



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)*  
**Posgrado en Ciencias Ambientales**



## Materia: Ecología del Paisaje

### III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

#### a) Modelado del Paisaje. Dinámica de vertientes

7 mayo 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario  
Dra. Ofelia Gutiérrez

Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

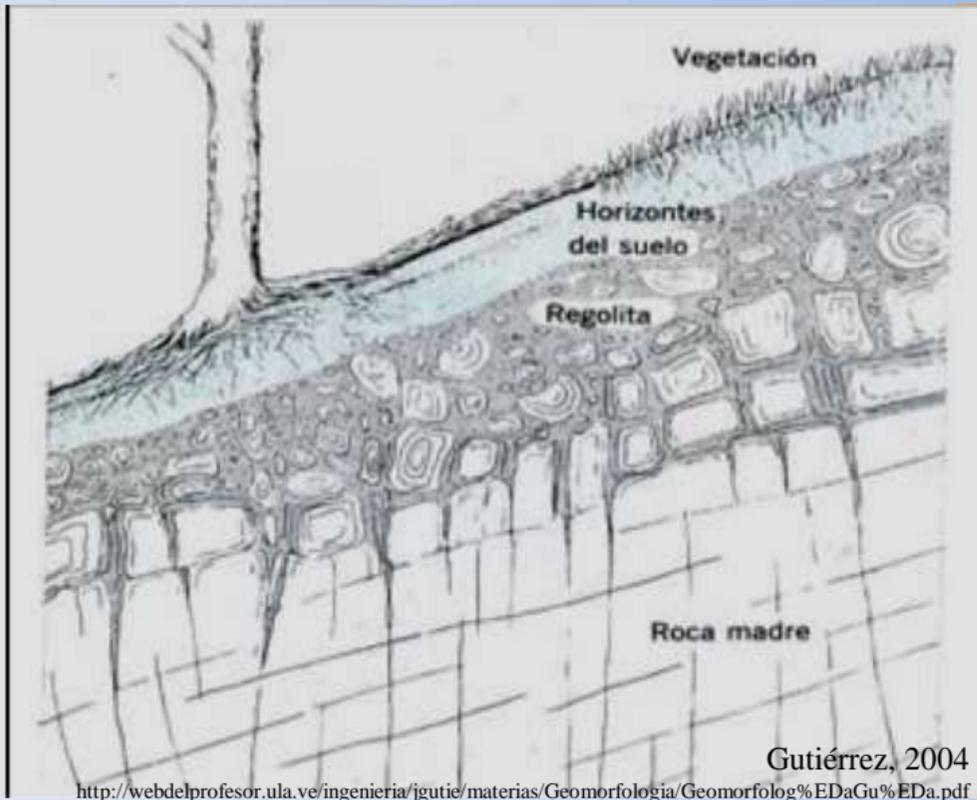
Autores de la presentación: Daniel Panario ([panari@fcien.edu.uy](mailto:panari@fcien.edu.uy))  
Ofelia Gutiérrez ([oguti@fcien.edu.uy](mailto:oguti@fcien.edu.uy))

**Recordando....**

**¿Cómo funciona el  
paisaje?**

La cuenca como  
unidad  
geomorfológica

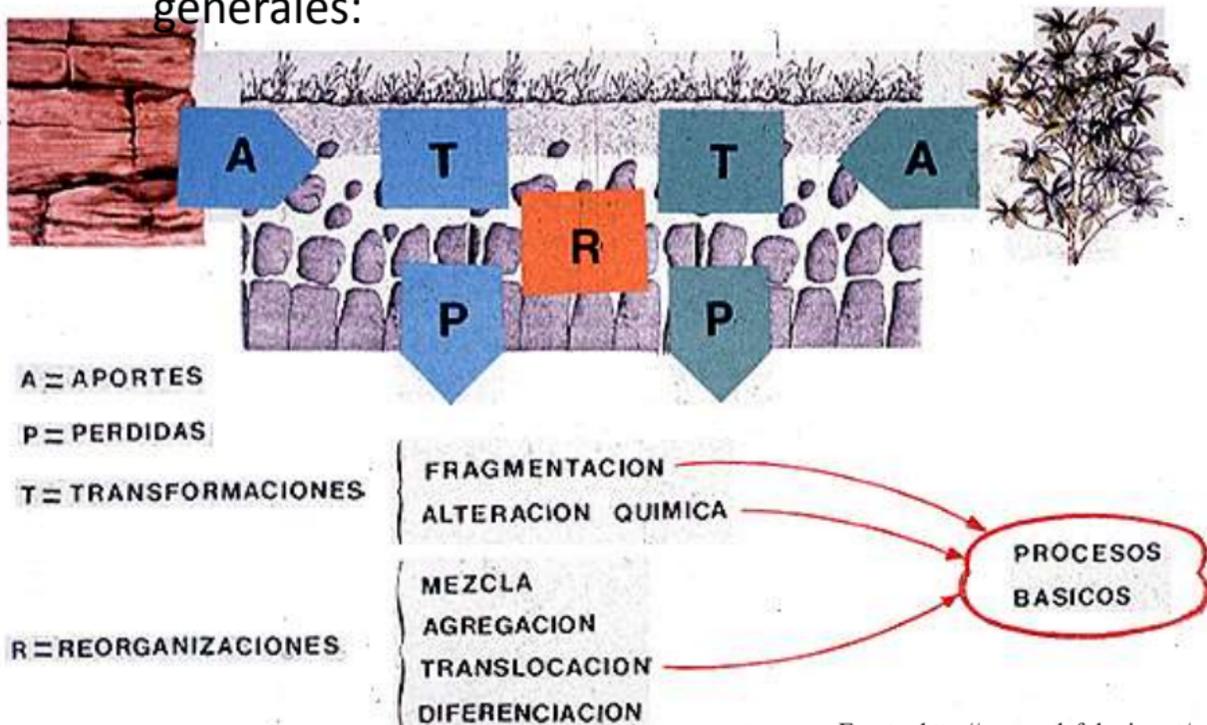


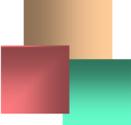


# Procesos iniciales

# Procesos iniciales

Desde un punto de vista global en el esquema de formación del suelo se pueden definir tres acciones generales:





# Procesos iniciales

Adiciones, transformaciones, transferencias y pérdidas de materiales.

Básicamente se reduce a sólo tres procesos:

- 1) meteorización física,**
- 2) alteración química y bioquímica, y
- 3) translocación de sustancias.

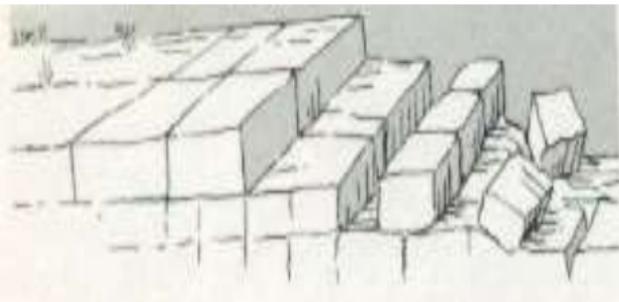
# Fragmentación

La actuación del proceso de fragmentación o desagregación física del material original se puede poner de manifiesto directamente en el perfil del suelo, simplemente observando como en la base de los perfiles se presentan las rocas fragmentadas en numerosos bloques de diverso tamaño.

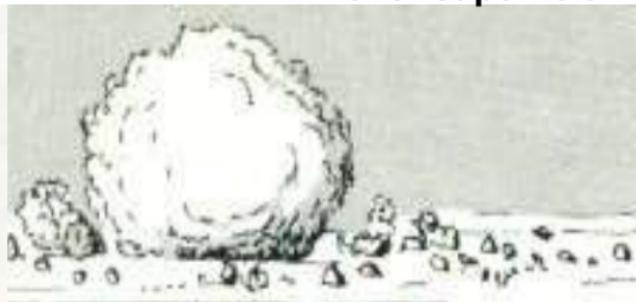




La fragmentación  
tiende hacia  
formas  
redondeadas con  
la consecuente  
menor superficie.



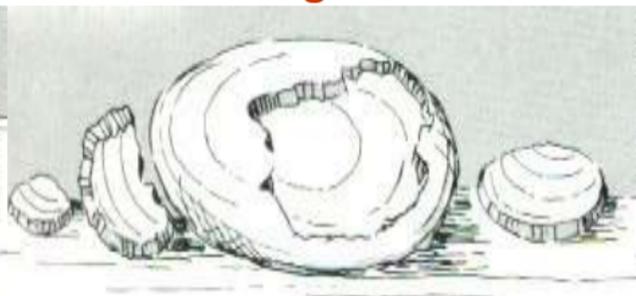
**Fragmentación**



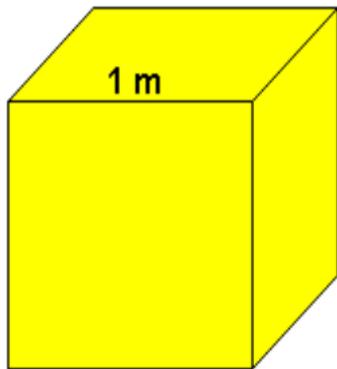
**Desintegración**



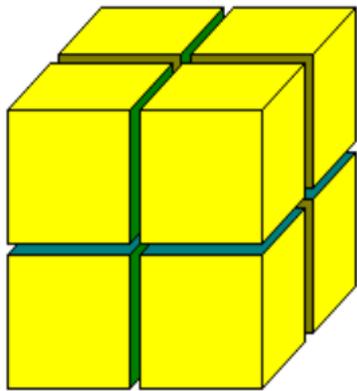
**Fragmentación**



**Descamación**



1 m

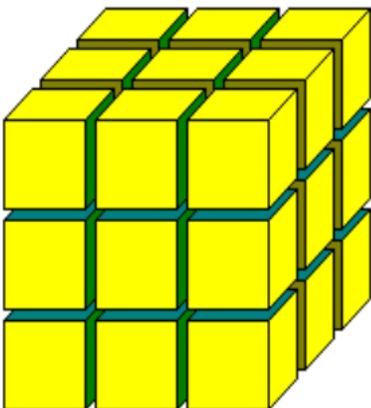


A mayor fragmentación los elementos presentan mayor superficie expuesta

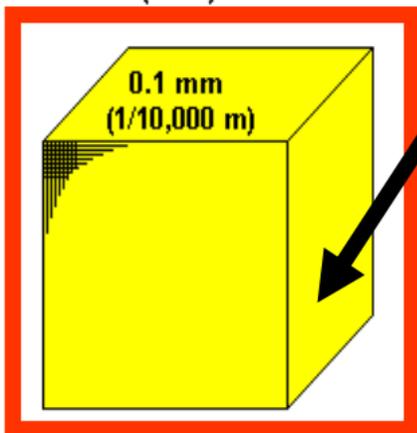
$$\text{Area} = 6 \times 1\text{m}^2 = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area} = 6 \times (1/2\text{m})^2 \times 8 = 12 \text{ m}^2$$

Se llegó a cubitos de décimas de mm



$$\text{Area} = 6 \times (1/3\text{m})^2 \times 27 = 18 \text{ m}^2$$



$$\text{Area} = 6 \times (1/10,000\text{m})^2 \times 10^8 = 10^4 \text{ m}^2 = 1 \text{ hectárea}$$

## **Efecto de descarga.**

Las rocas se han formado normalmente bajo intensa presión, el material se encuentra comprimido y cuando afloran a la superficie, al perderse la presión, el material expande y se fractura.



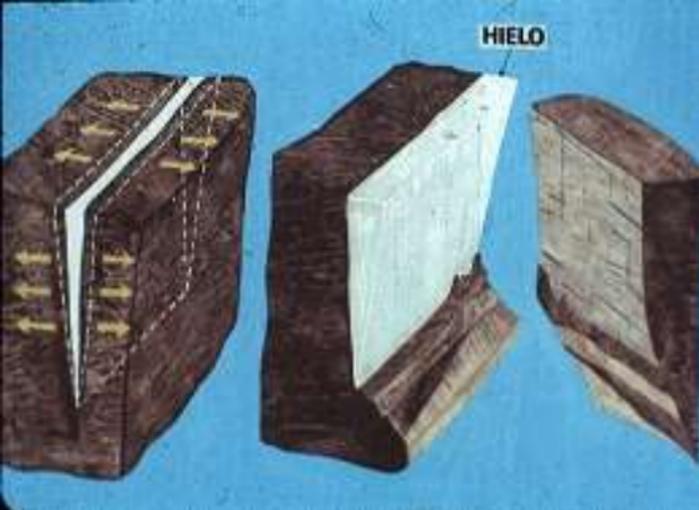
## Insolación.

Las radiaciones solares calientan de modo desigual a las rocas, y el material soporta intensas presiones debidas a la dilatación diferencial.

Cada capa y mineral se calienta y enfría de forma diferente.

Por ejemplo, los minerales oscuros se calentarán en mayor medida que los de colores claros.

Todo ello crea fuertes presiones diferenciales.

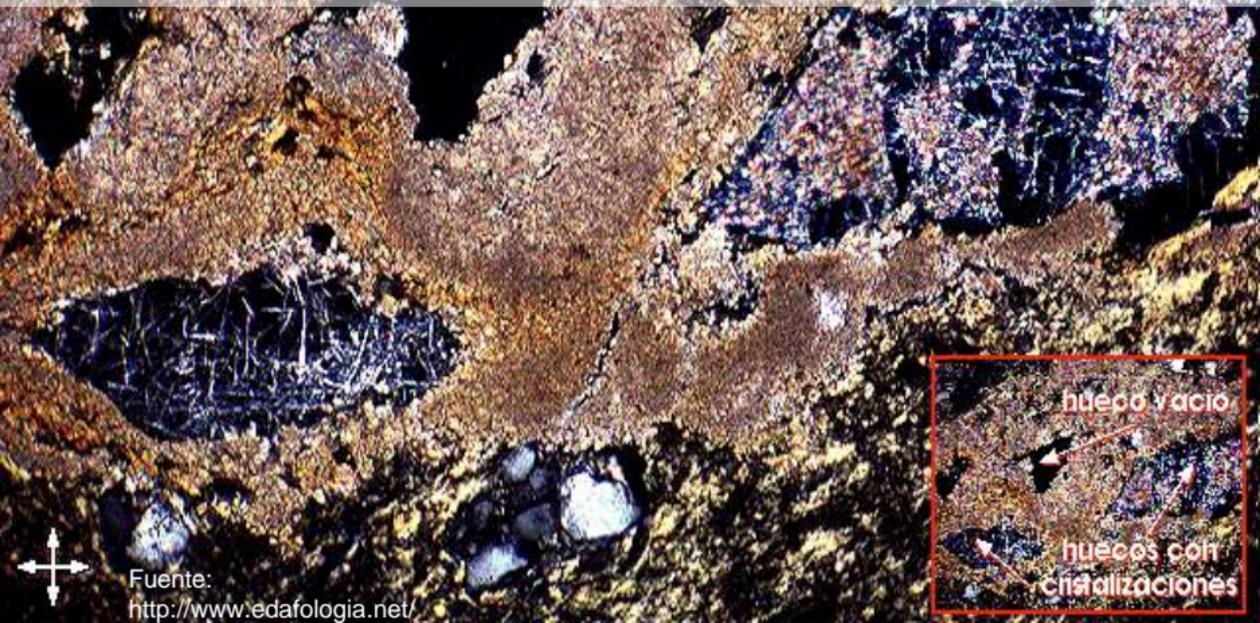


**Congelación.** El agua penetra en los poros y al congelarse aumenta de volumen y fragmenta a las rocas encajantes.

**Dilatación/contracción.** Los cambios de humedad producen cambios de volumen que fracturan las rocas.

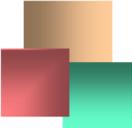
# Cristalización

A partir de la solución del suelo se forman cristales en los poros de las rocas y al aumentar de volumen presionan las paredes llegando a romper las rocas.



Fuente:

<http://www.edafologia.net/>



## Procesos iniciales

Adiciones, transformaciones, transferencias y pérdidas de materiales.

Básicamente se reduce a sólo tres procesos:

- 1) meteorización física,
- 2) alteración química y bioquímica,** y
- 3) translocación de sustancias.

**Acción biótica.** Las raíces de las plantas invaden las grietas de las rocas y al crecer llegan a fracturar al material encajante.

Tiene una componente también química.

## Bioclastia





Paisaje kárstico  
"Parque Natural  
de la Serranía de  
Cuenca", España.

29/08/2006

## Acción biótica

Las raíces de las plantas invaden las grietas de las rocas y al crecer llegan a fracturar, disolver o hidrolizar el material encajante.

Paisaje kárstico  
“Parque Natural  
de la Serranía de  
Cuenca”, España.



## Alteración química

En contacto con el aire, y el agua, los minerales de las rocas se alteran.

Organismos atacan a los minerales extrayendo elementos (K, Ca, Mg...) transformando los minerales.

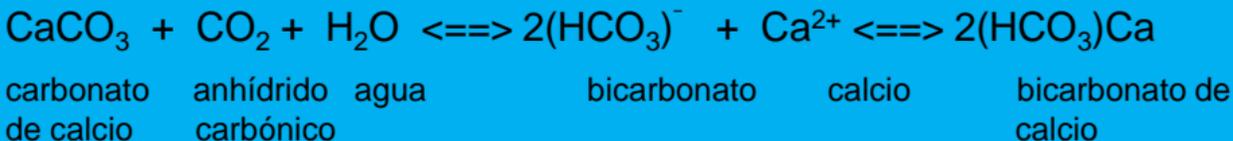
Mineralogía  
inicial de la  
roca

≠

Mineralogía  
del suelo que  
se forma a  
partir de ella

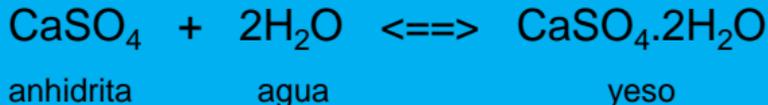
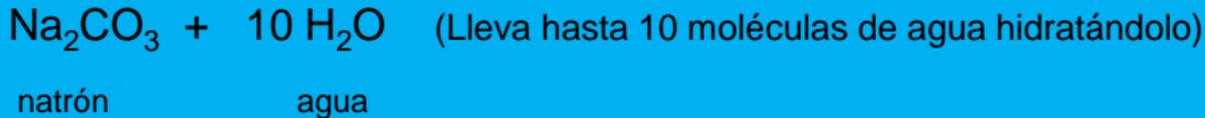
# Disolución

Afecta sólo a aquellos compuestos que son muy solubles en agua.



# Hidratación

Las moléculas de agua son atraídas por los desequilibrios eléctricos quedando fijadas en los constituyentes edáficos.





**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)*  
**Posgrado en Ciencias Ambientales**



## Materia: Ecología del Paisaje

### III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

#### a) Modelado del Paisaje. Dinámica de vertientes

14 mayo 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario  
Dra. Ofelia Gutiérrez

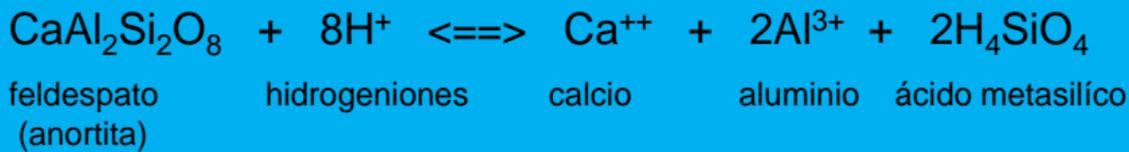
Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario ([panari@fcien.edu.uy](mailto:panari@fcien.edu.uy))  
Ofelia Gutiérrez ([oguti@fcien.edu.uy](mailto:oguti@fcien.edu.uy))

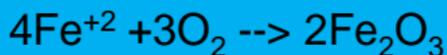
# Hidrólisis

Reacción química de los  $H^+$  y  $OH^-$  del agua que se intercambian con los cationes y aniones de los minerales llegando en los casos extremos a destruir por completo a los minerales.



# Oxidación

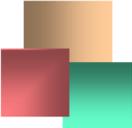
El hierro es un elemento que pueda presentar hidruros con dos números de **oxidación** diferentes como el **hierro** (+2 y +3), se distinguen de la siguiente manera:



hierro    oxígeno    hematita



Hierro    oxígeno    hematita    agua    limonita / goetita    hidrógeno



# Procesos iniciales

Adiciones, transformaciones, transferencias y pérdidas de materiales.

Básicamente se reduce a sólo tres procesos:

- 1) meteorización física,
- 2) alteración química y bioquímica, y
- 3) translocación de sustancias.**

# Translocación

Es un proceso que ejerce el transporte y reorganización de materiales y sustancias:

- \* mezcla y agrega los materiales
- \* los separa (segregación)
- \* los concentra.

Estas acciones son tanto por los **organismos del suelo**, muy especialmente por los que excavan galerías, como las lombrices y las hormigas, o por la **biogeoquímica del paisaje**.



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)*  
**Posgrado en Ciencias Ambientales**



## Materia: Ecología del Paisaje

### III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

#### a) Modelado del Paisaje. Dinámica de vertientes

19 mayo 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario  
Dra. Ofelia Gutiérrez

Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario ([panari@fcien.edu.uy](mailto:panari@fcien.edu.uy))  
Ofelia Gutiérrez ([oguti@fcien.edu.uy](mailto:oguti@fcien.edu.uy))

# Translocación

Por **efecto mecánico** o **químico**:

- ✓ **acción del agua** 
  - suspensión
  - disolución

acción del agua efectos muy importantes en el suelo
- ✓ **transporte por organismos**  como sólido

**Translocación** de  
materiales en el suelo  
afecta:

- minerales,
- materia orgánica
- complejos órgano-minerales

Causas:

- ✓ gravedad,
- ✓ capilaridad,
- ✓ evaporación,
- ✓ actividad biótica,
- ✓ o por expansión y contracción



Fuente:  
<http://www.ledafologia.net/>



*Atta vollenweideri*, una hormiga que configura un paisaje relictual en el litoral oeste uruguayo

Tacurúes (hormigueros) de *hormiga Camponotus punctulatus*, luego de cultivo de arroz realizado en planicies medias del este de Uruguay



04/01/2003



Línea de cantos situada a 1 metro de la superficie. Encima sustrato granítico meteorizado Machakos, Kenia (Gutiérrez, 2001).

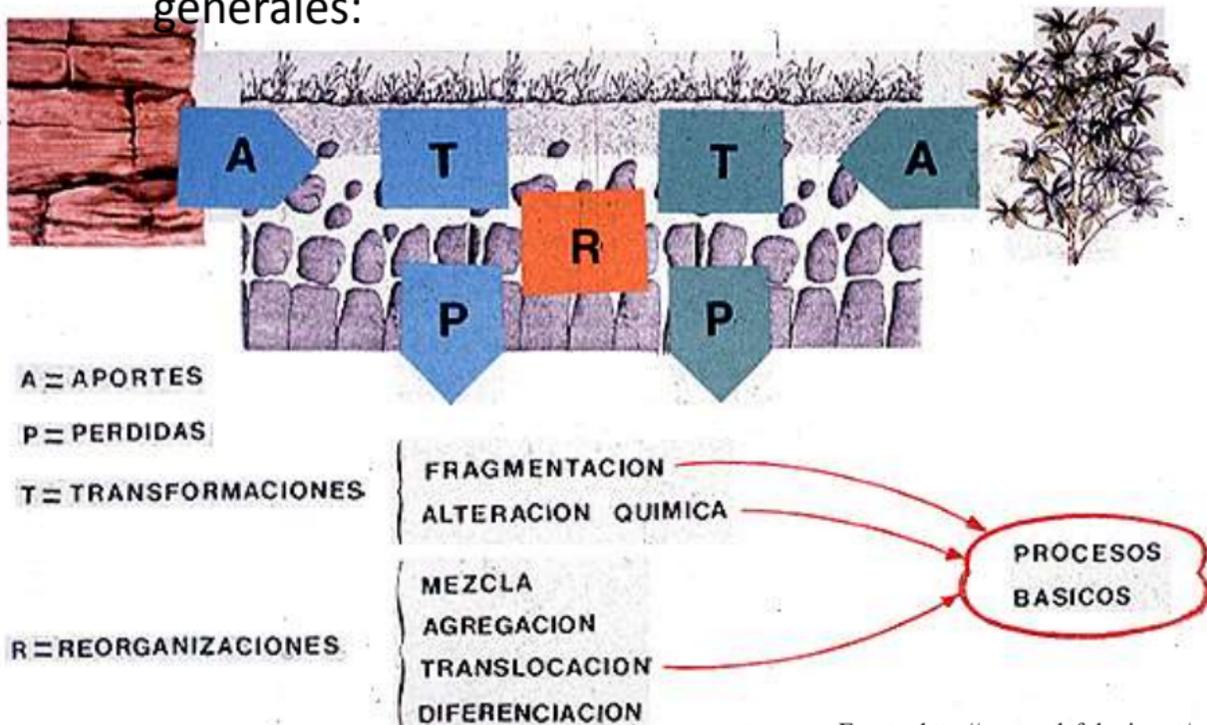
Fuente:  
<http://www.edafologia.net/>

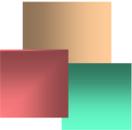


Las bandas blancas están rellenas de carbonatos.  
Para que los carbonatos se sitúen ocupando las bandas, previamente el material se ha tenido que agrietar, luego habrán venido las soluciones bicarbonatas y al desecarse habrán precipitado los carbonatos.  
Esta ubicación del material blanco sólo puede explicarse por translocaciones.

# Procesos iniciales

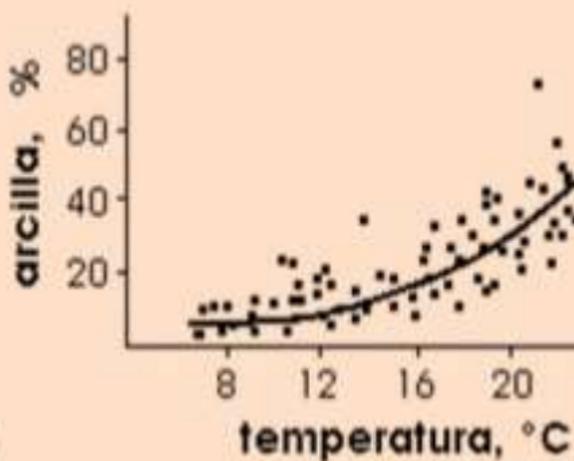
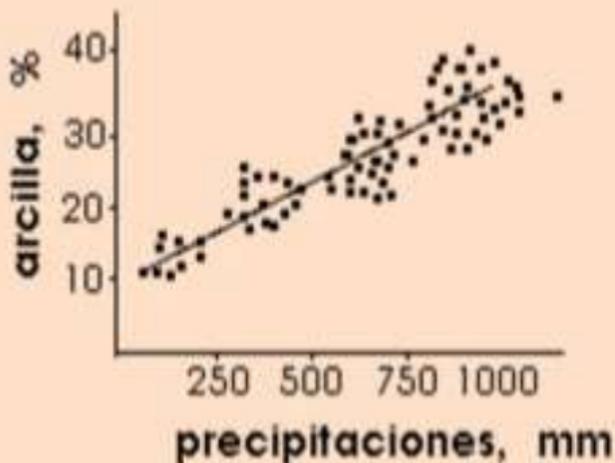
Desde un punto de vista global en el esquema de formación del suelo se pueden definir tres acciones generales:





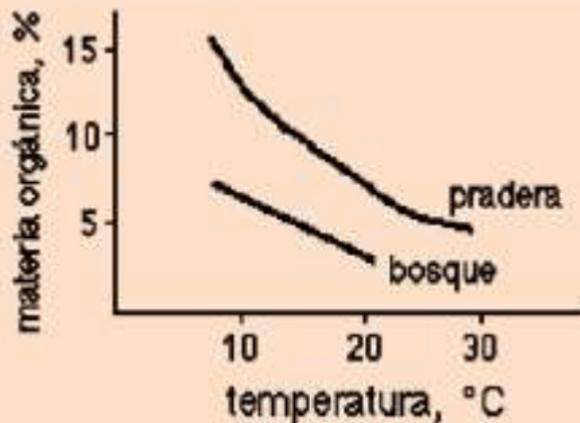
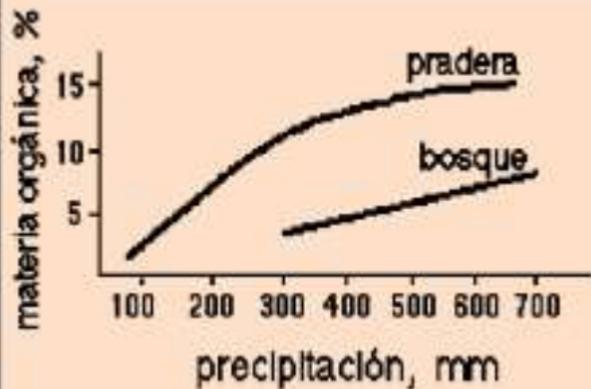
# Acción del clima sobre los constituyentes

La cantidad de arcilla presente en un suelo aumenta con las precipitaciones y con la temperatura (ambos favorecen la alteración).

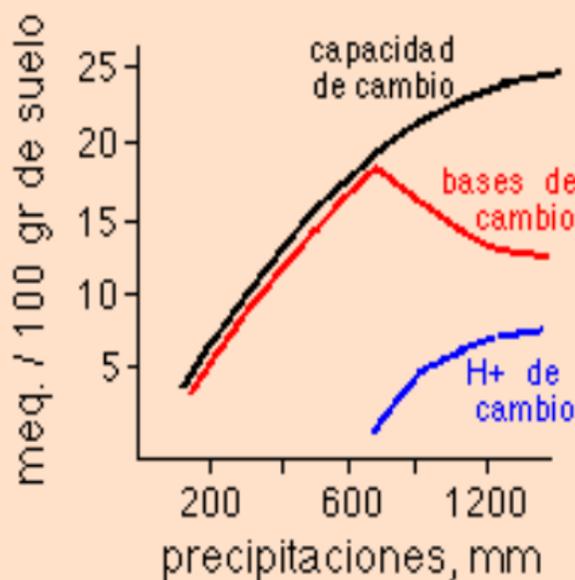


## Relación entre los elementos climáticos con el contenido en materia orgánica y su grado de evolución.

En líneas generales, al aumentar la precipitación aumenta los porcentajes de materia orgánica (aumenta el desarrollo de la cobertura vegetal y, por tanto, sus aportes), mientras que al aumentar la temperatura disminuye el contenido de materia orgánica (prevalece la destrucción frente al aporte).



# Influencia del clima en las propiedades del suelo



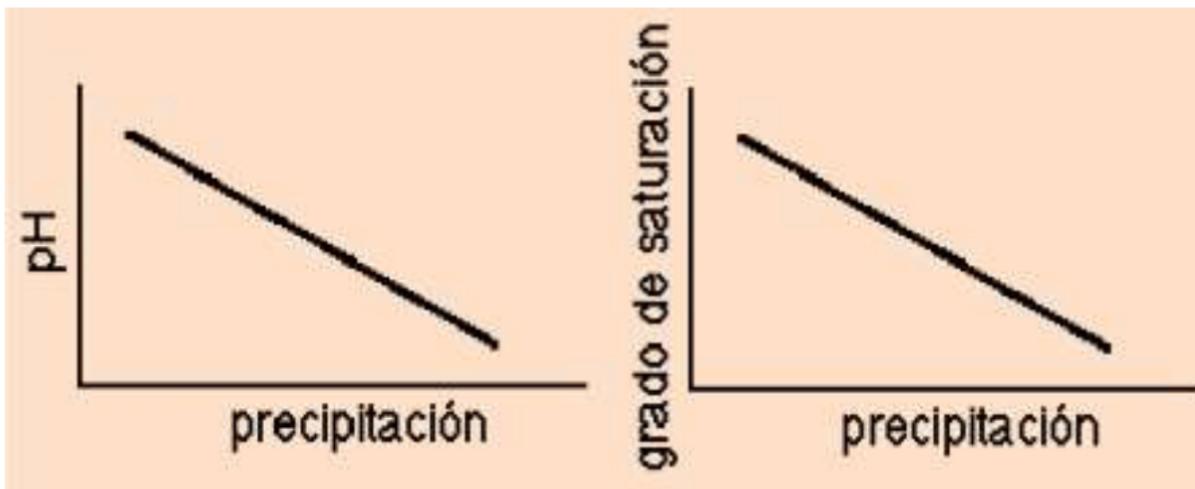
meq/100 gr: Esta unidad indica la cantidad de iones positivos que un suelo puede retener por cada 100 gramos de suelo.

Las acciones del clima también quedan reflejadas en muchas de las propiedades del suelo. La **capacidad de cambio o intercambio** (cantidad de cargas de borde en las superficies de los coloides del suelo) aumenta proporcionalmente a las precipitaciones, e incluso los iones fijados en las posiciones de cambio también muestran una dependencia.

Fuente:

<http://www.edafologia.net/>

Al aumentar las precipitaciones se producirá una progresiva acidificación, la cual irá acompañada de la correspondiente desaturación del complejo de cambio (los hidrogeniones van sustituyendo al Ca, Mg, Na y K).

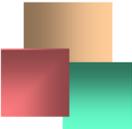


The diagram illustrates a cyclical process. At the top, a light brown rectangular area contains the word "Erosión" in red text on a black background. Two pairs of black arrows originate from the bottom corners of this area. One pair points down and to the left towards the word "Sedimentación" in yellow text on a black background. The other pair points down and to the right towards the word "Pedogénesis" in green text on a black background. A horizontal double-headed black arrow connects the two bottom boxes, indicating a reciprocal relationship between sedimentation and pedogenesis.

**Erosión**

**Sedimentación**

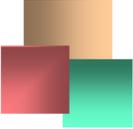
**Pedogénesis**



# Erosión vs. Sedimentación

- La erosión ocurre cuando la fuerza aplicada es mayor que la resistencia, iniciándose el movimiento del material (o sedimentos)
- Sedimentos derivan principalmente de la erosión de la cuenca y de los canales

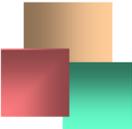
(5% sedimentos - alcanzan el mar → deposición en cuencas y reservorios)



# Erosión

*“La erosión consiste de una serie de procesos complejos que sueltan, dividen y mueven los suelos o el regolito”*

- Las partículas de suelo son removidas y transportadas (erosión) y depositadas (sedimentación) en otras superficies del suelo, terrazas de ríos y arroyos, y el mar.
- Materia orgánica y contaminantes son también transportados con el suelo, degradando ríos y arroyos



# Erosión

Agentes como el clima y la actividad humana pueden causar:

- (1) Erosión geológica:** ocurre cuando la roca o superficie del suelo es atacada por aire o agua (proceso climático)
- (2) Erosión acelerada:** es aquella resultante de las actividades humanas como ser deforestación, agricultura, sobrepastoreo, etc.



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)*  
**Posgrado en Ciencias Ambientales**



## Materia: Ecología del Paisaje

### III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

#### a) Modelado del Paisaje. Dinámica de vertientes

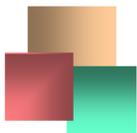
21 mayo 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario  
Dra. Ofelia Gutiérrez

Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario ([panari@fcien.edu.uy](mailto:panari@fcien.edu.uy))  
Ofelia Gutiérrez ([oguti@fcien.edu.uy](mailto:oguti@fcien.edu.uy))



# Tipos de transporte de sedimentos en cuencas

- ***Erosión Superficial***  
(impacto de la lluvia y escorrentía)
- ***Movimientos de masas***  
(desmoronamientos, torrentes, avalanchas)
- ***Erosión de los canales de agua***  
(remoción y transporte de material encausado)

# Tipos de erosión superficial

- ***Impacto de la gota de lluvia*** (splash):  
fuerza primaria
- ***Erosión laminar*** (sheet o interrill):  
lluvia excede la infiltración
- ***Erosión en surcos*** (rill):  
resultado de la escorrentia (flujo concentrado)
- ***Erosión en cárcavas*** (gully):  
canales discontinuos que no se remueven con el laboreo



***Impacto de la  
gota de lluvia***

# Pérdida de suelo según pendiente

Mayor erosión en zonas de flujo concentrado (rills)

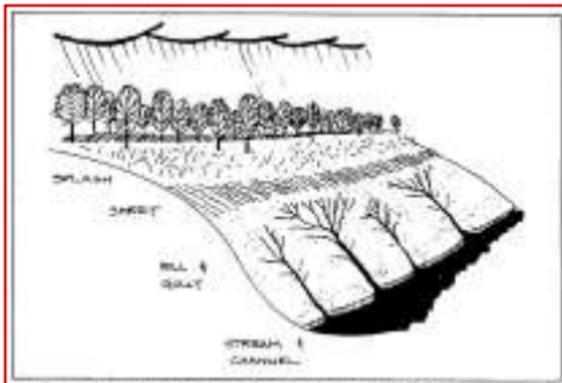
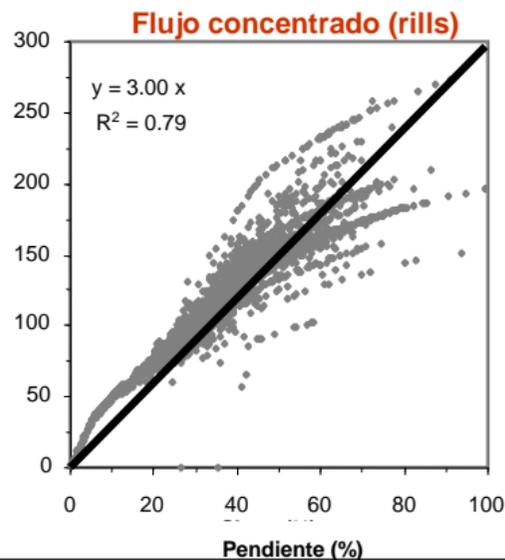
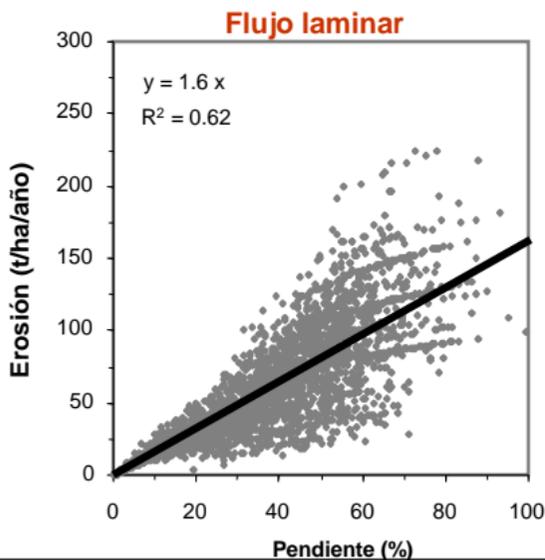
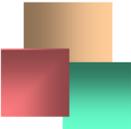


Figure 1. Four types of soil erosion on an exposed slope. (Source: Ref. 31)



# Factores que afectan la erosión:

- ✓ Energía de la pendiente
- ✓ Longitud
- ✓ Cobertura vegetal
- ✓ Estructura y textura del suelo
- ✓ Intensidad de la precipitación (mm/minuto)
- ✓ Capacidad de aceptación de agua por el suelo (mm/minuto)
- ✓ Estado inicial (seco o mojado (fuerza de Van der Waals, atracción débil),



## ***¿Por qué es importante como problema la erosión?***

- Perdida de productividad primaria del sistema edáfico.
- La degradación del suelo afecta la calidad y cantidad de agua y los hábitats acuáticos.
- Necesidad de predecir y reducir la producción de sedimento a nivel de la cuenca.
- Problemas de eutrofización y biodiversidad.



Cárcava en forma de espina de pescado del NE del Dpto. de Canelones





Foto: Ing. Agr. Eduardo Dilandro

Cárcava en predios tratados con herbicidas  
en prácticas de “cero laboreo”



Foto: Ing. Agr. Eduardo Dilandro

Cárcava en predios tratados con herbicidas  
en prácticas de “cero laboreo”



Foto: Ing. Agr. Eduardo Dilandro

Cárcava en predios tratados con herbicidas  
en prácticas de “cero laboreo”





24/08/2005



31/03/2007



25/08/2005



24/08/2005



24/08/2005



24/08/2005

03/03/1943  
Imagen Trimetrogón  
vertical, esc. 40.000

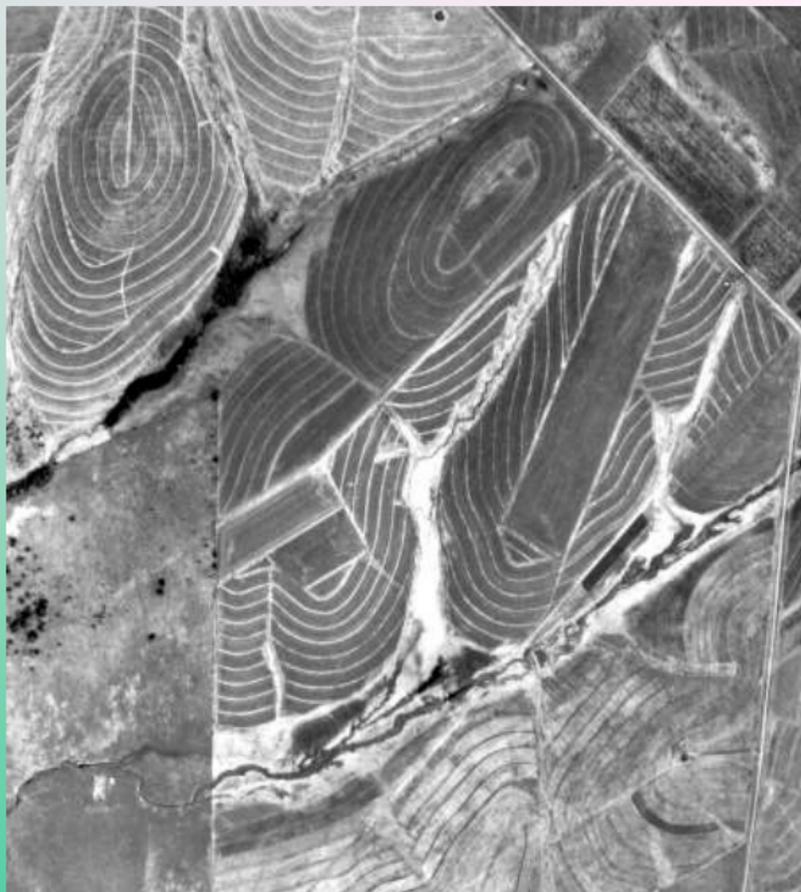








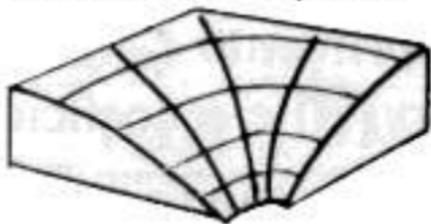
ESTO ES UN BUEN  
EJEMPLO DE LABOREO,  
RESPETANDO LAS  
PENDIENTES Y DESAGÜES.



# **Formas de vertientes**

Pendientes  
colectoras de agua

Pendientes de reptación

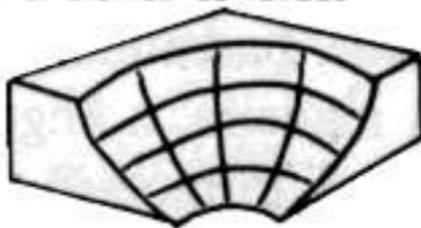


II

radios de nivel concavos

Convexa concentradora

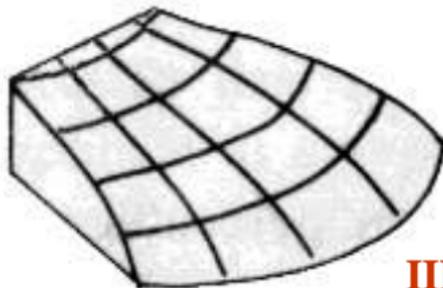
Pendientes de lavado



I

Cóncava concentradora

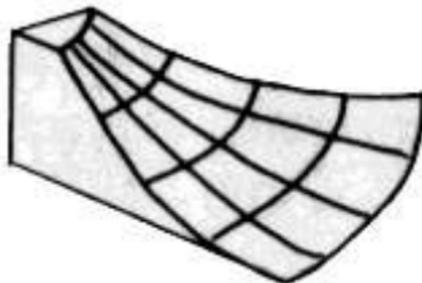
Pendientes  
esparcidoras de agua



III

Curvas de nivel convexas

Convexa dispersadora

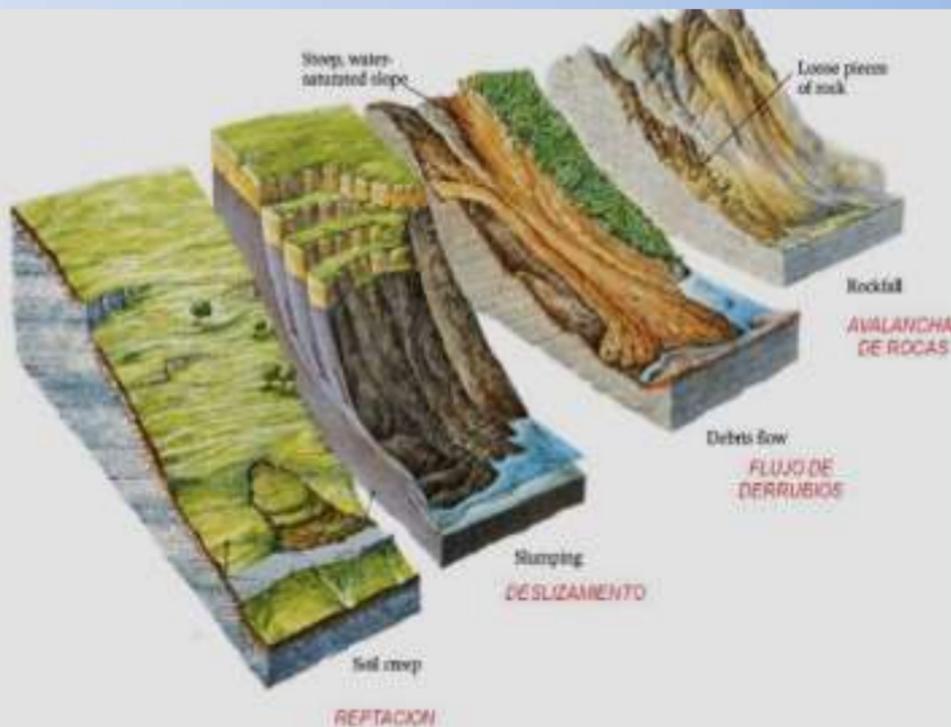


IV

Cóncava dispersadora

Combinaciones de  
concavidad y convexidad  
en radios y contornos  
(según Troeh, 1965).





# Movimientos de Masas

Seco

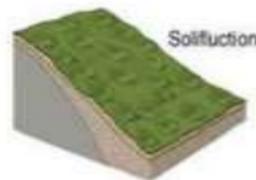
Contenido de agua

Mojado

# TIPOS DE MOVIMIENTOS DE MASA

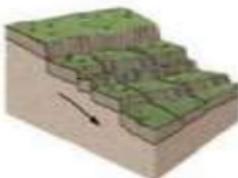


Soil creep

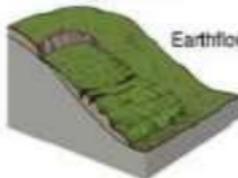


Solifluction

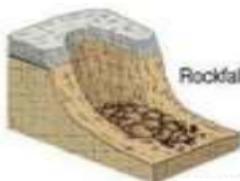
Translational slide



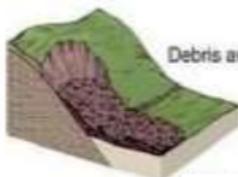
Slump-rotational slide



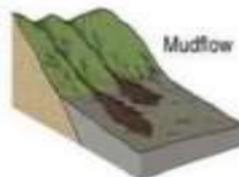
Earthflow



Rockfall



Debris avalanche



Mudflow

Lento

Tasa de movimiento de masa

Rápido

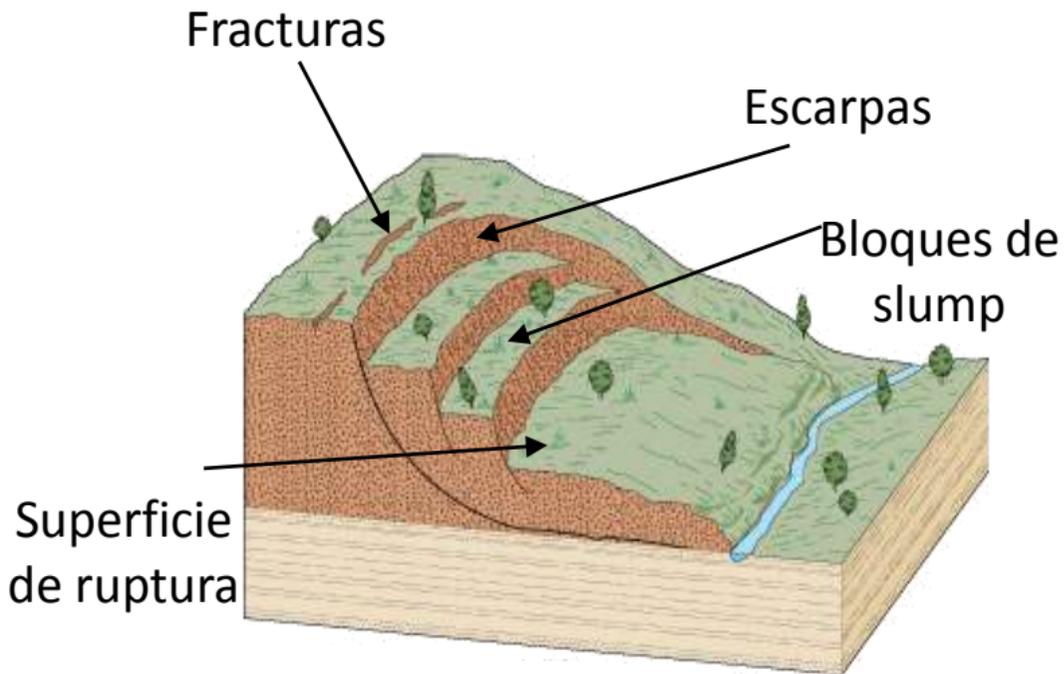
Lento

Rápido

Seco

Mojado

Slump



#### 14.12 Formation of Slump

In a slump, material moves along a curved surface of rupture and is characterized by the backward rotation of the slump block. Most slumps involve unconsolidated or weakly consolidated material and are typically caused by erosion along the slope's base.

Foto Augusto Pérez Alberti

Barranca de Mauricio



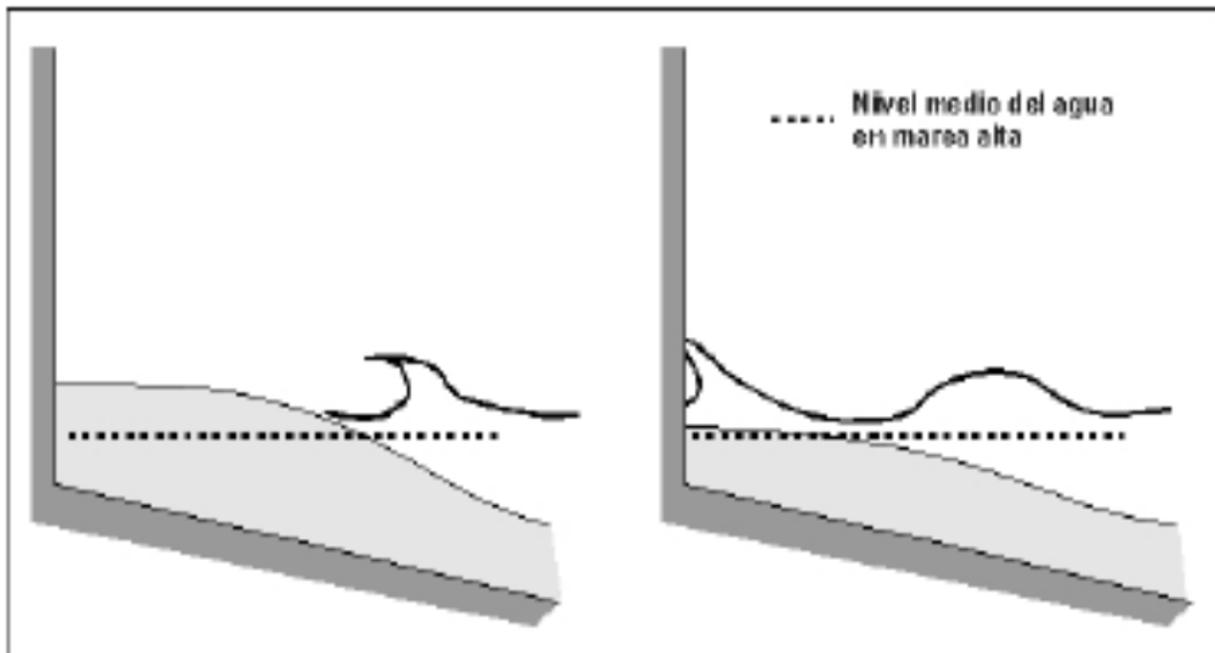
08/11/2005

Foto Augusto Pérez Alberti



Barranca de Mauricio

08/11/2005



**Figura 32.** Las modificaciones en la elevación del contacto playa/acantilado repercuten en el total de tiempo de exposición al oleaje de la base del escarpe.

(Jones y Williams, 1991; Wilcock *et al.*, 1998)

# Deslizamientos

Requiere superficie sobre la cual se produce el flujo



Deslizamientos





13/08/2005

# Flujos

*Earth flow* (flujo de barro y arena)

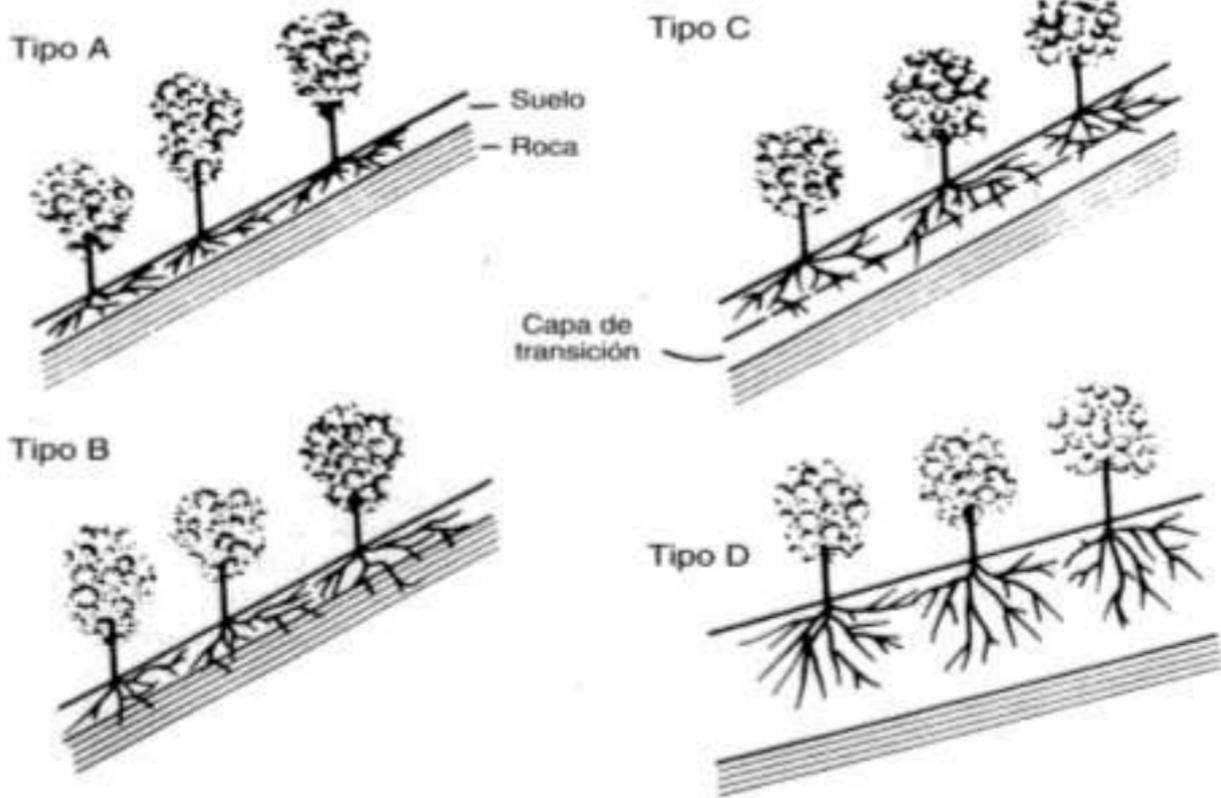
*Debris flow* (colada de derrubios)



Deslizamientos y flujos de detritos (*debris slide-flow*) sobre fuertes pendientes en la cordillera Central de los Andes, que afectan al trazado del ferrocarril (F. Gutiérrez, 2001).



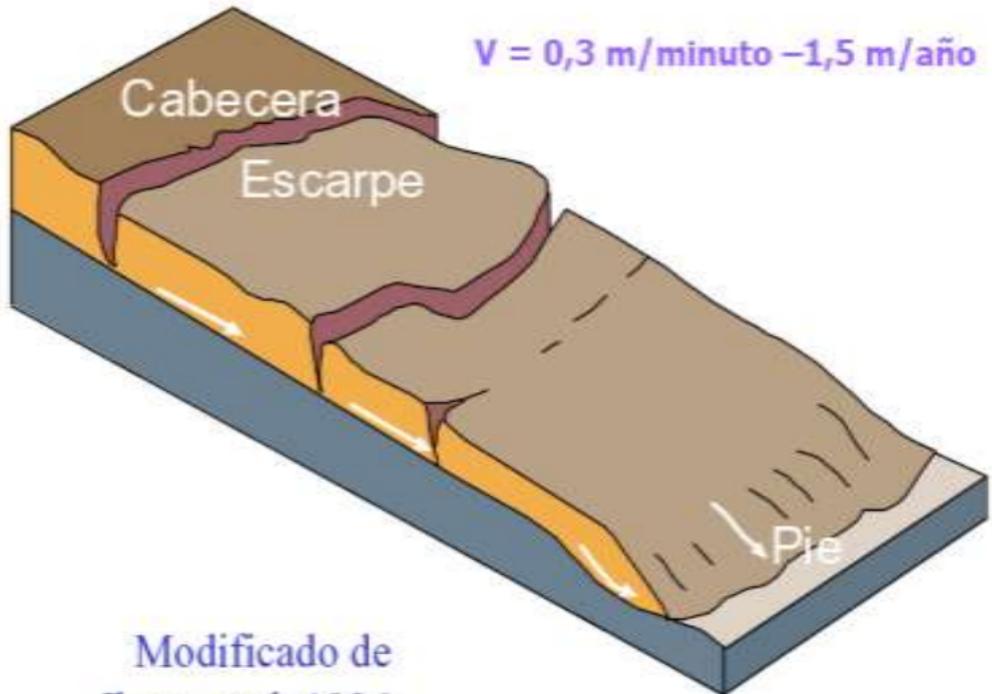
Deslizamiento sobre fuertes pendientes con una vegetación de pluvisilva, Isla de la Martinica (F. Gutiérrez, 2001).



**Sistematización de la influencia de la vegetación en de las laderas en función del anclaje y refuerzo de las raíces (Tsukamoto y Kusakabe, 1984)**

Creep

# Deslizamientos traslacionales



**Creep**

# Un caso particular de flujo: la reptación superficial

Vallas volcadas y rotas

Troncos de los árboles curvados

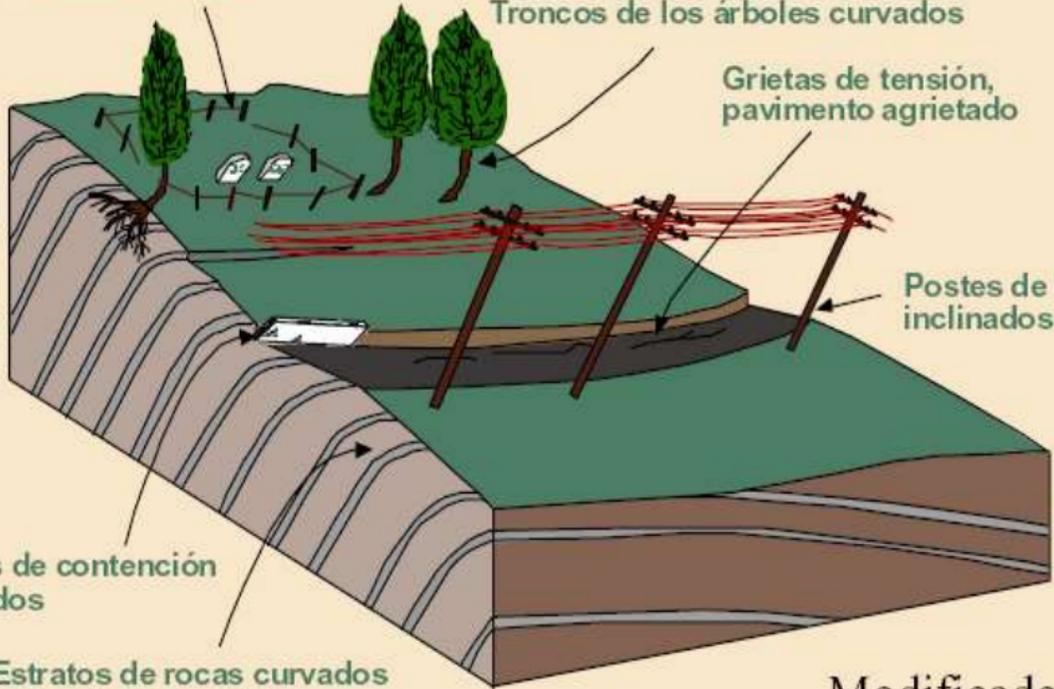
Grietas de tensión,  
pavimento agrietado

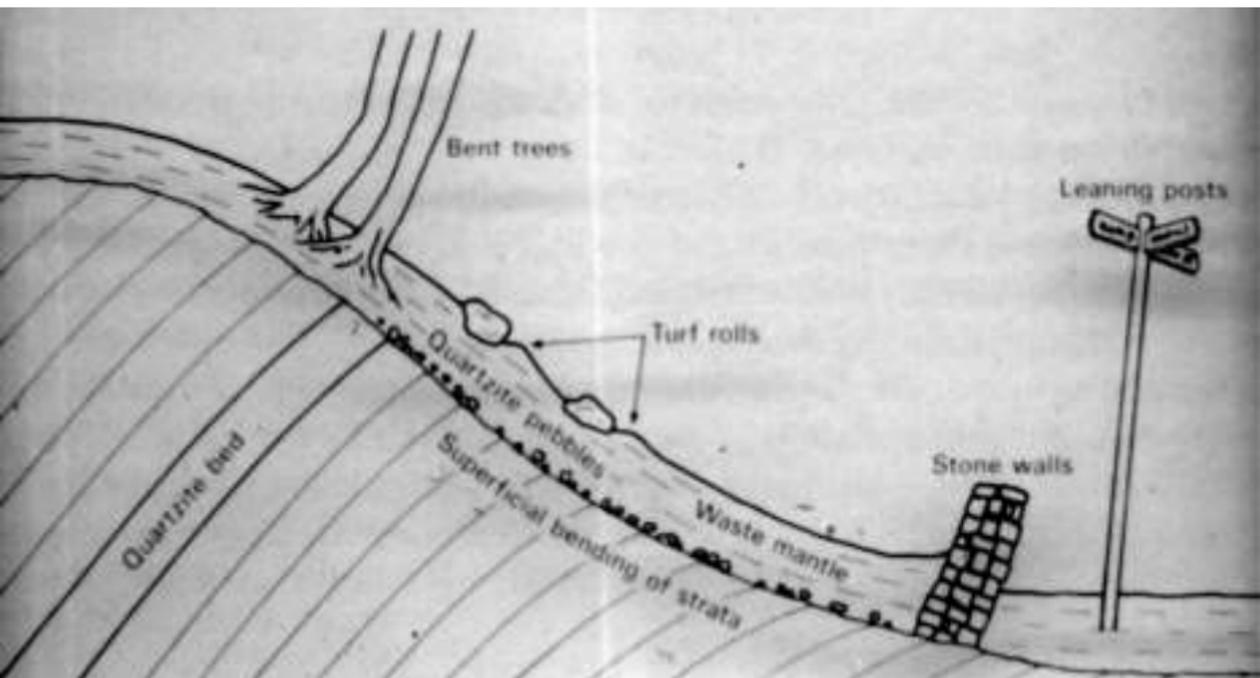
Postes de la luz  
inclinados

Muros de contención  
volcados

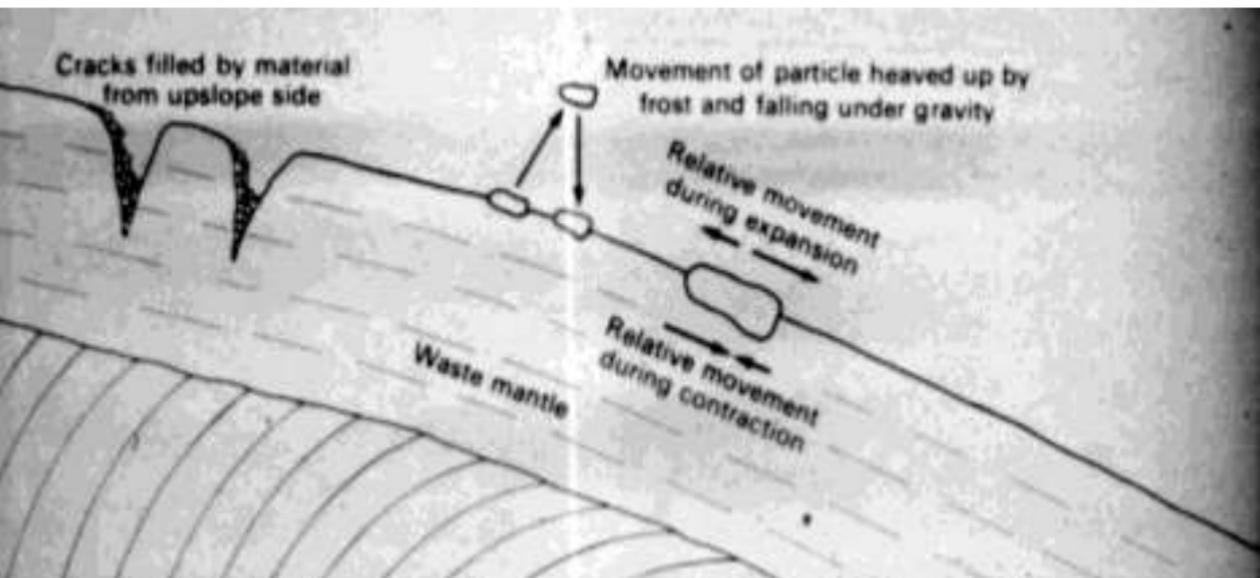
Estratos de rocas curvados  
cerca de la superficie

Modificado de  
Sharpe, 1938





Evidencias que indican deslizamiento de suelos (***creep***)



Algunos de los procesos asociados al deslizamiento de suelos



08/08/2005



12/08/2005



08/08/2005



24/08/2005



24/08/2005





**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)*  
**Posgrado en Ciencias Ambientales**



## Materia: Ecología del Paisaje

### III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

#### a) Modelado del Paisaje. Dinámica de vertientes

26 mayo 2025

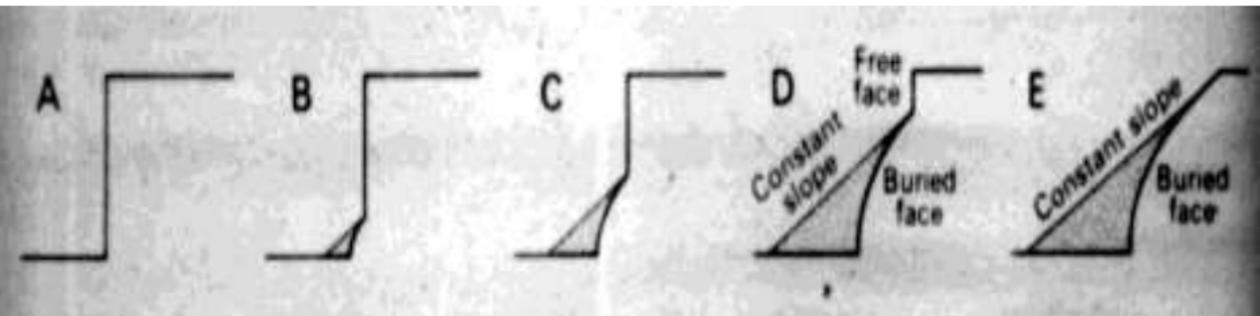
Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario  
Dra. Ofelia Gutiérrez

Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario ([panari@fcien.edu.uy](mailto:panari@fcien.edu.uy))  
Ofelia Gutiérrez ([oguti@fcien.edu.uy](mailto:oguti@fcien.edu.uy))

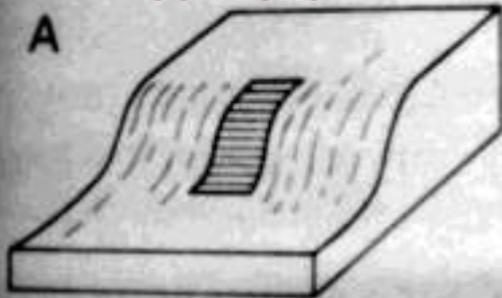
# Conos de derrubio



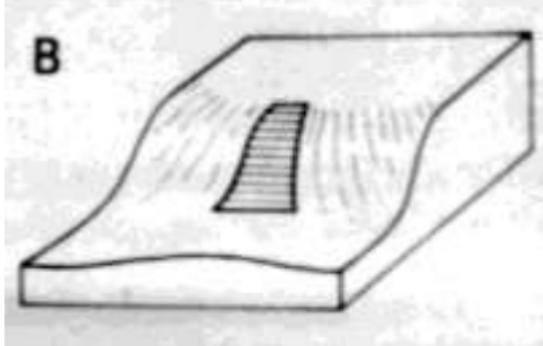
Evolución de una barranca  
sin eliminación de derrubios



plana-convexa

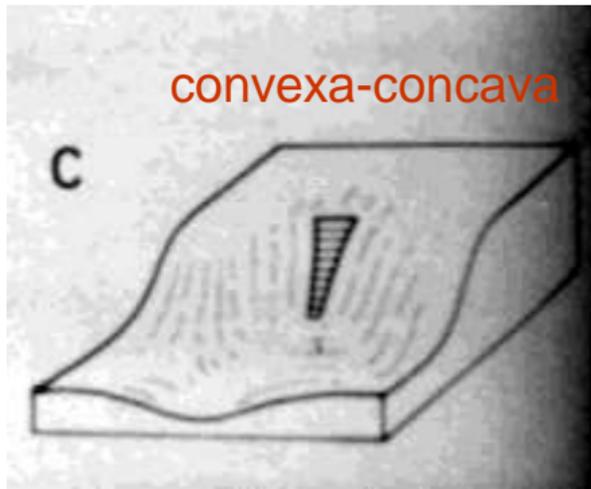


convexa-convexa

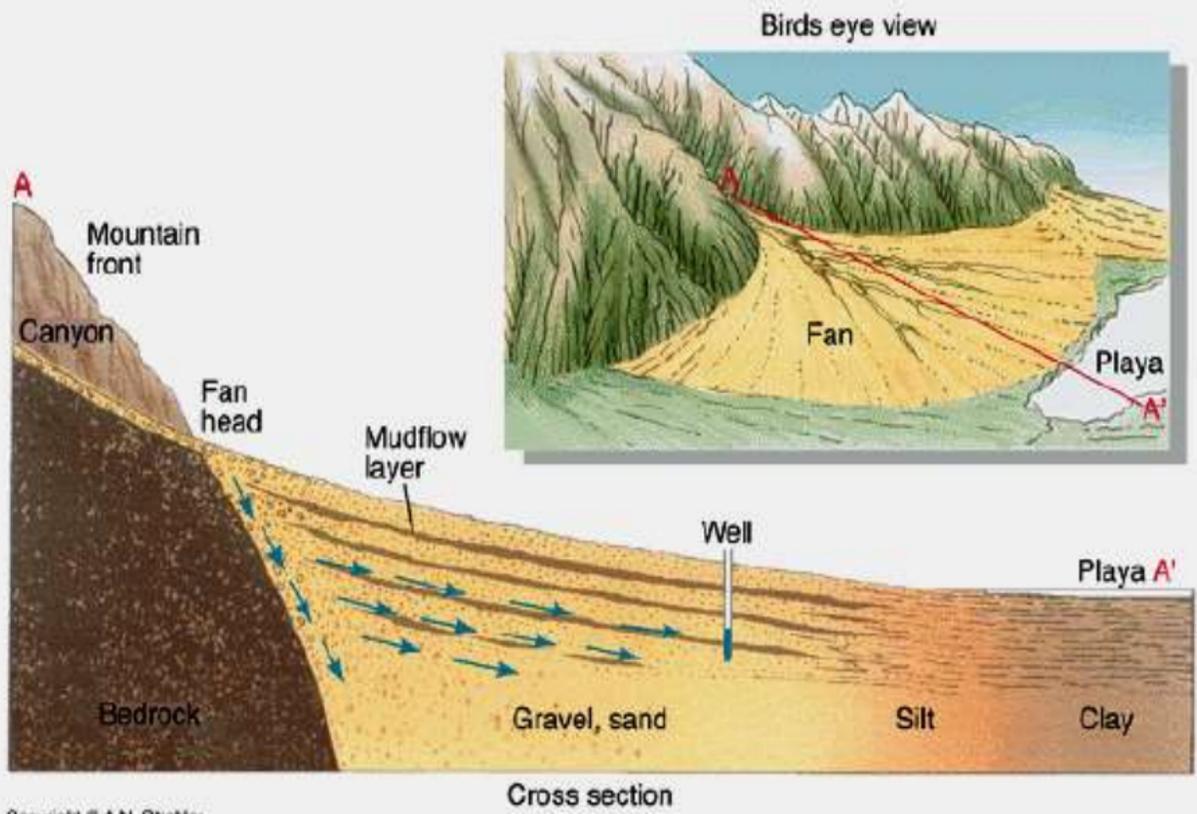


Tipos de movimientos de masas (**creep**) según formas de la pendiente:

convexa-concava

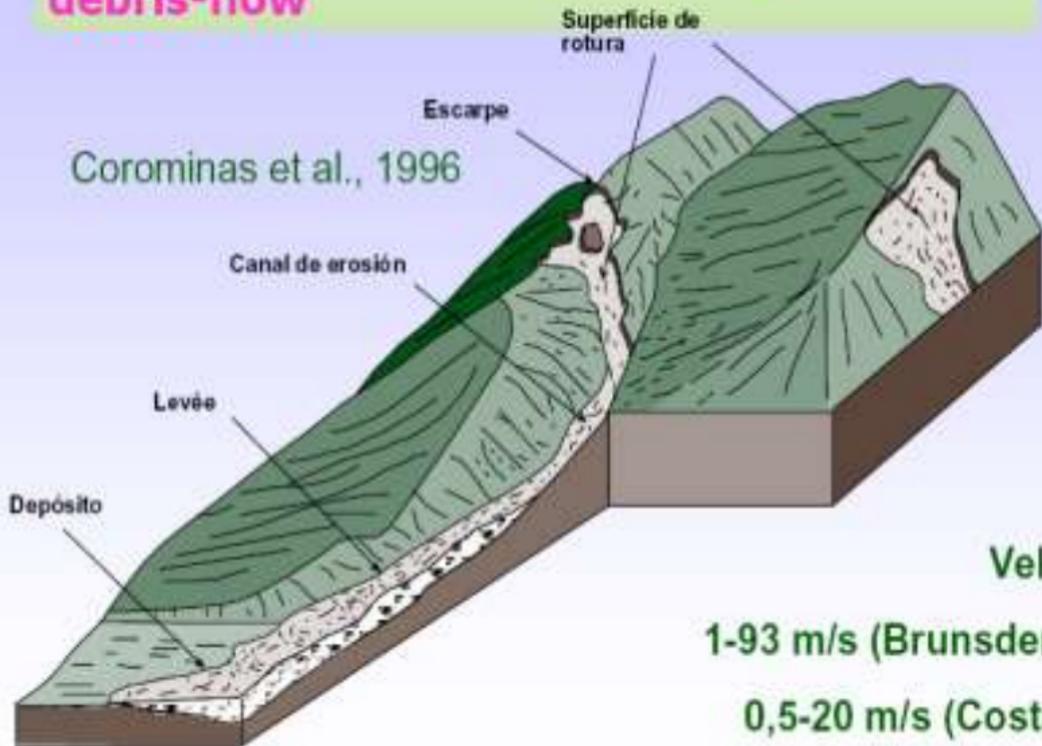


# Abanicos aluviales





## Flujos: características morfológicas de los debris-flow



Velocidad:

1-93 m/s (Brunsden, 1979)

0,5-20 m/s (Costa, 1984)

13,9 m/s (Neall, 1976)

# Otros procesos y estructuras



27/08/2005