



CI0222 - Ingeniería Geológica y Geotécnica

Tema: Geología para ingenieros

Equipo docente:

Dr. Ing. Gustavo Orlando Bogado
Mgtr. Ing. Hugo Orlando Reinert
Ing. Gross Marcelo

Tabla de contenidos

01

Introducción

02

Minerales

03

**Formación
del suelo**

04

**Geología de
Misiones**



01

Introducción

Ingeniería geológica

Geología aplicada

La **geología aplicada, o geología para ingenieros,** *geology for engineers*, es la geología utilizada en la práctica por los ingenieros civiles.

Es una **rama de la geología** que trata de su aplicación a las **necesidades de la ingeniería civil**.

No implica necesariamente el uso de los métodos de ingeniería geológica para el estudio y resolución de los problemas geológicos en ingeniería.

Geología aplicada

La **ingeniería geológica**, *engineering geology* y *geological engineering*, se diferencia de la geología aplicada en que además del fundamento geológico, es necesario conocer los **problemas del terreno que presentan las obras** de ingeniería; los métodos de **investigaciones *in situ*** y la **clasificación y el comportamiento de los suelos**(mecánica de los suelos) y **rocas** (mecánica de **rocas**) en relación con la ingeniería civil.

Incluye además el **conocimiento práctico** de la mecánica del suelo, mecánica de rocas e hidrogeología

De la geología al proyecto

La geología es la base para pasar de una descripción del terreno a un **modelo geotécnico de diseño**.



Aplicaciones directas en ingeniería civil:

fundaciones, taludes, excavaciones, caminos, túneles, presas, drenaje y control de riesgos geológicos.

¿Qué mira cada profesional?

La misma excavación puede leerse desde dos miradas complementarias.

Geólogo

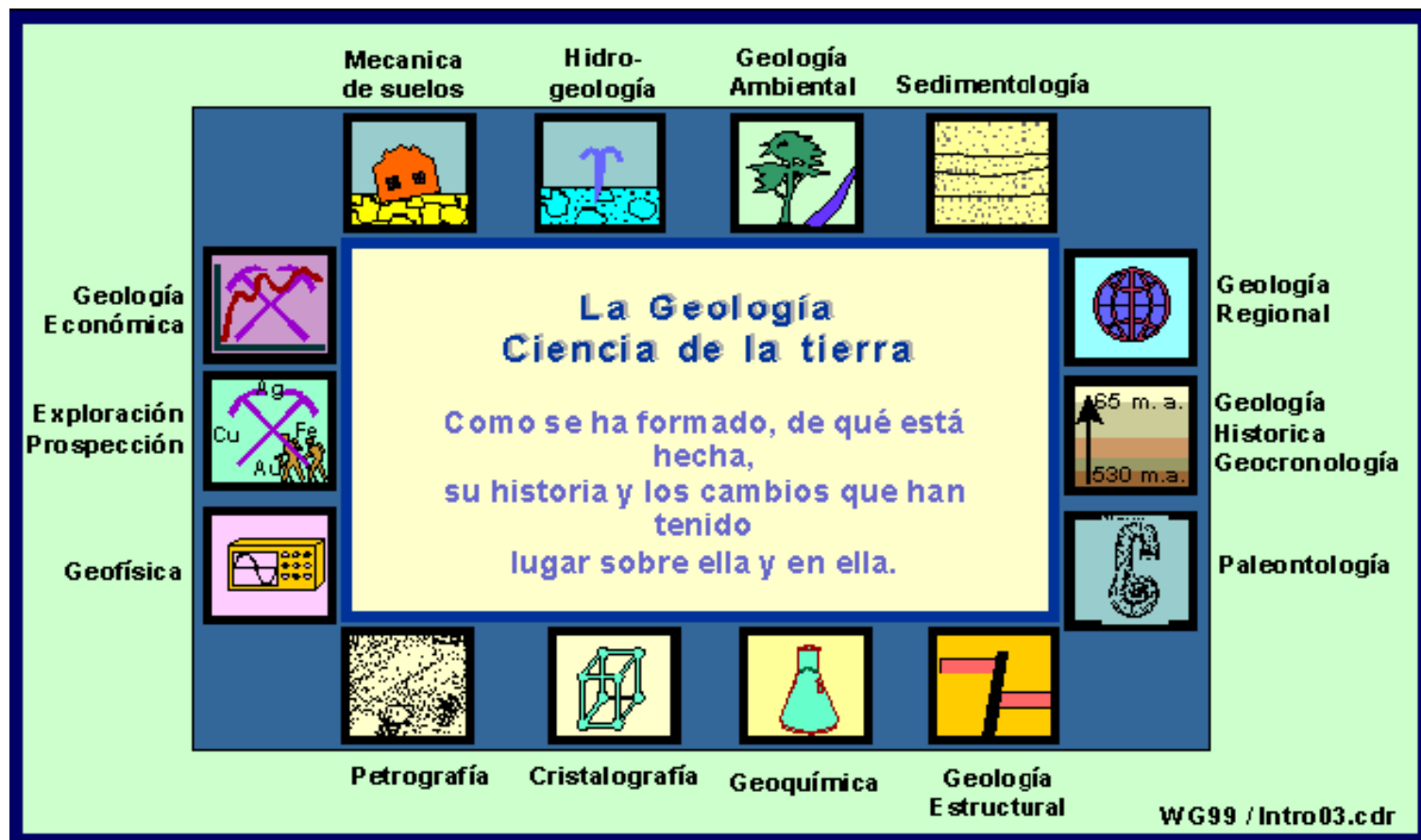
- Origen y edad de materiales
- Litología y estructuras
- Procesos geológicos activos
- Mapa e historia del terreno

Ingeniero geotécnico

- Comportamiento del terreno
- Parámetros y ensayos
- Estabilidad y deformaciones
- Riesgo, obra y construcción

Punto de unión: perfil geológico-geotécnico confiable para fundar, excavar o estabilizar.

Geología aplicada



Estructura interna de la tierra

La evolución de la tierra ha requerido millones de años. Se ha perforado hasta 3 km del total de 6.370 km de la superficie al centro.

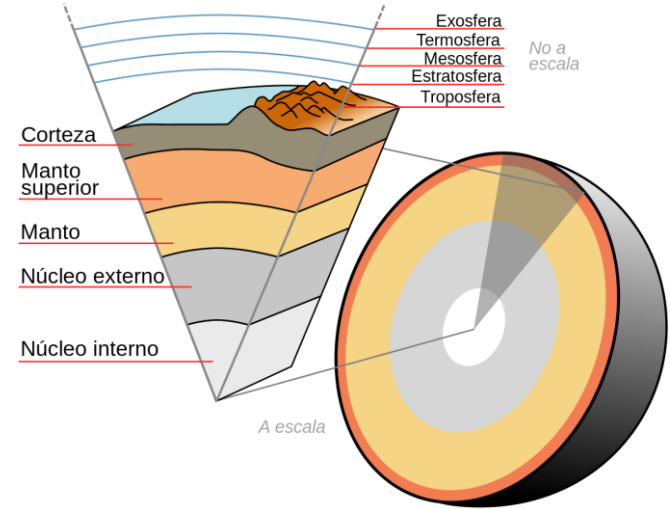
Con la trayectoria de ondas sísmicas primarias (P) y secundarias (S) se ha podido inferir la estructura de la tierra.

Estructura de la Tierra:

Núcleo interior (Ni y Fe): Estado sólido $T = 5.000^{\circ}\text{C}$

Núcleo exterior (Ni y Fe): Estado líquido 2200°C a 5.000°C

Manto: los materiales (denominados “magma”) de la Astenósfera (su porción superior) se adaptan a los cambios de forma o lugar de las masas continentales. La diferencia de temperatura (superior e inferior) generan corrientes de convección. Algunas llevan el magma a la superficie (“Lava”).

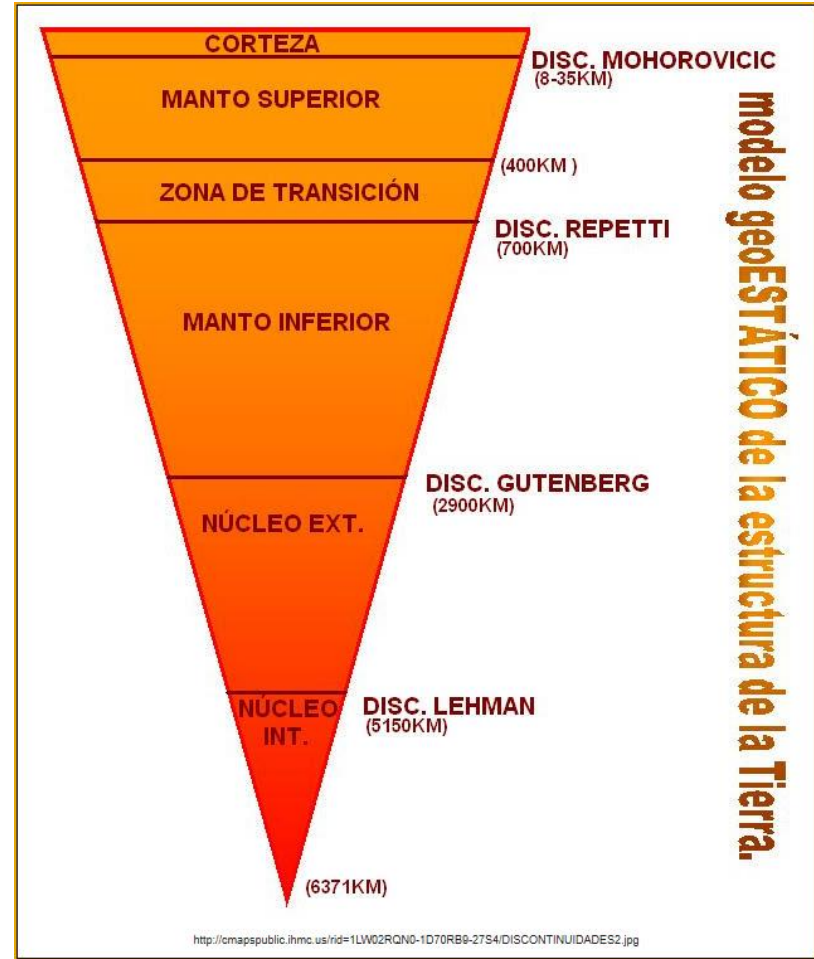


Estructura interna de la tierra

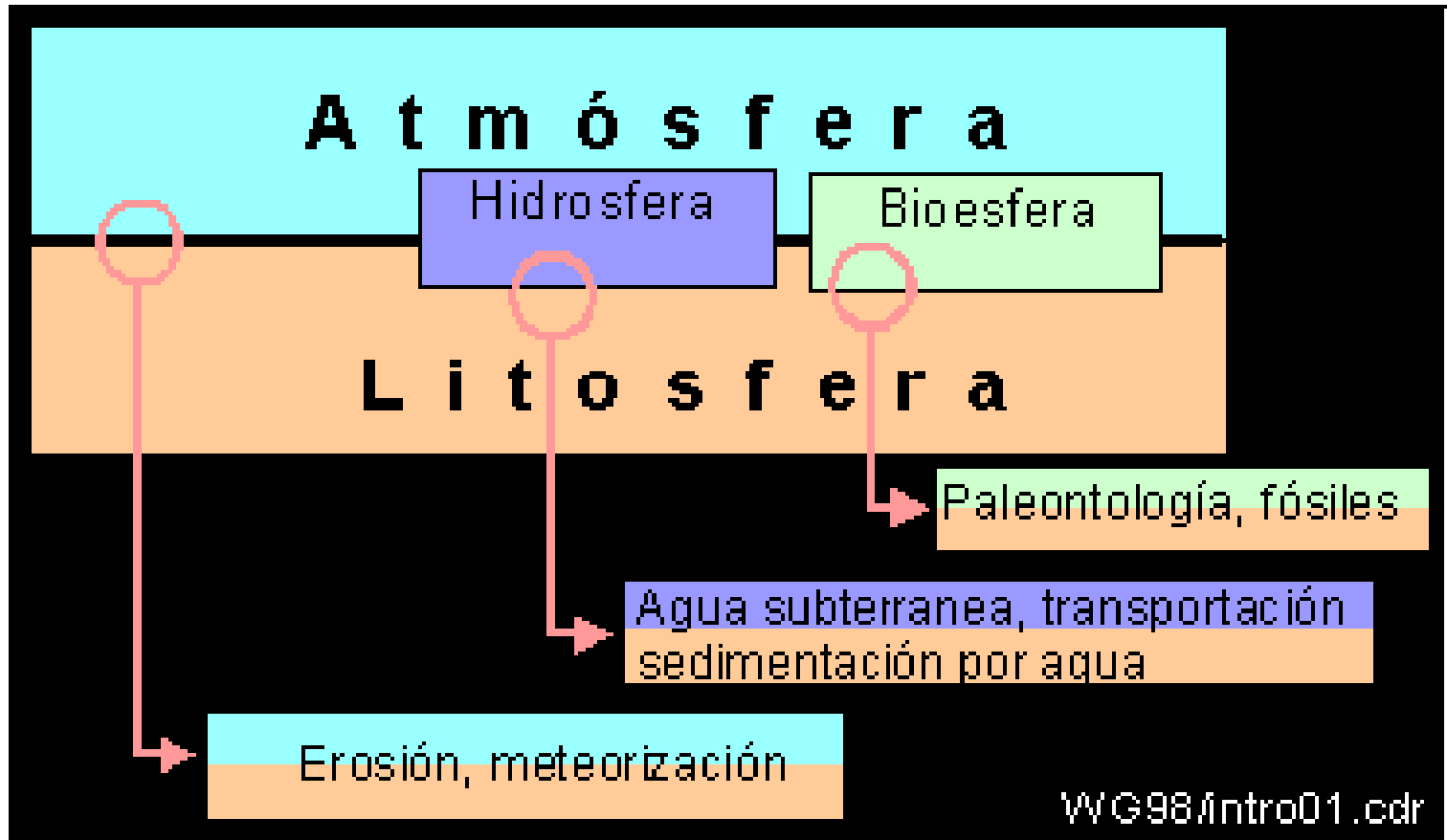
Corteza terrestre: Se formó hace millones de años. Representa el **1 % de la masa terrestre**. En la **capa continental** su **espesor varia entre 33 y 60 km** mientras que en los **océanos hasta 5 km**.

Vital para la existencia humana está formada por numerosos minerales que dan origen a rocas de diversos tipos.

Zona de Mohorovicic:
Límite entre el manto y
la corteza.

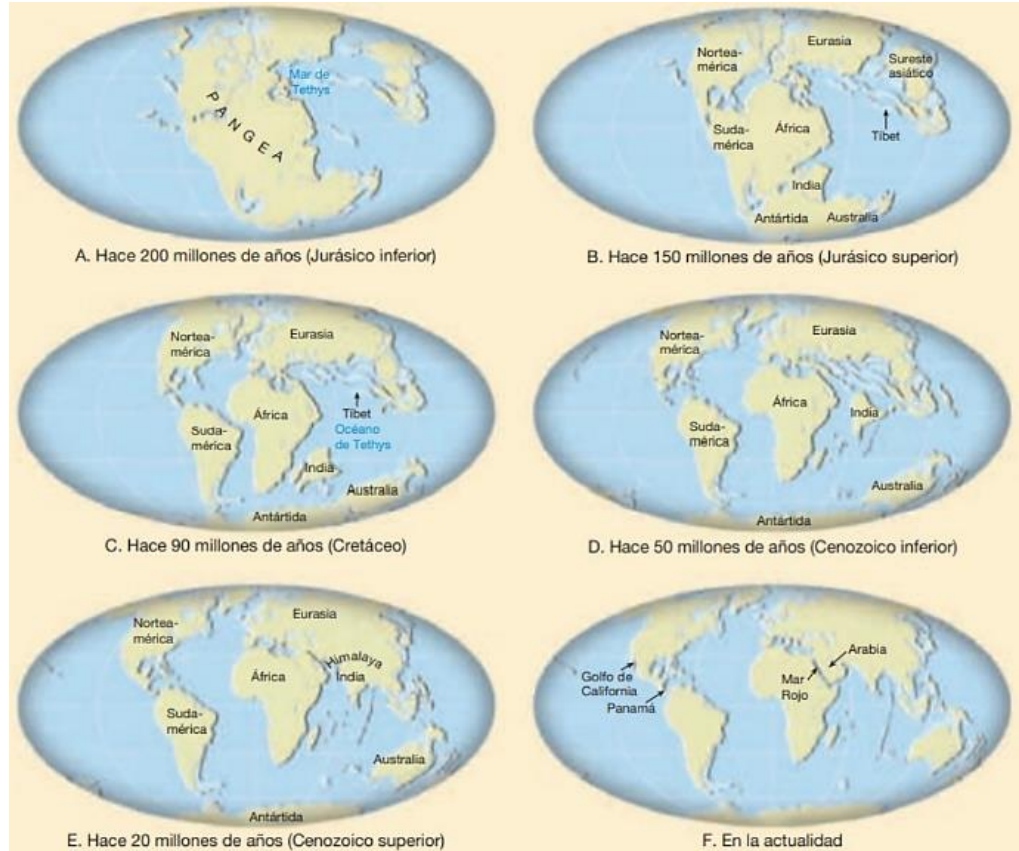


Estructura interna de la tierra

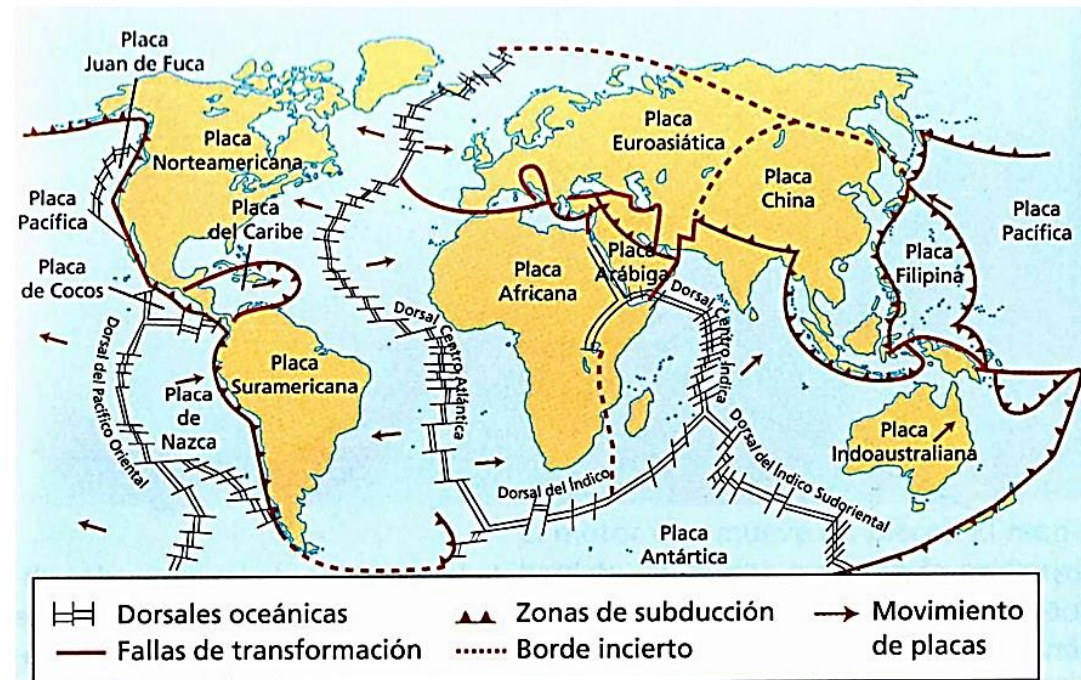


Formación de continentes

Los continentes se formaron por el enfriamiento de la Tierra primitiva. A través de la **tectónica de placas**, estas masas se unieron hace unos 300 millones de años en un supercontinente llamado **Pangea**, el cual comenzó a romperse hace 175 millones de años para dar lugar a los continentes actuales.



Placas tectónicas



Son grandes bloques de roca sólida que forman la capa más externa de la Tierra, llamada litosfera. Se mueven muy despacio sobre una capa blanda del manto. Su constante movimiento crea montañas, volcanes y causa terremotos

Minerales



02

Mineral

Sólido inorgánico natural que posee una **estructura interna ordenada** y una **composición química definida**. Existen en la tierra alrededor de 4000 minerales cada uno de los cuales está definido por su composición química y su estructura interna.

Un mineral está compuesto por **átomos químicamente unidos en una disposición ordenada** formando una **estructura cristalina concreta**. La disposición ordenada se observa en objetos de formas regulares llamados cristales.

La estructura cristalina esta dada por la **carga de los iones** y **por su tamaño**.

Minerales y comportamiento geotécnico

En ingeniería, el mineral interesa por **cómo condiciona el comportamiento del suelo y la roca.**

Arcillas

plasticidad, retención de agua, contracción e hinchamiento

Feldespatos

meteorización y formación de saprolitos

Óxidos de Fe/Al

color rojo, cementación, laterización y agregación

Propiedades de los minerales

Dureza

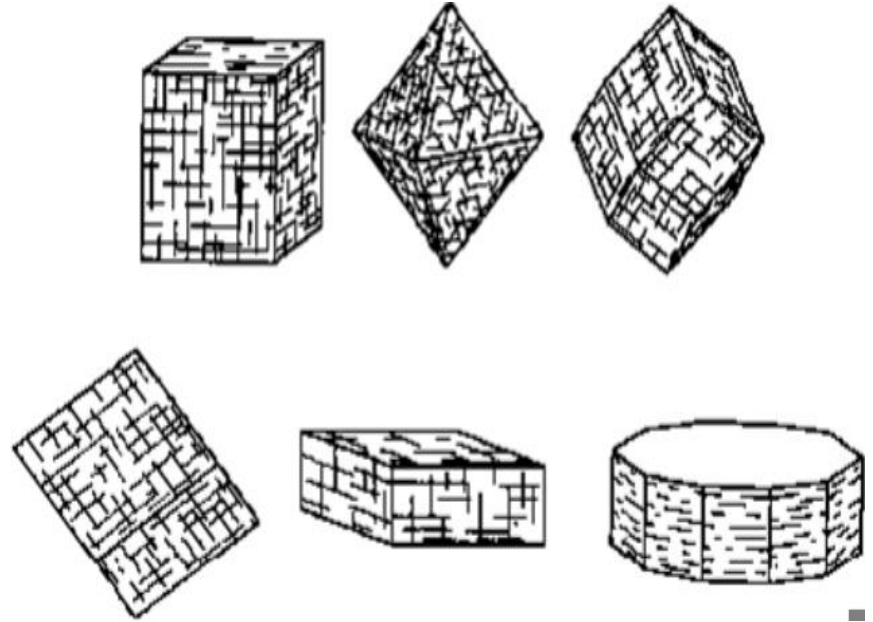
Es una propiedad que mide la **facilidad con que se puede rayar la superficie de un mineral**. En 1822 Friedrich Mohs inventó la escala de durezas, basada en la habilidad de un mineral para rayar otro. La dureza de un mineral **depende principalmente del tipo de enlace que exista entre sus átomos**. La **estructura cristalina** que posea el mineral también hace variar la dureza

Talco	1
Yeso	2
Calcita	3
Fluorita	4
Apatito	5
Ortoclasa	6
Cuarzo	7
Topacio	8
Corindón	9
Diamante	10

Propiedades de los minerales

Clivaje (exfoliación)

Es la tendencia de un mineral a **romperse a lo largo de una superficie plana**. El término es usado para describir el **arreglo geométrico producido por su rompimiento**. El clivaje varía inversamente a la fuerza del enlace. Si los **enlaces son fuertes el clivaje será malo** y si el **enlace es débil el clivaje será bueno**.



Propiedades de los minerales

Clivaje (exfoliación)

El número de planos y patrones del clivaje es identificado en muchas rocas formadoras de minerales. Las caras están formadas a lo largo de numerosos **planos definidos por columnas de átomos e iones**. El **clivaje ocurre a lo largo de esos planos**.



Exfoliación buena en dos direcciones de un feldespato



Exfoliación ausente en cuarzo - concoide



Exfoliación buena en tres direcciones: Calcita

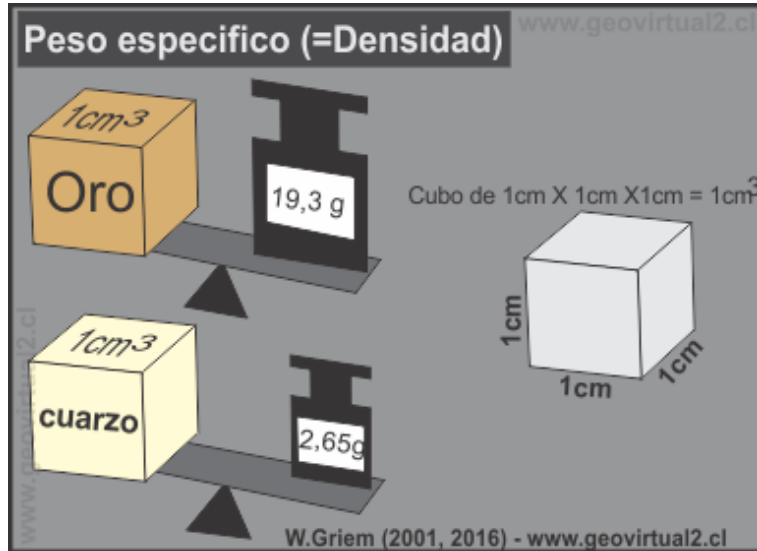
Propiedades de los minerales

Peso específico

Cada mineral tiene un peso definido por centímetro cúbico.

Este peso característico se describe generalmente comparándolo con el peso de un volumen igual en agua. El número resultante es lo que se llama peso específico del mineral.

El **peso específico** de un mineral **aumenta con el número atómico** de la masa de los elementos que lo constituyen **y con la proximidad o compactamiento** con que estén arreglados en la estructura cristalina.



Propiedades de los minerales

Color

Aunque el color no es una propiedad segura para la identificación de la mayoría de los minerales, se le usa en ciertas distinciones de carácter general. Por ejemplo los **minerales ferruginosos**, por lo común son de **color oscuro** que puede ser **gris oscuro, verde oscuro y negro**.

Los **minerales que contienen aluminio** son de **color claro**, que puede incluir el **púrpura, rojo profundo, amarillo y algunos tonos café**.

Mineral	
Magnetita	negro
Hematita	rojo
Epidota	verde
Clorita	verde
Lapislázuli	azul oscuro
Turquesa	azul característico
Malaquita	verde brillante
Cobre nativo	rojo cobrizo

Fuente: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap02a.htm>

Propiedades de los minerales

Color



Malaquita (verde)



Variedades de ágata



Variedades de cuarzo

Propiedades de los minerales

Brillo

Se refiere al **aspecto de la luz reflejada por un mineral**.

Minerales con **aspecto de metal** se dice que tienen **brillo metálico** independiente del color que posean. Los minerales de **brillo no-metálico** pueden ser de **brillo vítreo, perlado, sedoso, resinoso o terroso**.



Galena mineral con
brillo metálico



Cuarzo mineral
con brillo vítreo

Propiedades de los minerales

Raya

La raya de un mineral es el **color que éste presenta cuando se pulveriza finamente**. La raspadura puede ser muy diferente del color del ejemplar de mano. Por ejemplo la **hematita puede ser de color café, verde o negro**, pero la raspadura siempre tiene un color **café rojizo**.

Propiedades de los minerales

Fractura

Cuando los minerales no poseen clivaje entonces poseen fractura. La mayoría se **rompen en superficies irregulares**, pero también pueden romperse en **curvas lisas (fractura concoide)** o en **astillas**.



Fractura concoide de un trozo de obsidiana

Rocas según su génesis

Tipos de rocas

```
graph TD; A[Tipos de rocas] --> B[Ignea]; A --> C[sedimentaria]; A --> D[metámorfica]; B --> B1[Granito]; B --> B2[Basalto]; B --> B3[Piedra pómez]; C --> C1[Arenisca]; C --> C2[caliza]; C --> C3[conglomerado]; C --> C4[Yeso]; D --> D1[Mármol]; D --> D2[pizarra]; D --> D3[cuarcita]; D --> D4[Gneis];
```

Ignea

- Granito
- Basalto
- Piedra pómez

sedimentaria

- Arenisca
- caliza
- conglomerado
- Yeso

metámorfica

- Mármol
- pizarra
- cuarcita
- Gneis



03

Formación del suelo

Procesos generales de
formación del suelo

Suelo vs Roca

SUELO



Vs

ROCA



Terzaghi: Agregado natural de partículas minerales, **separables por fuerzas mecánicas de poca intensidad**, como la agitación en agua.

ASTM: Sedimentos u otras acumulaciones de partículas sólidas producidas por la **desintegración física y química de las rocas**, con o sin materia orgánica.

Terzaghi: Agregado natural de partículas minerales, unidas por **fuerzas cohesivas poderosas y permanentes**.

ASTM: Materia **sólida mineral** que se presenta en **grandes masas o fragmentos**.

Suelo vs Roca

SUELO



Vs

ROCA



A

Arena

Suelo formado por partículas
sueltas de minerales
(sílice, caliza, etc.)

B

Arenisca

Roca sedimentaria formada por la
cementación de granos de arena

Tipos de suelos según formación

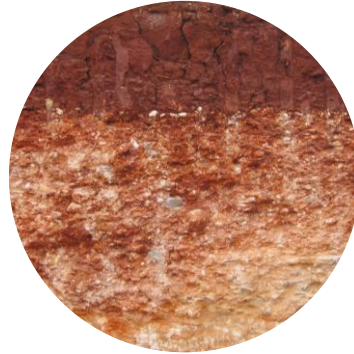
01



Sedimentarios

Las partículas se formaron en un lugar y fueron transportadas y depositadas en otro emplazamiento.

02



Residuales

Formados por la meteorización de la roca in situ, con escaso o nulo desplazamiento de las partículas

03



Artificiales

Rellenos diseñados con suelos y rocas seleccionados, basura

Suelos sedimentarios

Se originan por **transporte, depósito y acumulación** de partículas previamente meteorizadas.

Meteorización



Transporte



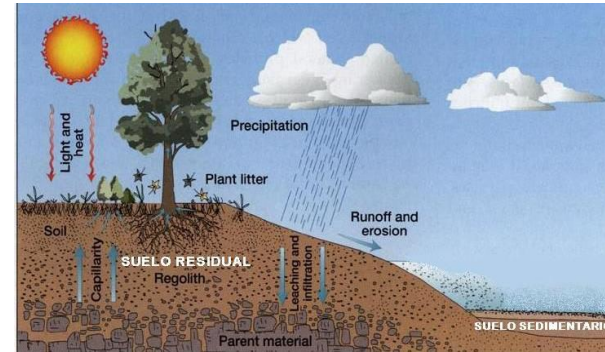
Depósito



Estratos

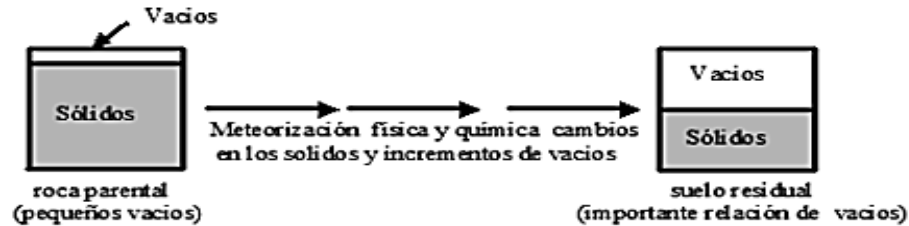
Aspectos clave para ingeniería:

- Agentes: agua, viento, hielo y gravedad.
- Suelen presentar capas, lentes y contactos.
- Pueden variar lateralmente y ser anisótropos.
- En finos: consolidación; en arenas sueltas saturadas: posible licuación.



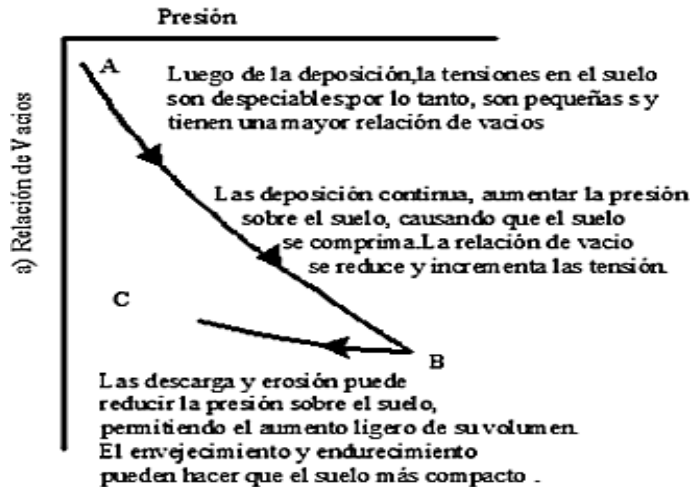
Lectura de proyecto: identificar origen, estratigrafía y continuidad de capas antes de asignar parámetros.

Formación del suelo

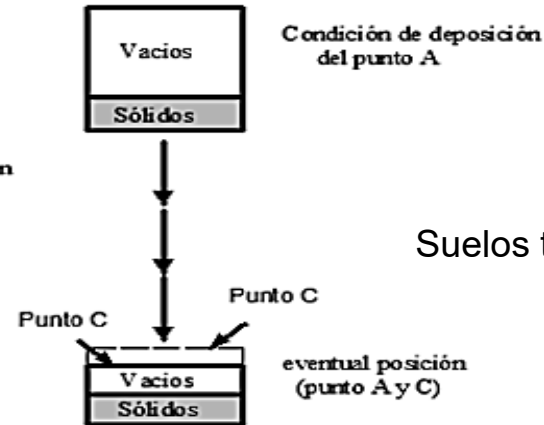


Suelos residuales

a) Suelo residual

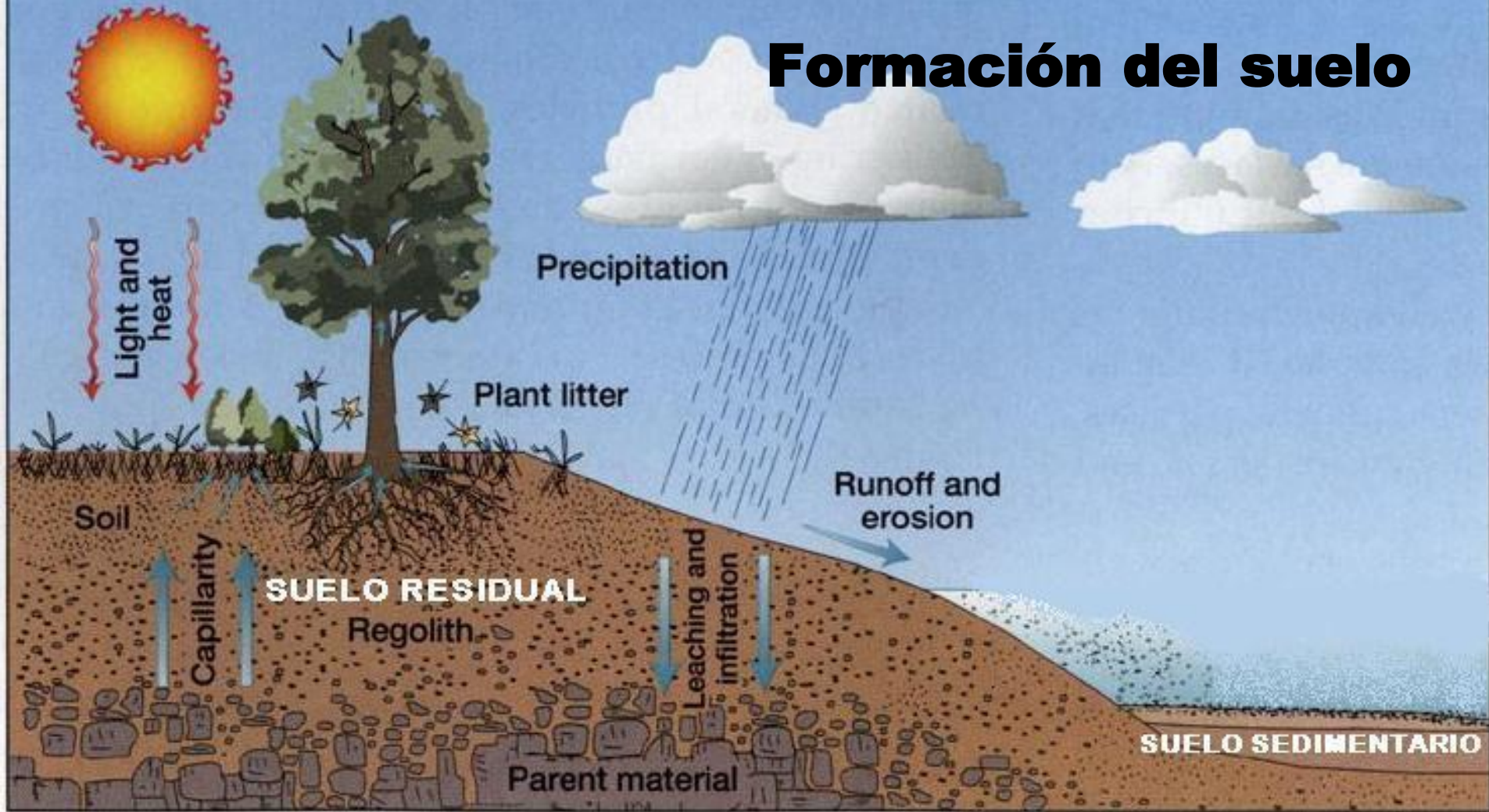


a) Suelo sedimentario

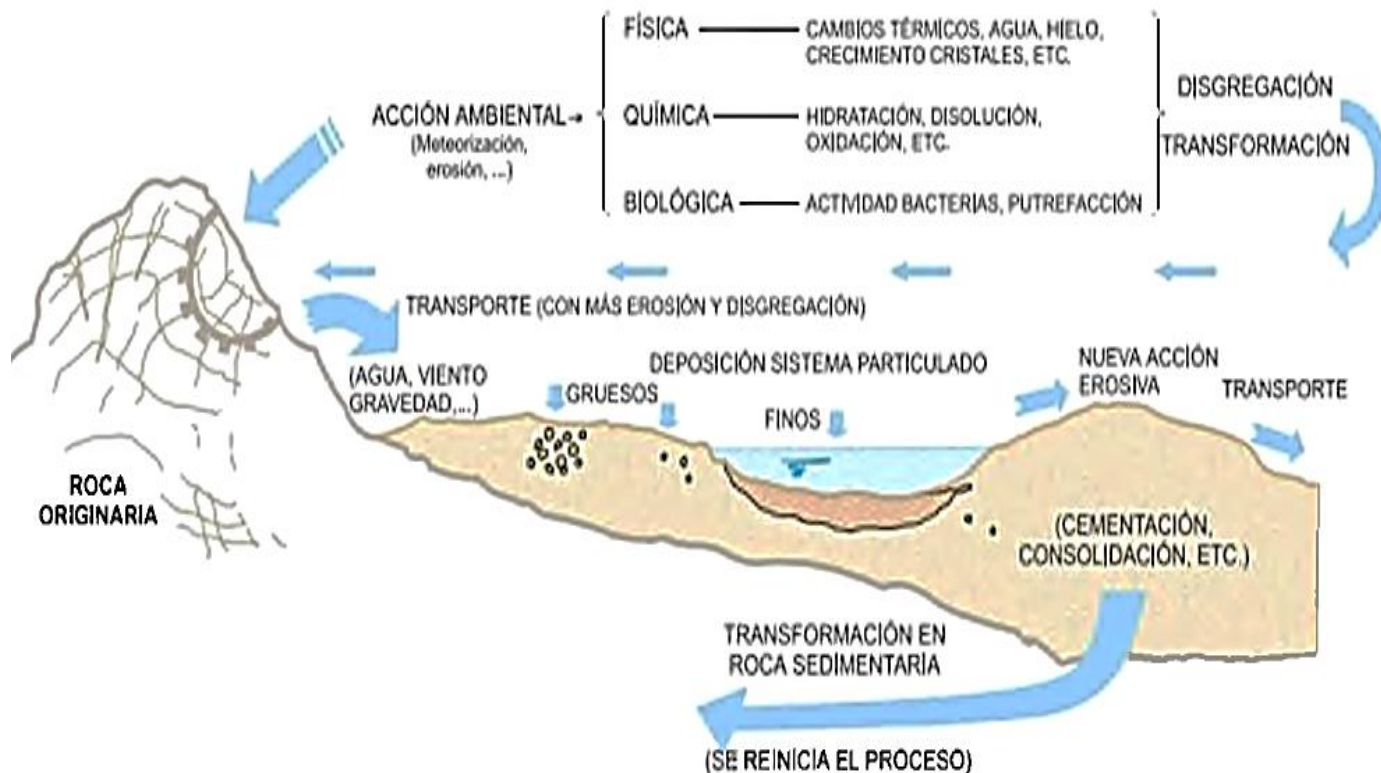


Suelos transportados

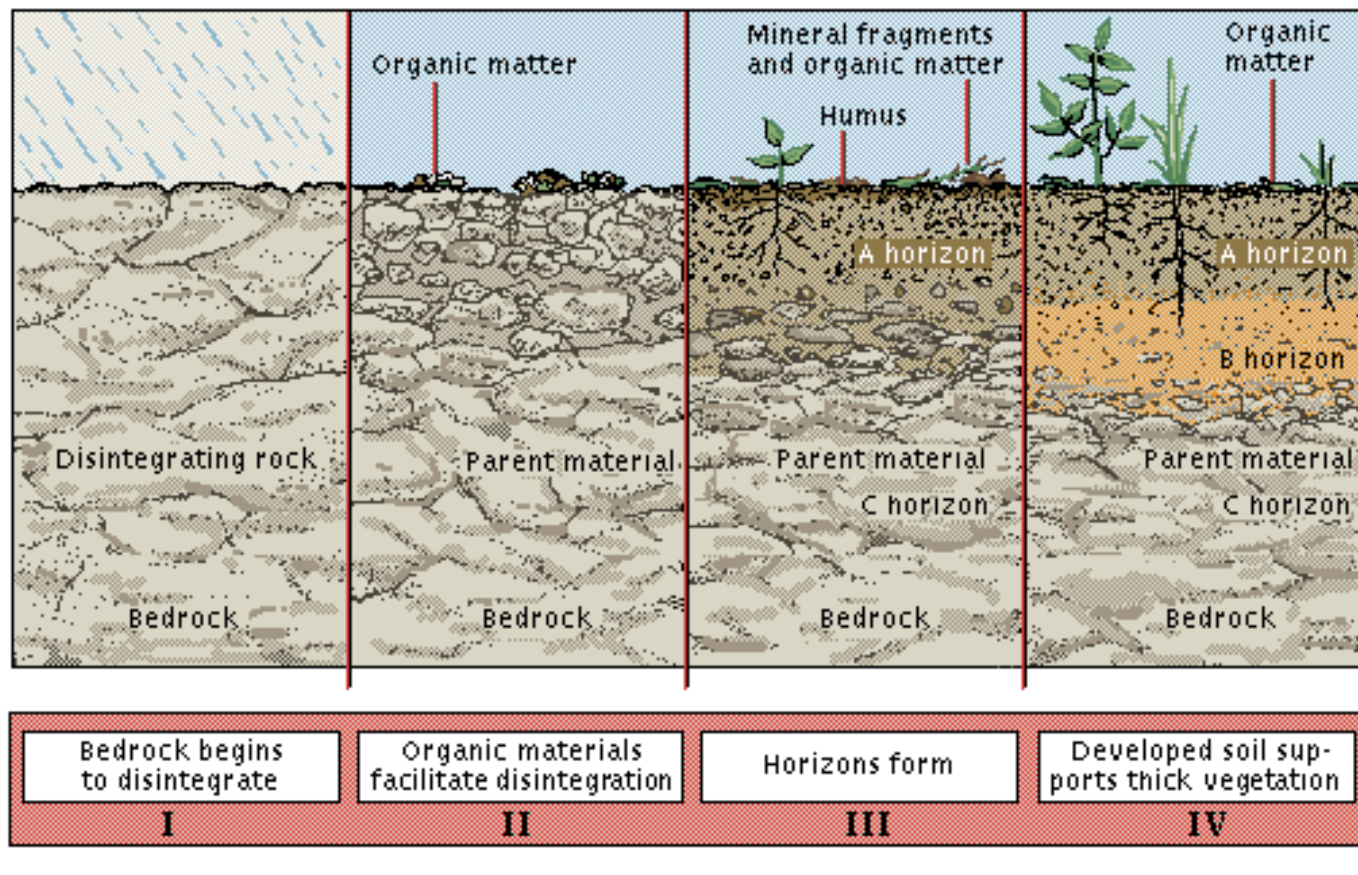
Formación del suelo



Formación del suelo



Horizontes



Horizontes

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1951) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1954, 1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	IV COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA
				IV a		HORIZONTE IB
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA		V COMPLETAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IC (SAPROLITO)
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA	III	IV ALTAMENTE ALTERADA	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	III MODERADAMENTE ALTERADA			II	III MODERADAMENTE ALTERADA	
	II ALGO ALTERADA				II DEBILMENTE ALTERADA	
	I ROCA SANA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	ROCA INALTERADA	IB MUY POCO ALTERADA	IB PARCIALMENTE METEORIZADA
					IA ROCA SANA	
						ROCA SANA



Horizontes



O

A

B

Horizontes



Horizontes



Suelos transportados

Partículas	Diámetro (mm)	Velocidad del viento (m/seg.)	Velo. del viento en (km/hora)
Limo	0,05-0,01	0,1-0,05	0,36-0,18
Arena fina	0,1	1-1,5	3,6-5,4
Arena mediana	0,5	5-6	16,5-21,6
Arena gruesa	1	10-12	36-43,2

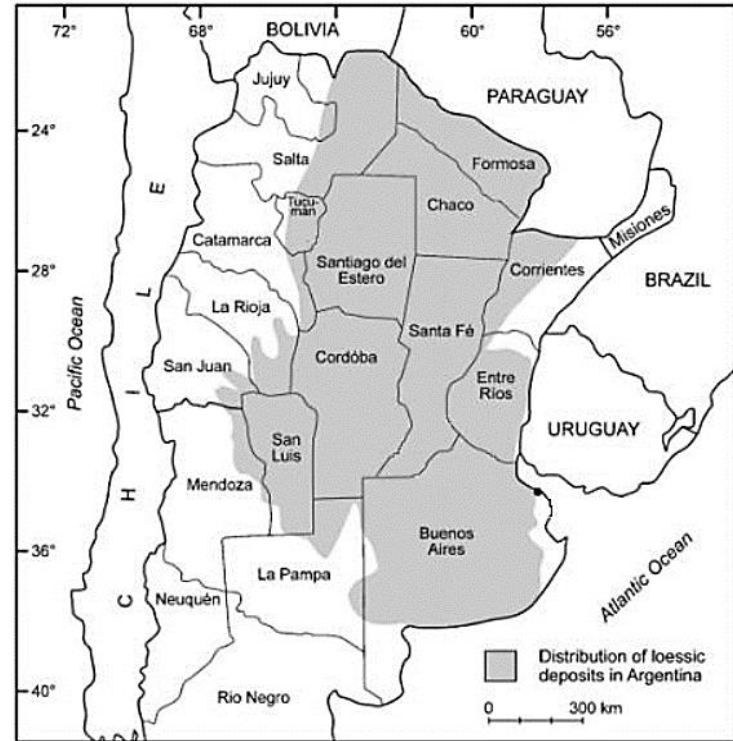


Limos Loess (Centro del país)

- Resultan predominantes en la **zona central de Argentina**.
- Suelos de **origen volcánico** en su mayoría, **con deposición eólica**.
- **Limos, limos arenosos, ceniza volcánica, sales carbonatadas**.

Comportamiento.

- Suelos **autocolapsable—potencialmente colapsables**
- Colapso: Relativo (asentamiento por humedecimiento).



Limos Loess (Centro del país)

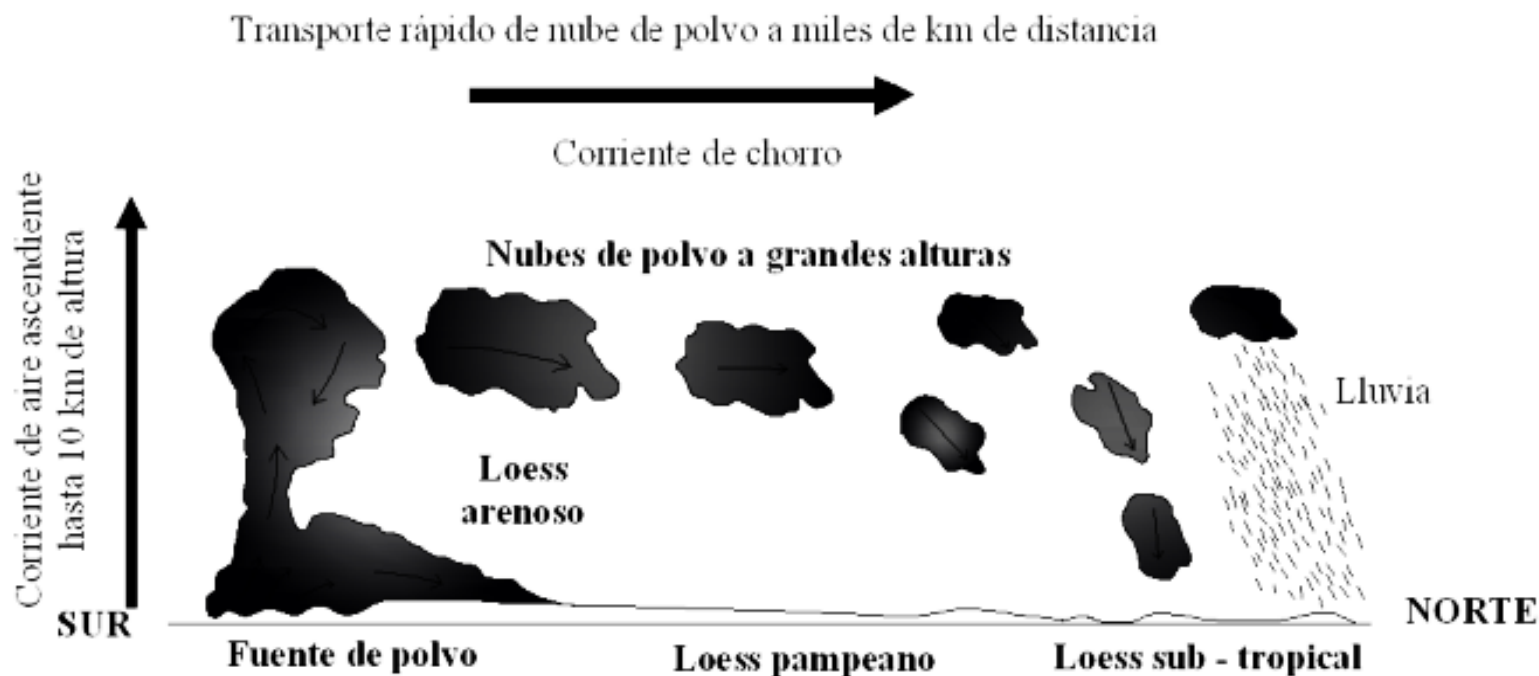


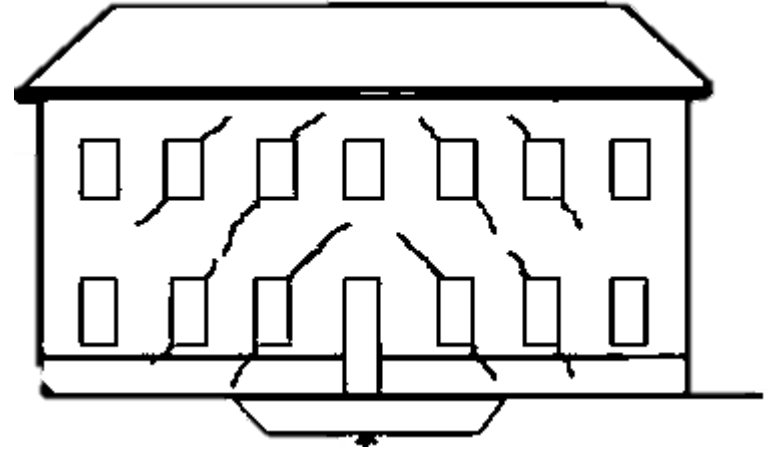
Figura 3.2. Modos de transporte y deposición de polvo eólico para el loess Pampeano y Sub-tropical (Sayago, 2001)

Suelos expansivos

¿Qué es un suelo expansivo?

“Los suelos expansivos son suelos que tienen la capacidad de *encogerse* y/o *hincharse*, y por tanto de *cambiar de volumen*, en relación con los cambios en su contenido de *humedad*”

(Jones, 2017).



Suelos expansivos

Características
expansivas de un
suelo importantes
en obras civiles

Presión de
hinchamiento



Cambios
volumétricos



Patologías

Orlandi 2022

Geología de Misiones



04

Tipos de suelos según formación

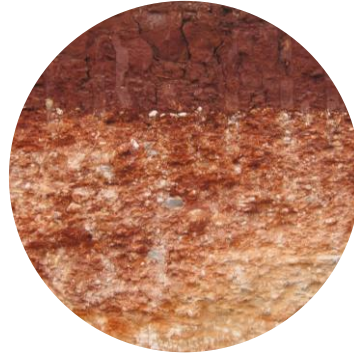
01



Sedimentarios

Las partículas se formaron en un lugar y fueron transportadas y depositadas en otro emplazamiento.

02



Residuales

Formados por la meteorización de la roca in situ, con escaso o nulo desplazamiento de las partículas

03



Artificiales

Rellenos diseñados con suelos y rocas seleccionados, basura

**El suelo colorado
de qué tipo es?**



SUELO ROJO

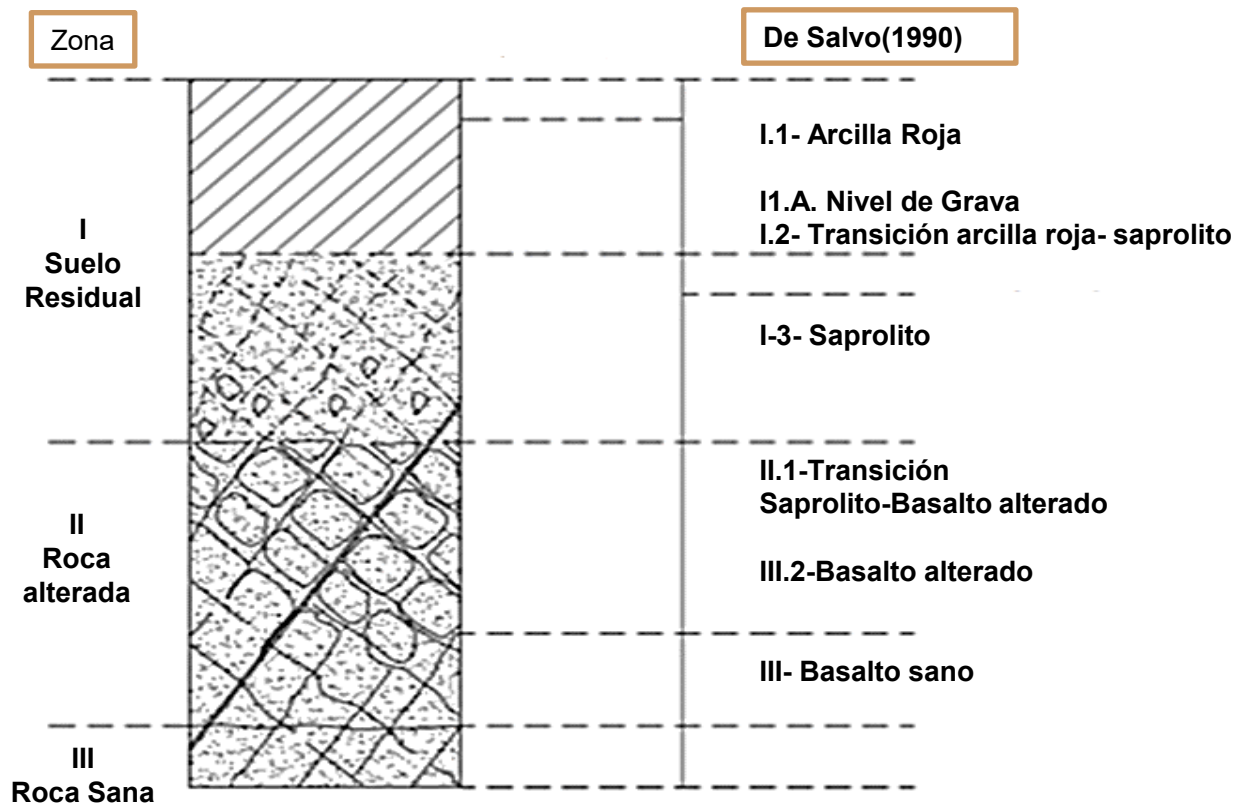
**El suelo colorado
de qué tipo es?**

ES DE TIPO RESIDUAL

PROCESO DE PEDOGENIZACIÓN
AVANZADO

Formación Apóstoles

Perfiles de meteorización



Lectura ingenieril del perfil residual

El suelo colorado debe ubicarse dentro del **perfil de meteorización**; sus propiedades cambian con la profundidad.



Arcilla roja residual

humedad, plasticidad, estructura agregada



Saprolito y basalto alterado

estructura heredada, bloques, permeabilidad secundaria



Basalto sano

juntas, resistencia, excavabilidad y apoyo

Preguntas de proyecto:

¿Dónde fundo? ¿Hasta dónde investigo? ¿Dónde cambia la rigidez? ¿Qué falla o patología puede aparecer?

Enfoque de suelos residuales y perfiles de meteorización: Wesley, González de Vallejo y Bell.

Bibliografía

1 Mecánica de suelos. Autor: T. William Lambe y Robert V. Whitman.

2 Ingeniería Geológica. Autor: Luis González de Vallejo y otros.

3 Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Autor: Braja Das.

4 Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Autor: Karl Terzaghi.

5 Mecánica de Suelos. Autor: Juárez Badillo

Gracias por su atención!

Preguntas? Dudas? Consultas?