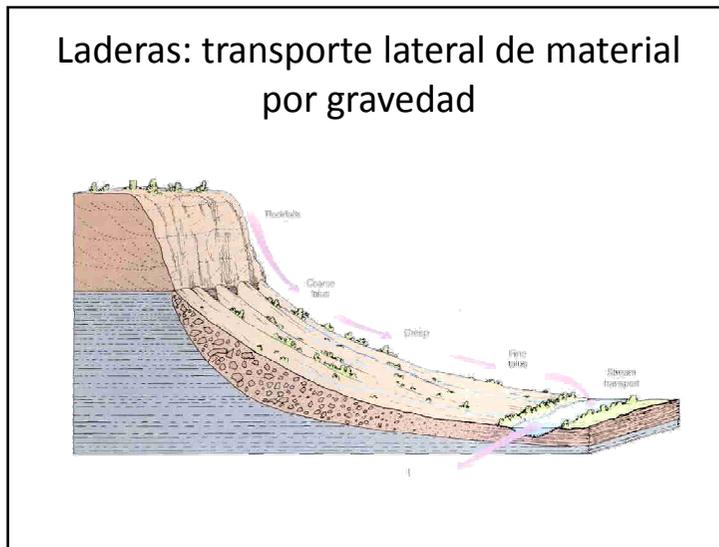




Acciones elementales: Transporte - 2

Transporte fluvial

- La acción de la meteorización (física+química), tiende a dar origen a dos tipos de productos principales: fragmentos de minerales o rocas (que reciben el nombre de **clastos**), **geles** e **iones** en disolución.
- El transporte se lleva a cabo de tres formas: como iones en **solución**, como **suspensiones coloidales**, o como **carga en fondo**.
- A su vez, dentro de esta última modalidad existen tres posibilidades: **saltación**, **rodadura o arrastre**.
- Factores:
 - velocidad de la corriente
 - tamaño de las partículas
 - su densidad y su forma



Transporte eólico

Factores:

- velocidad y persistencia del viento
- tamaño y morfología de las partículas

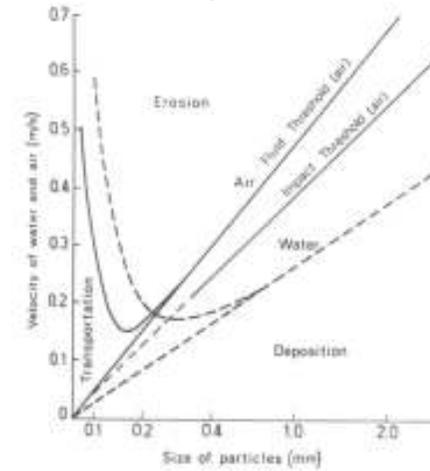
Modo Suspensión: tormentas de polvo



Polvo grueso: 20-70 μm (Limo mediano a grueso) viajan distancias cortas en suspensión;

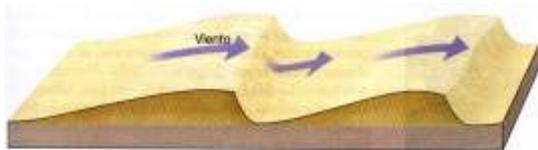
Polvo fino < 20 μm (limo fino-arcillas) tiene el potencial para viajar a través del mundo

Entrampamiento

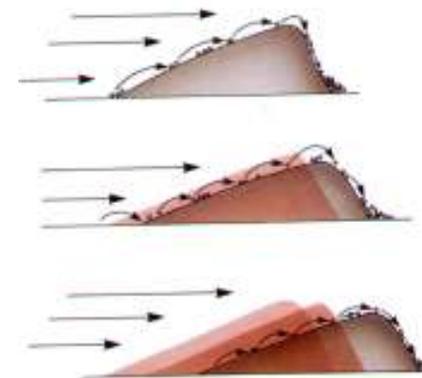


Movimiento de la arena

- La mayoría de la arena se mueve sobre o cerca de la superficie del terreno en una zona de 9 cm de altura sobre la arena y hasta 200 cm sobre superficie rocosas.

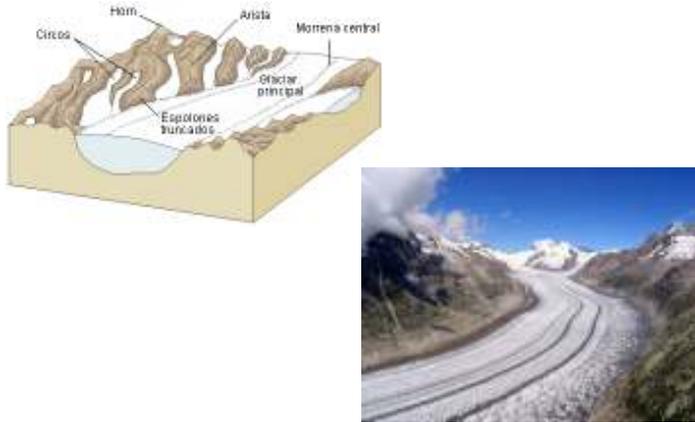


Migración de un barján



Acciones elementales: Transporte glaciar - 1

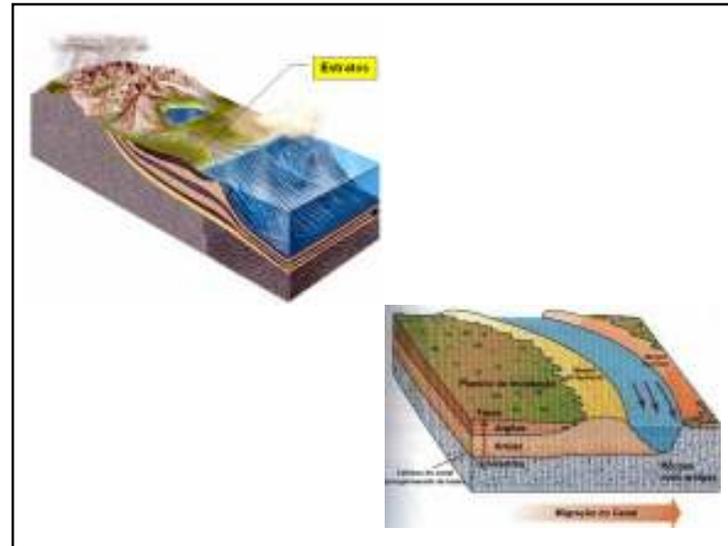
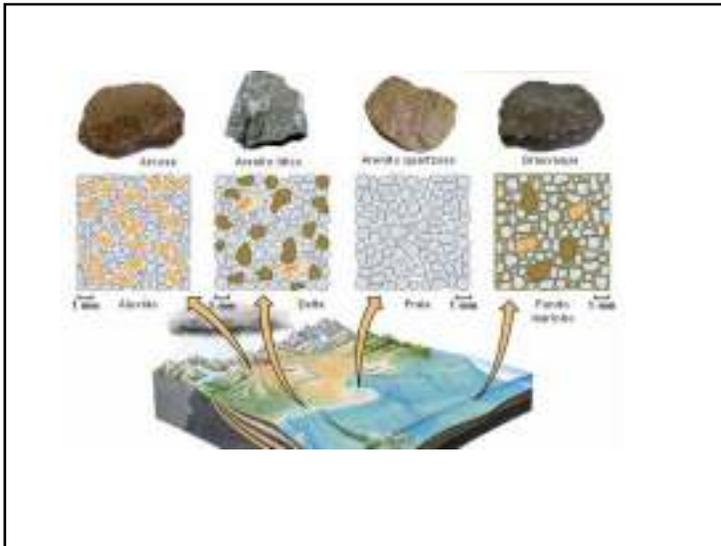
Transporte glaciar



Acciones elementales: Deposición - 1

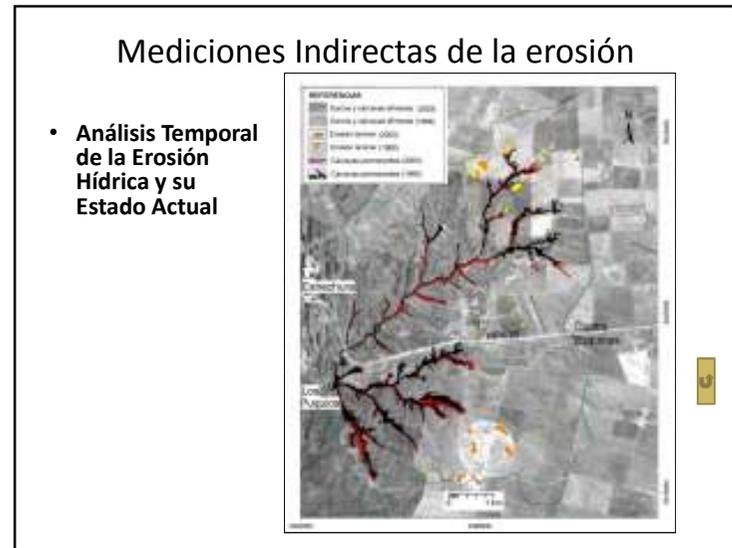
Deposición

- El depósito de las partículas se produce cuando la corriente pierde energía, o lo que es lo mismo, velocidad. Primero dejará de ser transportada la carga en fondo, y cuando la energía sea muy baja, es decir, en aguas mansas o al cesar el viento, se depositará también la carga en suspensión.
- También en estas condiciones de baja energía de transporte, y sobre todo si se producen cambios en la fisico-química de las aguas de transporte (como suele ocurrir en la desembocadura en un mar o lago) se produce la floculación de los geles, constituidos normalmente por partículas arcillosas.





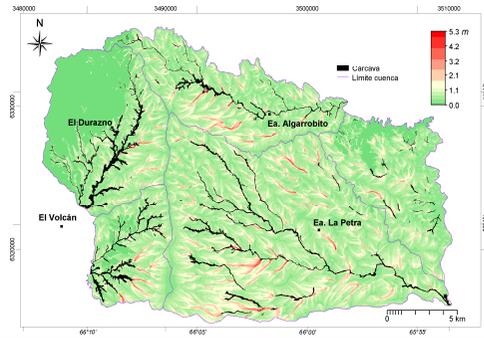
FIN UNIDAD 2



Medición de la erosión mediante índices

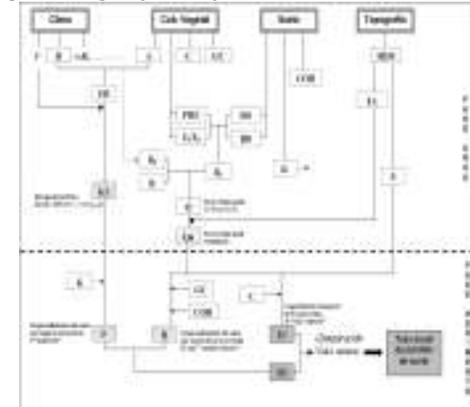
Determinación del riesgo al cárcavamiento mediante el modelo matemático experimental del Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU (SCS, 1966)

• $R = (5.25 \times 10^{-3}) A^{0.46} p^{0.20}$

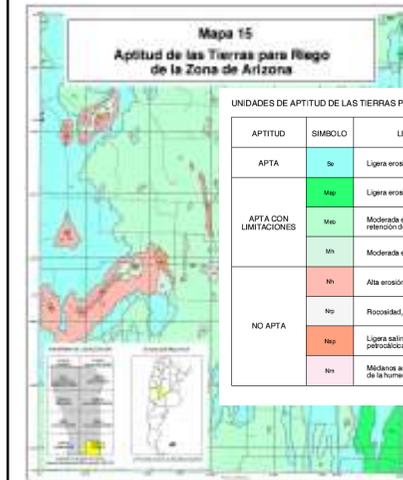
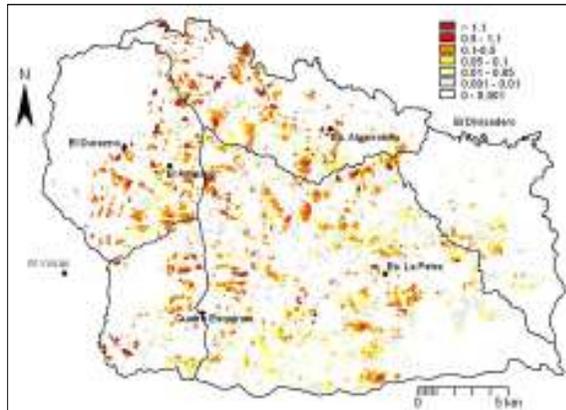


Evaluación de la erosión. Aplicación de modelos

- Predicción de la Pérdida de Suelo por Erosión Laminar
Modelo de Morgan, Morgan y Finney



- Predicción de la Pérdida de Suelo por Erosión Laminar
- Mapa de pérdida de suelo en kg/m²/año.



UNIDADES DE APTITUD DE LAS TIERRAS PARA RIEGO

| APTITUD | SÍMBOLO | LIMITACIONES ACTUALES | LIMITACIONES POTENCIALES CON RIEGO |
|-----------------------|---------|--|---|
| APTA | de | Ligera erosión eólica | Moderadamente susceptible a la erosión eólica |
| APTA CON LIMITACIONES | we | Ligera erosión eólica, pedregalosa | Muy susceptible a la erosión eólica |
| | we | Moderada erosión eólica, baja capacidad de retención de la humedad | Muy susceptible a la erosión eólica, alta permeabilidad |
| NO APTA | h | Moderada erosión hídrica incluido barrancas | Muy susceptible a la erosión hídrica |
| | h | Alta erosión hídrica incluido barrancas | Riesgo grave de erosión hídrica |
| | h | Rocedidad, suelos someros | Riesgo grave de salinización y anegamiento |
| | h | Ligera actividad, capas freáticas altas, pedregalosa | Riesgo grave de salinización y anegamiento |
| | h | Medios activos, baja capacidad de retención de la humedad, alta erosión eólica | Riesgo grave de erosión eólica |