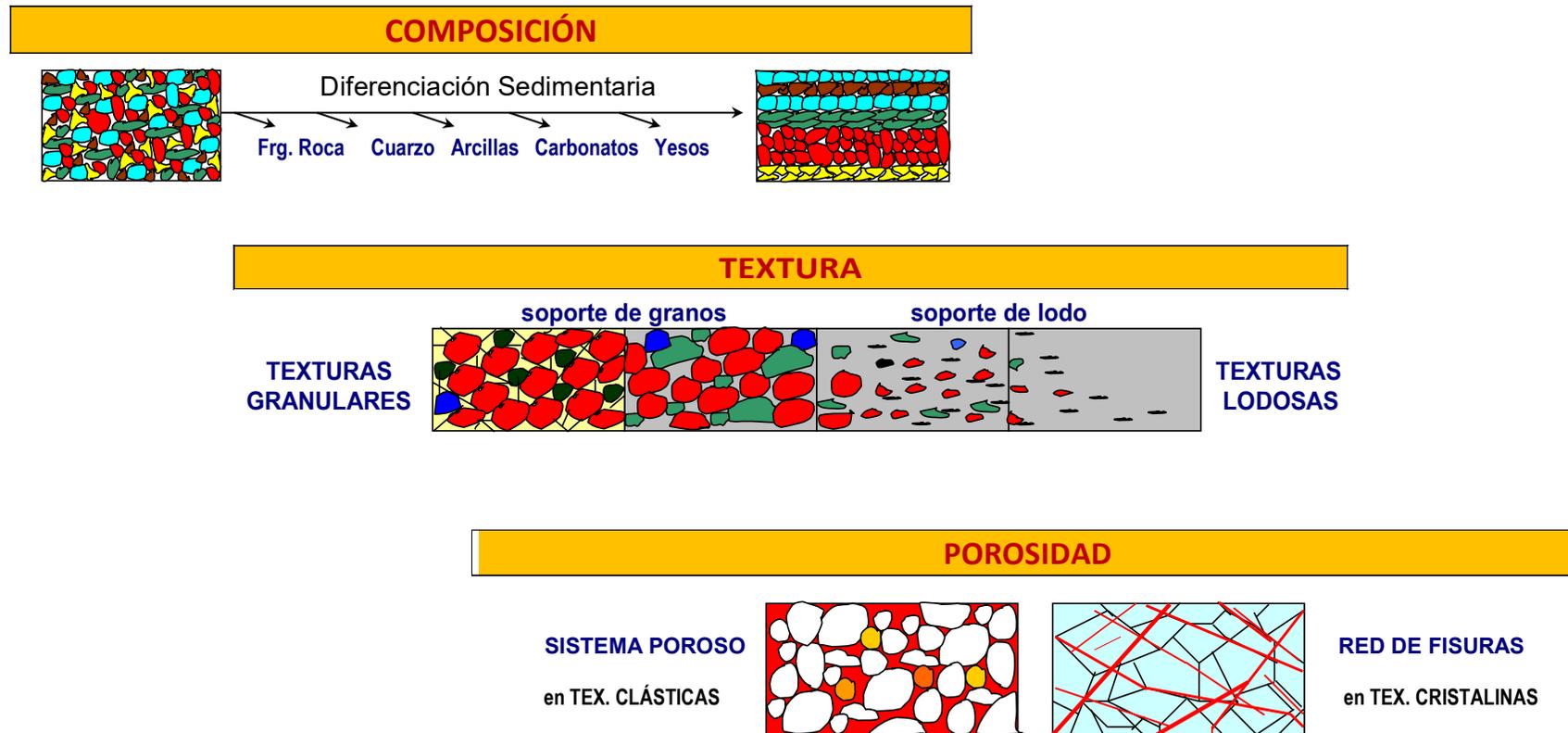


INTRODUCCIÓN A LA PETROLOGIA SEDIMENTARIA

Tema 3.- Características y técnicas de estudio de rocas sedimentarias



CARACTERÍSTICAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

→ Elementos a describir

- **COMPOSICIÓN QUÍMICA**



ELEMENTOS QUÍMICOS

- **CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS (LITOLOGÍA)**

- **COMPOSICIÓN**

COMPONENTES MINERALES (cuarzo...)

- **TEXTURA**

COMPONENTES PETROGRÁFICOS (granos...)

- **POROSIDAD**

MODELOS (= tipos) DE TEXTURA / DE POROSIDAD

ELEMENTOS: tamaño, forma...
DE LA TEXTURA / DE LA POROSIDAD

- **OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS CUERPOS ROCOSOS**



- **GEOMETRÍA**
- **ESTRATIFICACIÓN**
- **ESTRUCTURAS**
- **FÓSILES**

- **PROPIEDADES FÍSICAS**

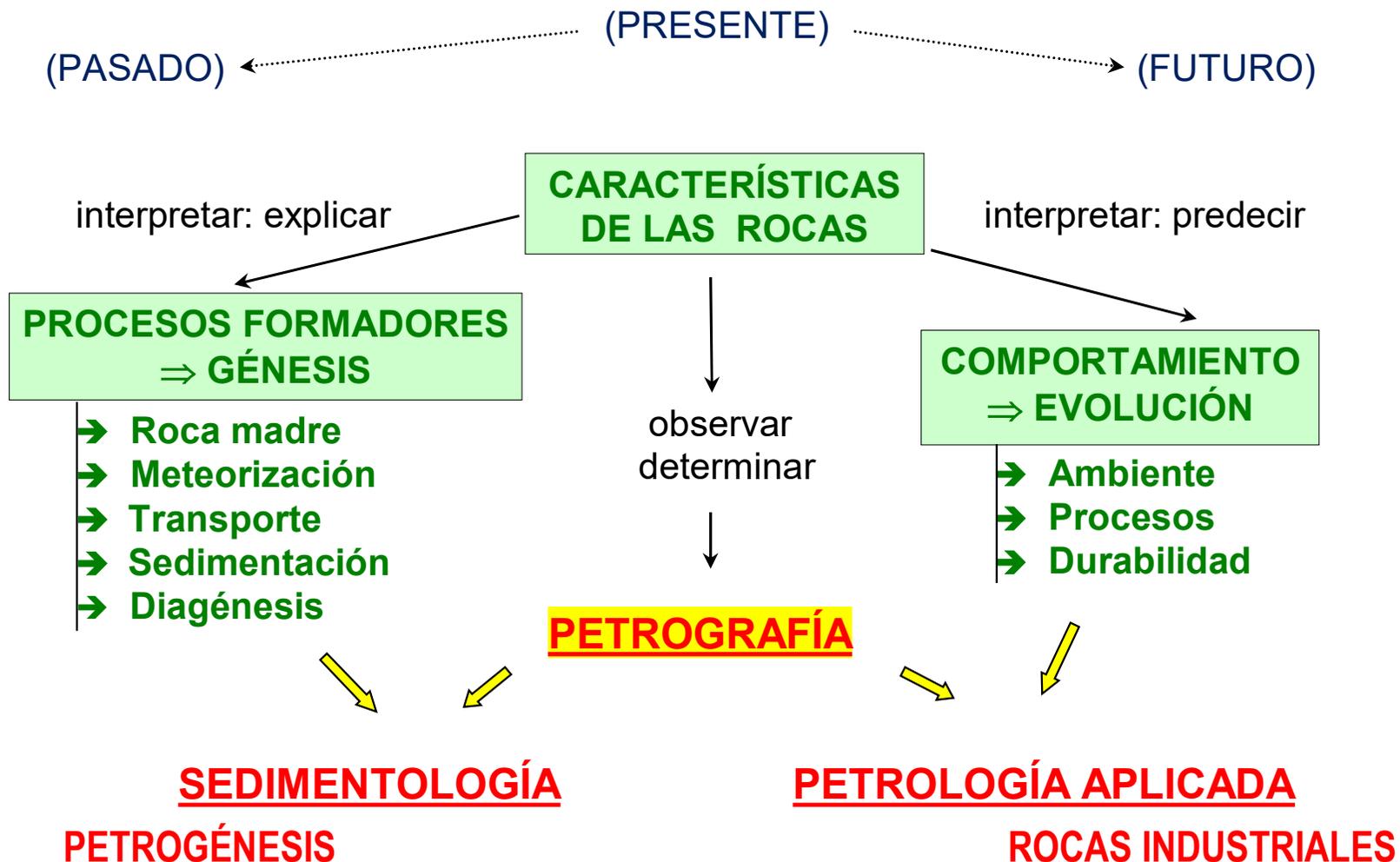


- **COLOR**
- **DENSIDAD / POROSIDAD**
- **DUREZA / RESISTENCIA...**



CARACTERÍSTICAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

→ Aspectos a conocer



COMPOSICIÓN QUÍMICA

ELEMENTOS MAYORES

RANOV & YAROSHESKY

Rocas: (% en peso)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _x O _y	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	H ₂ O
- de la corteza	60%	16%	7%	7%	4%	3%	2,5%	-	-
- sed. continentales	50%	13%	6%	12%	3%	1,5%	2%	8%	3%
- sed. oceánicas	40%	11%	5,5%	17%	3%	1%	2%	13%	5%

Destacar: Ca ↑, H₂O ↑, CO₂ ↑, C ↑, S ↑; K > Na, Fe³⁺ > Fe²⁺

ELEMENTOS MENORES-TRAZAS

B, V, Sr, Mn

Interés:
en el estudio
de ambientes
sedimentarios

ISÓTOPOS ESTABLES

C¹³, O¹⁸, S³⁴

<http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/documents/LIBRO%20ISOTOPOS/PDF%20Isotopos-I/Seccion%207.pdf>

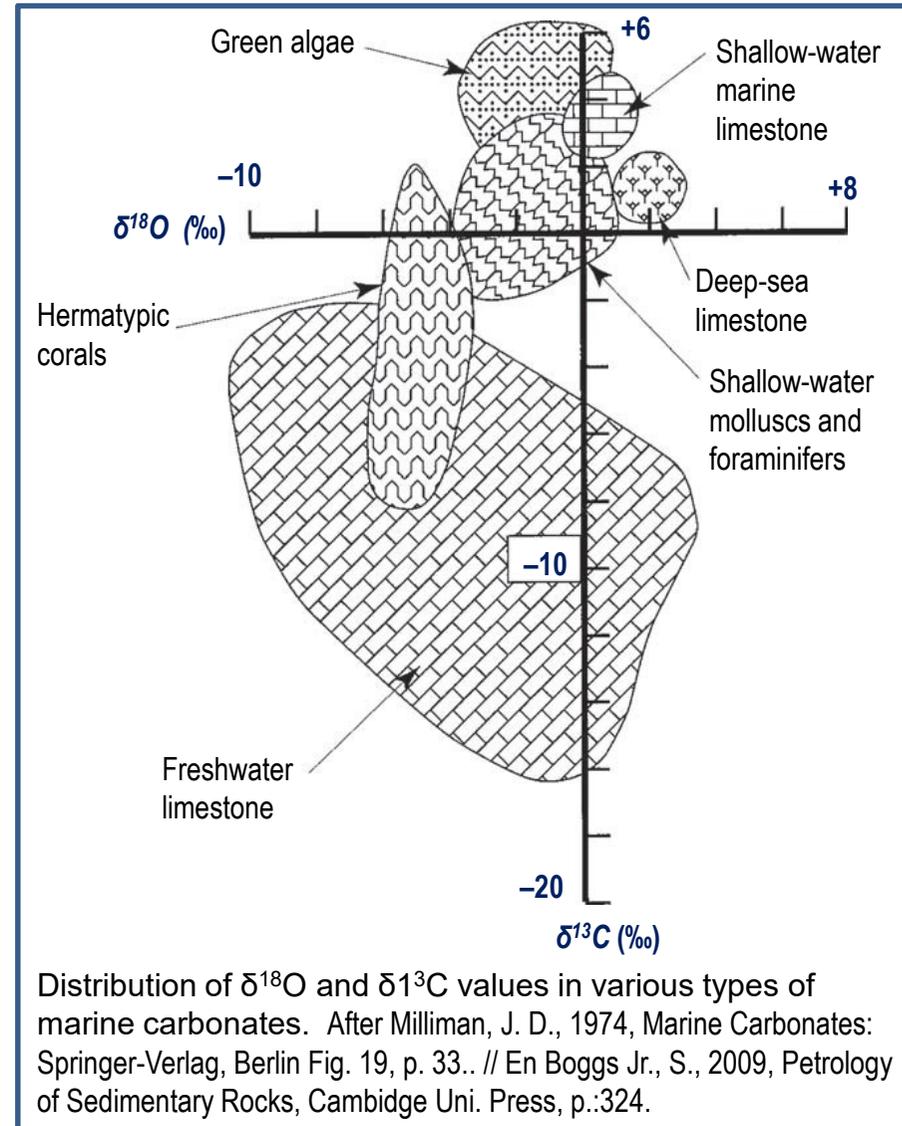
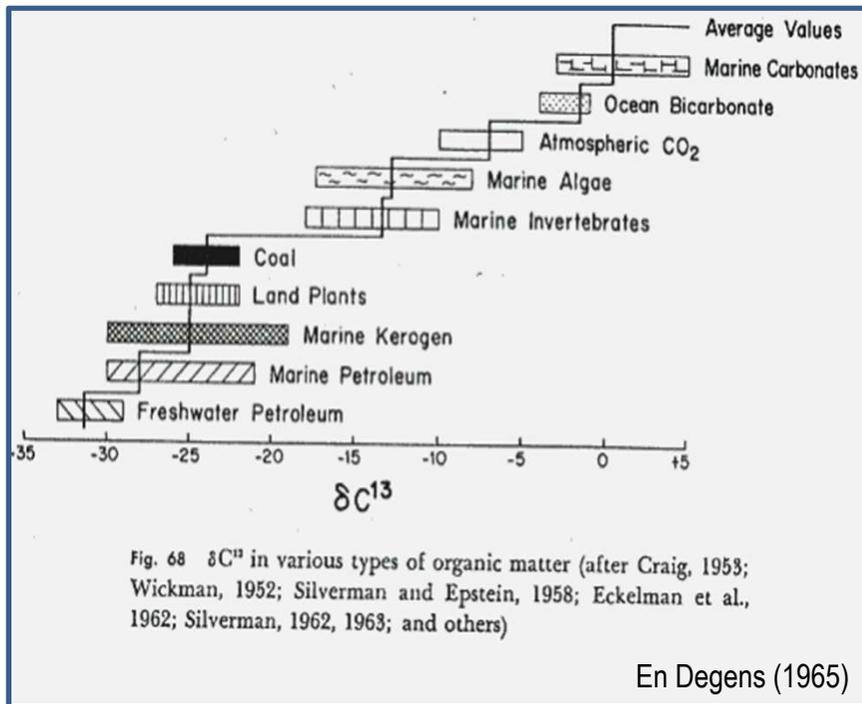
POR TIPOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS:

	MAYORES	MENORES
ARENISCAS	SiO ₂	Zr, tierras raras
LUTITAS	Todos	V, Co, Cr, Ni, Ba ...
CALIZAS	CO ₃ Ca (Mg)	Sr, Mn



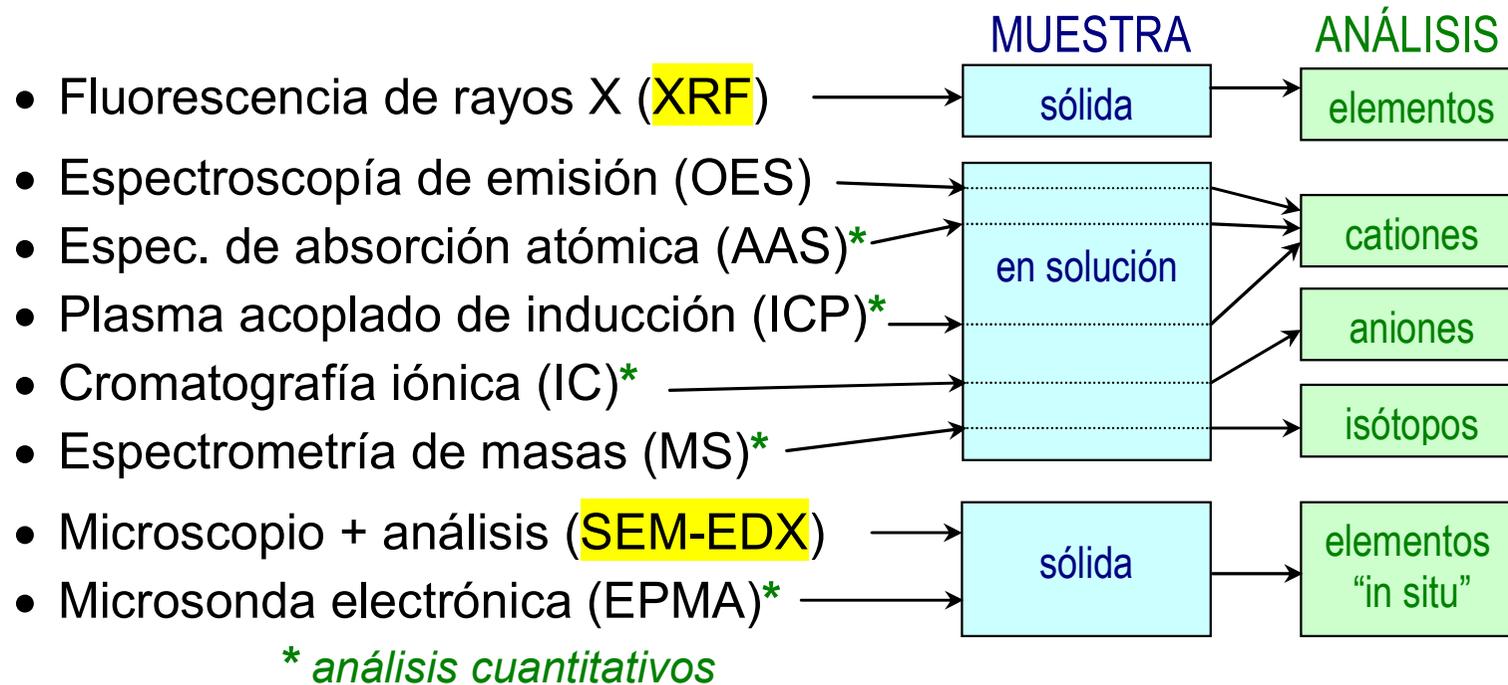
COMPOSICIÓN QUÍMICA

Composición química: Isótopos de C¹³ y O¹⁸



COMPOSICIÓN QUÍMICA

TÉCNICAS DE ESTUDIO

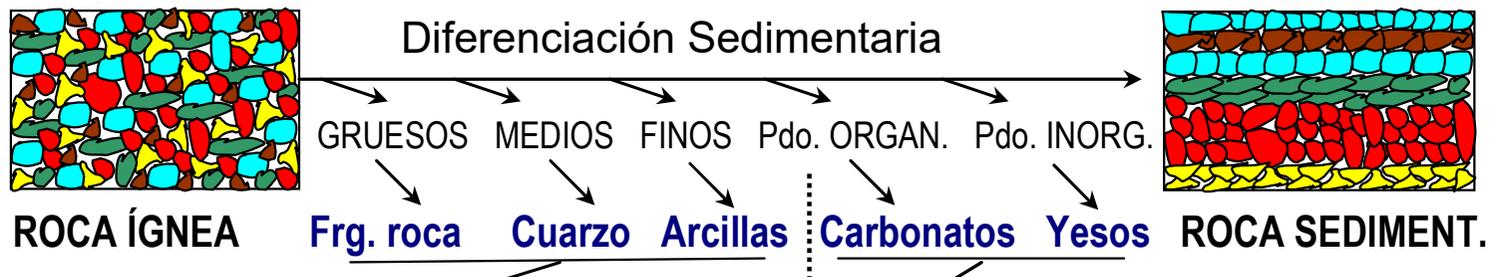


(QUÍMICA; GEOQUÍMICA: Broulow, Krauskopf)

Bibliografía: MINGARRO Y ORDONEZ (370-380); PETTIJOHN (106-114)

COMPOSICIÓN MINERAL

- ◆ **Nº de minerales**
 - en el conjunto de las rocas: **VARIACIÓN**
 - en cada tipo de roca: **POCA VARIACIÓN**



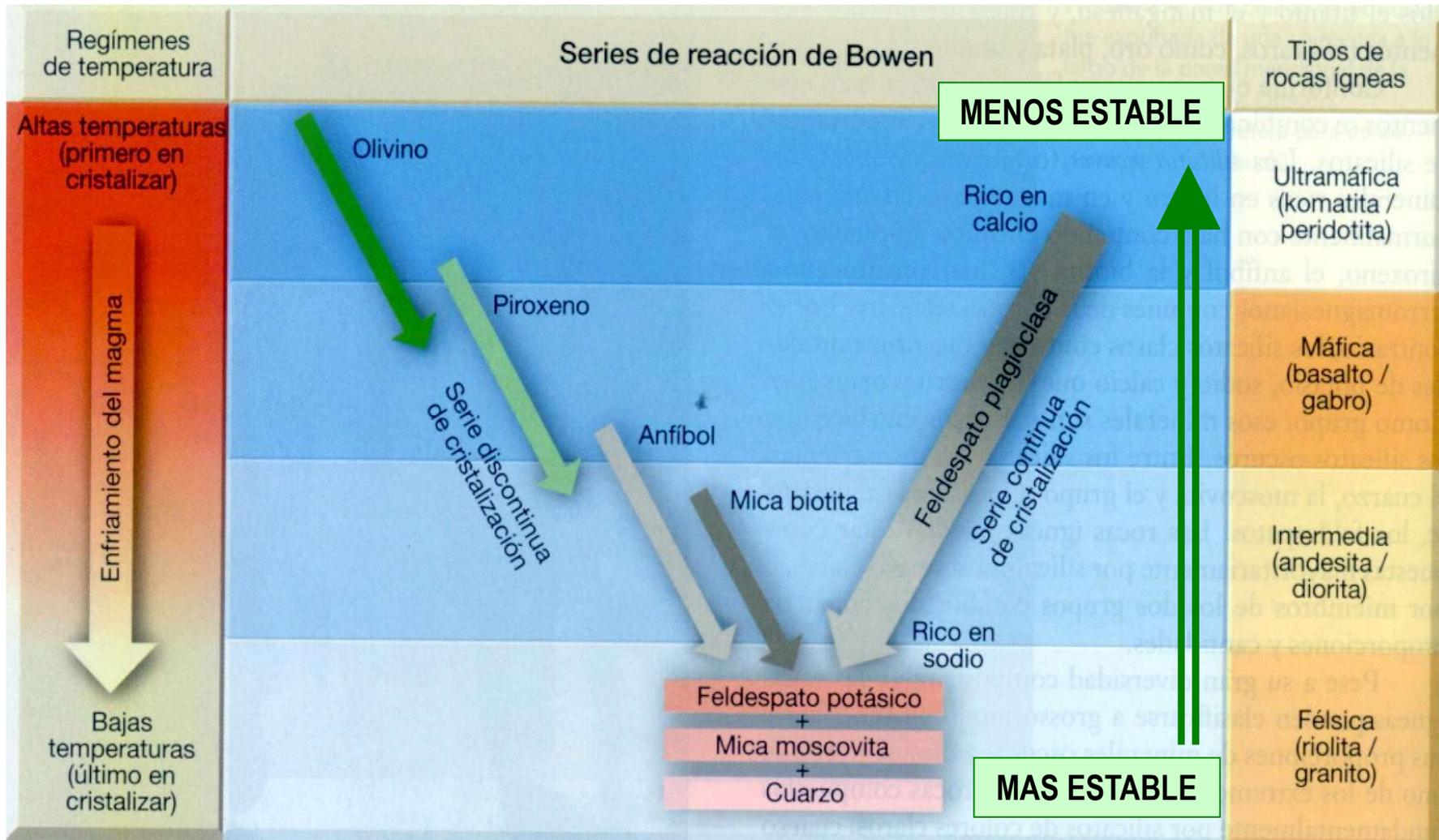
- ◆ **Minerales ± estables ± inertes**
 - ⇒ escala de estabilidad mineral → GOLDICH (1938)
 - ⇐ en Rocas Detríticas



- ◆ **Minerales en equilibrio químico**
 - ⇐ en Rocas Químicas

COMPOSICIÓN MINERAL

Estabilidad mineral



Tarburk y Lutgens (1999), 64 p.



COMPONENTES MINERALES

- **CUARZO** → mono / policristalino, plutónico, volcánico.... 20 - 40 %
 - **CHERT = SILEX** → cuarzo policristalino (< 4µm) 1 - 5 %
 - **FELDESPATOS**: microclina, ortosa, plagioclasa 5 -15 %
 - **MICAS**: moscovita (sericita)> biotita... **CLORITAS** 5 -10 %
 - **ARCILLAS**: caolinita, montmorillonita, illita, glauconita... 10 -15 %
 - **CARBONATOS**: calcita, dolomita, ankerita... 10 -20 %
 - **SULFATOS**: yeso, anhidrita... **SALES**: halita...
 - **MINERALES ACCESORIOS = PESADOS** (densidad > 2,9) < 1 %
Ultraestables: circón, turmalina, rutilo. Opacos: hematites, limonita, piritita
- (FRAGMENTOS DE ROCA)** → componentes poliminerálicos 3 -15 %
- (COMPONENTES AMORFOS)**: | óxidos de Fe, materia orgánica, fosfatos...
| vidrios, compuestos de SiO₂: ópalo, calcedonia

TÉCNICAS DE ESTUDIO

- Difracción de rayos X (DRX)
- Microscopía óptica polarización (MOP) → Tinciones
- Análisis mecánico: Minerales pesados

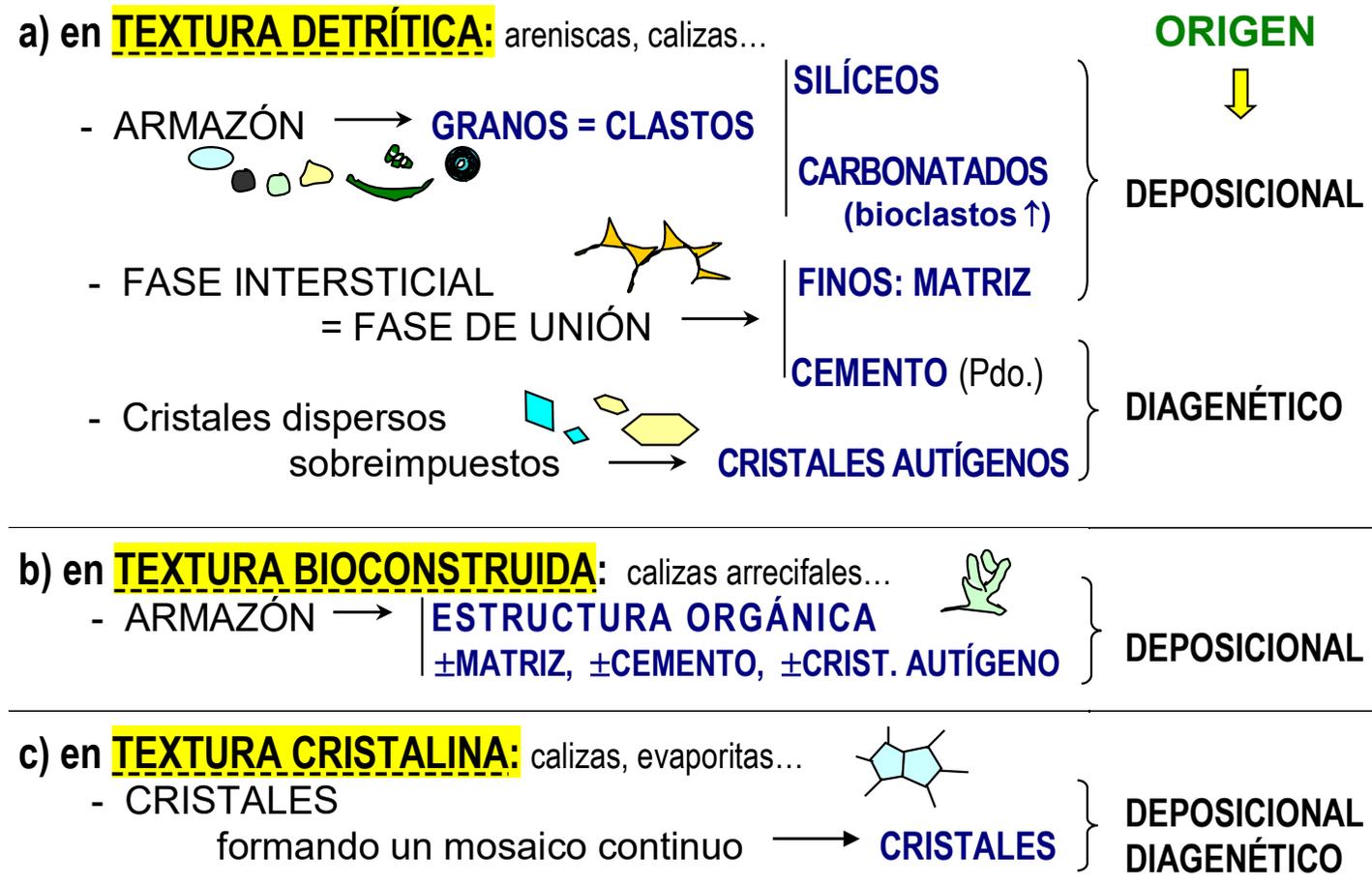
(MINERALOGÍA)

**Bib: CORRALES et al. (205-225); FOLK (62-99); MINGARRO y ORDOÑEZ (360-370);
PETTIJOHN (115-166)**

COMPONENTES PETROGRÁFICOS

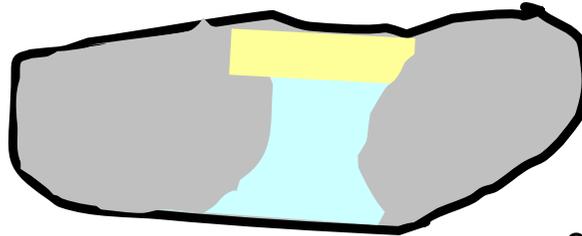
Constituyentes elementales que confieren a las rocas sedimentarias sus texturas características.

→ f (tipo de textura ← génesis)



COMPONENTES PETROGRÁFICOS

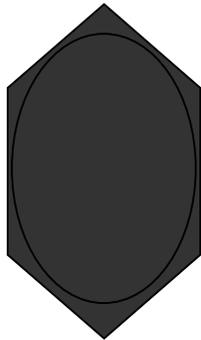
1 COMPONENTE PETROGRÁFICO \Leftrightarrow 2, 3 ... COMPONENTES MINERALES



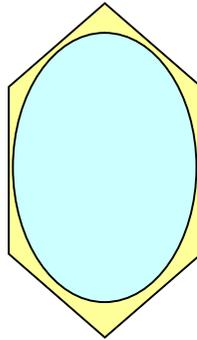
FRAGMENTO DE ROCA

1 grano (fragmento de granito) \Leftrightarrow
3 minerales (cuarzo, feldespato y mica)

1 COMPONENTE MINERAL \Leftrightarrow 2 COMPONENTES PETROGRÁFICOS



Con analizador



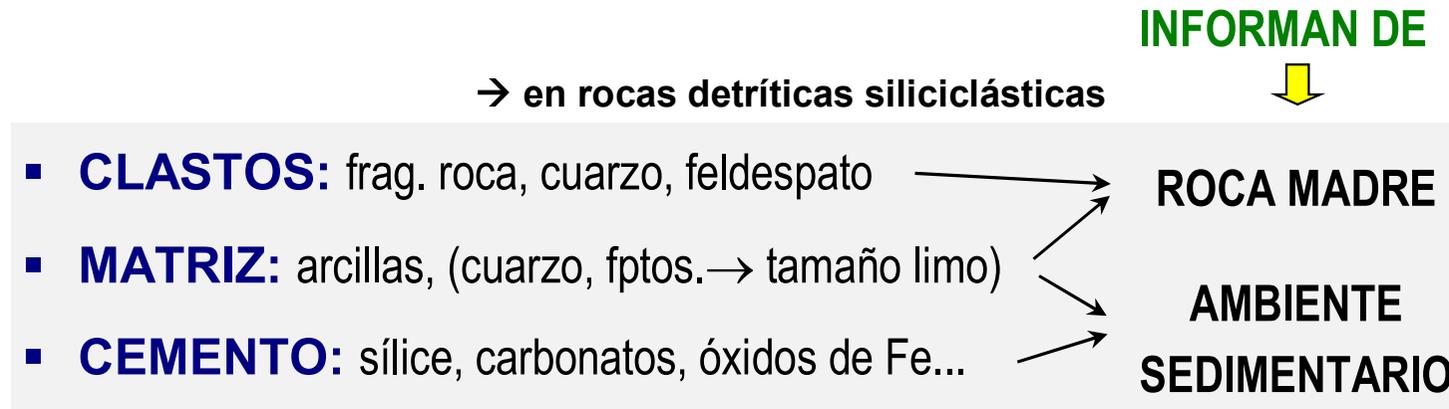
Sin analizador

CRISTAL DE CUARZO

1 mineral (cuarzo) \Leftrightarrow
2 componentes petrográficos
(grano *detrítico* y cemento *autígeno*)

COMPONENTES PETROGRÁFICOS

➤ RELACIÓN CON LA MINERALOGÍA



TÉCNICAS DE ESTUDIO

- Microscopía óptica de polarización (MOP)
- Microscopía electrónica de barrido (MEB / SEM)

Bibliografía: MINGARRO y ORDOÑEZ (355-359)

TEXTURA

Distribución de los componentes en la roca:
sus relaciones de tamaño, forma, orden,...

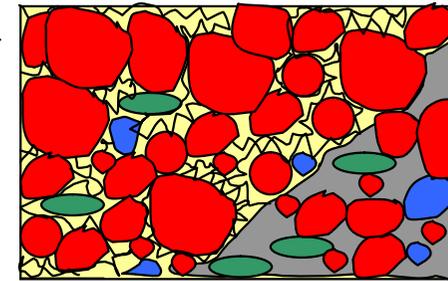
- ◆ Variabilidad
- ◆ Significado genético

MODELOS = TIPOS TEXTURALES

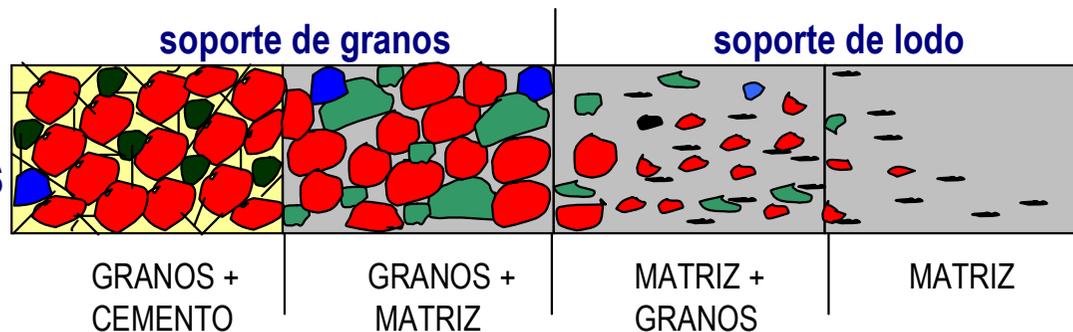
→ f (componentes petrográficos)

1. TEXTURA DETRÍTICA ≈ CLÁSTICA

- armazón:
 - GRANOS (clastos, aloquímicos)
- espacios intergranulares:
 - MATRIZ, CEMENTO, POROS



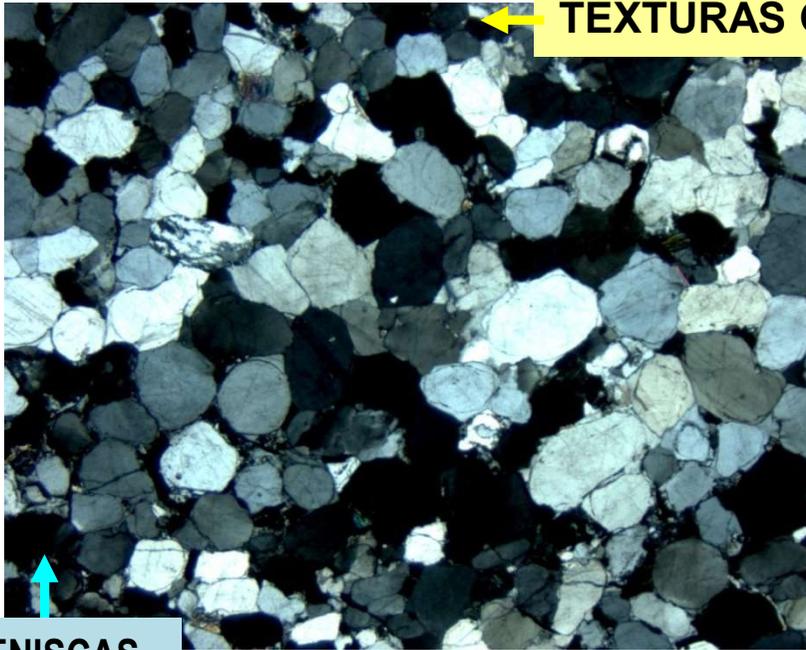
TEXTURAS GRANULARES
(ej: areniscas, grainstone)



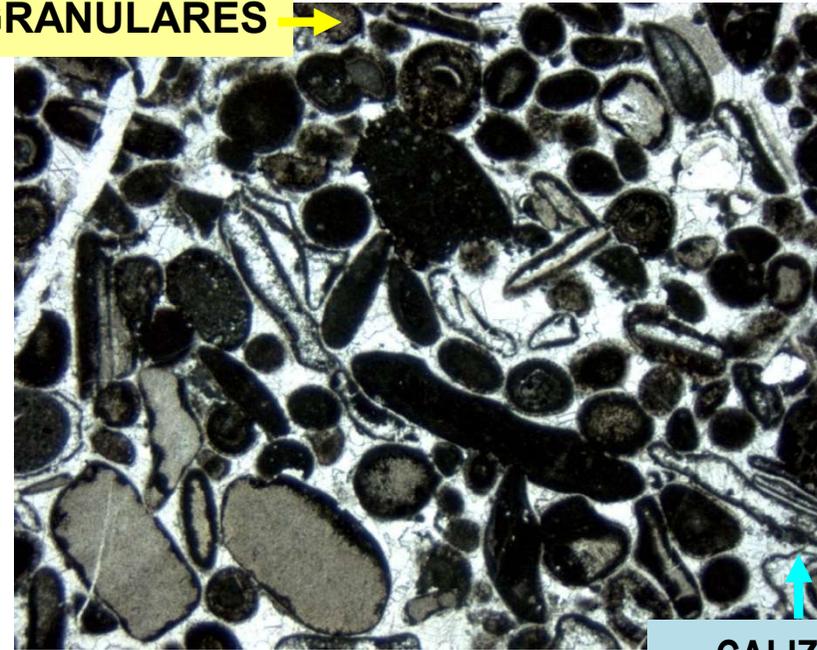
TEXTURAS LODOSAS
(ej: lutitas, mudstone)

⇒ **BIMODALIDAD**

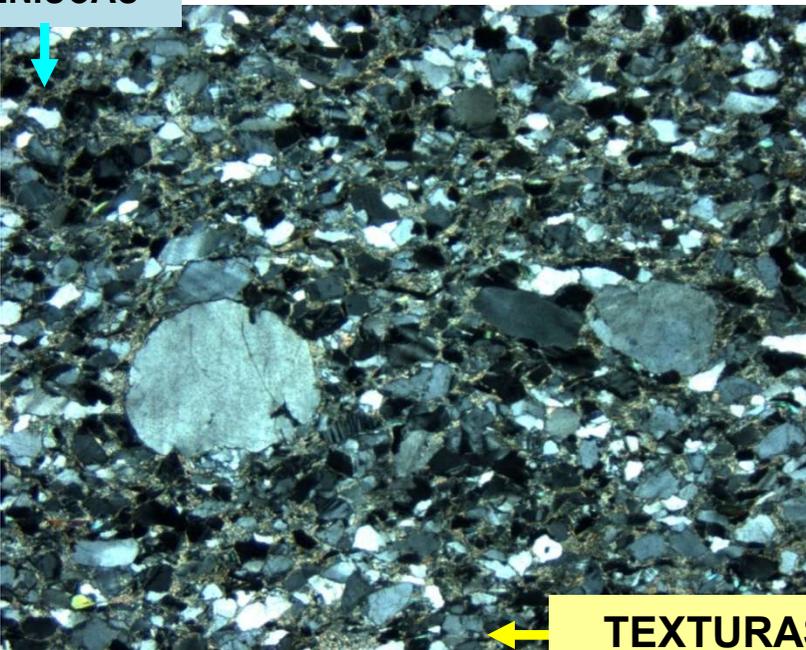
← TEXTURAS GRANULARES →



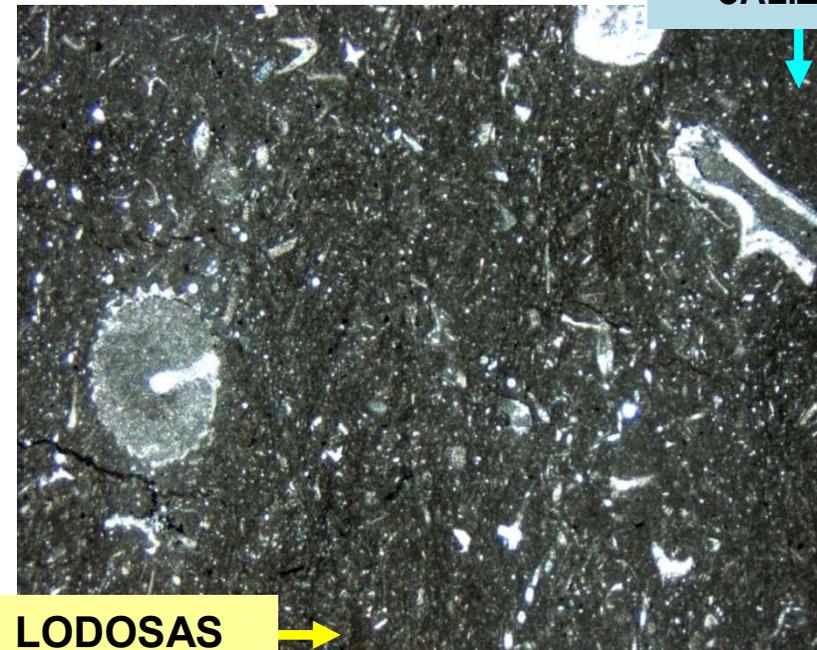
ARENISCAS



CALIZAS



← TEXTURAS LODOSAS →

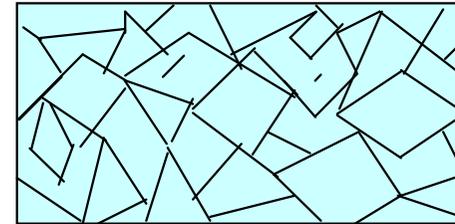


TEXTURA

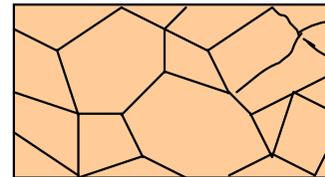
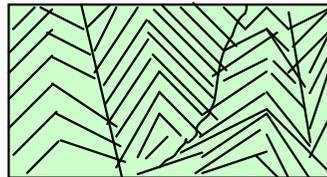
MODELOS = TIPOS TEXTURALES

2. TEXTURA CRISTALINA

- mosaico de cristales
(sin fase de unión)



**TEXTURA
SECUENCIAL**
(ej: evaporitas)



**TEXTURA
GRANOBLÁSTICA**
(ej: calizas cristalinas)

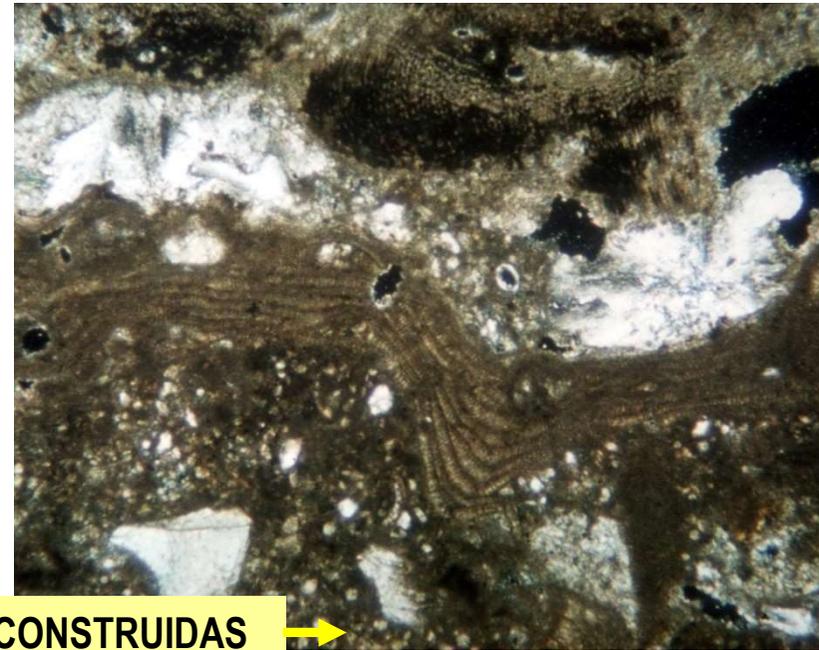
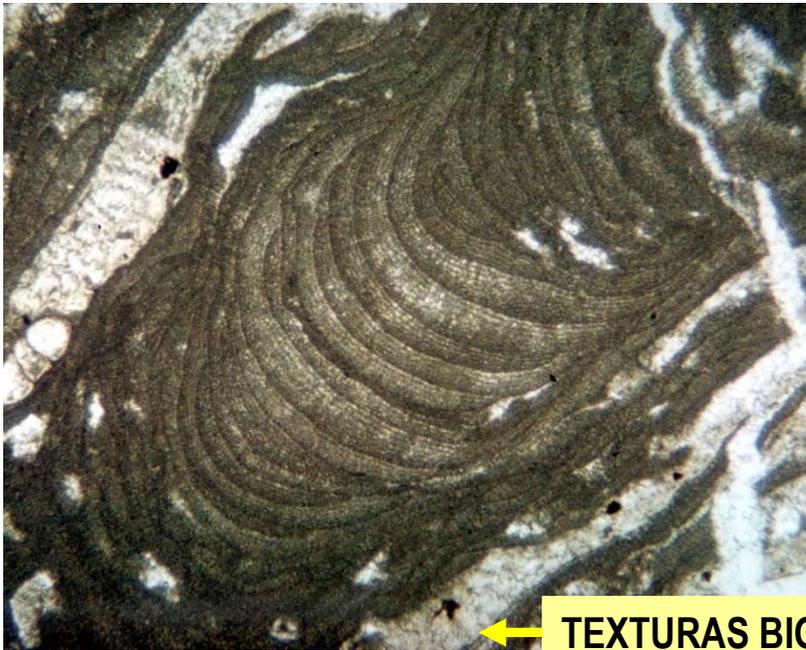
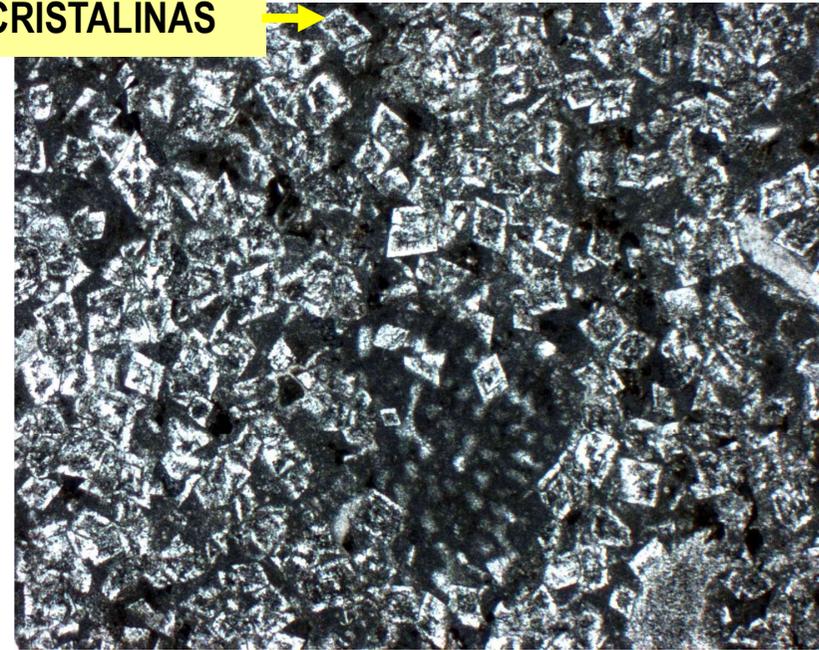
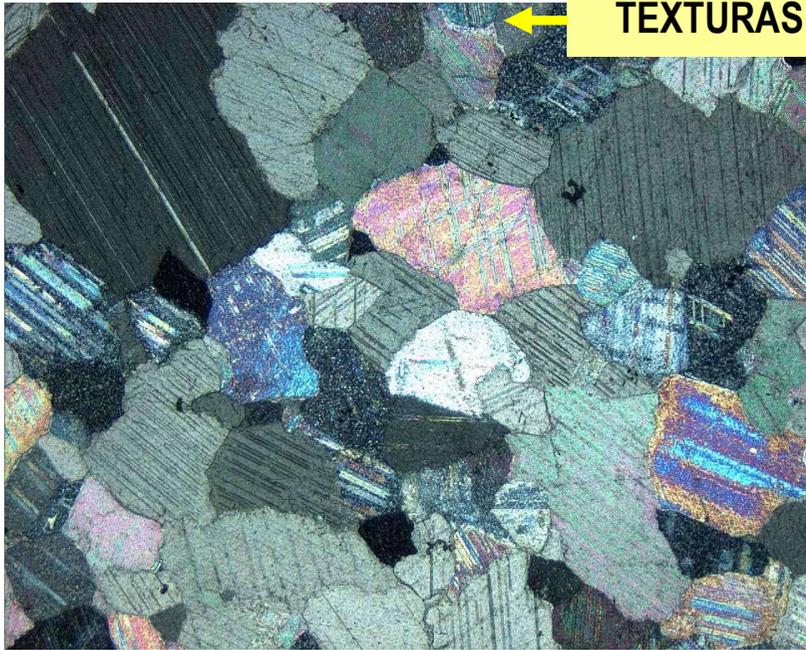
3. TEXTURA BIOCONSTRUIDA (= ORGÁNICA)

- estructuras orgánicas
 - organismos con esqueleto
 - organismos incrustantes
 - organismos que atrapan



(ej: calizas arrecifales)

TEXTURAS CRISTALINAS



TEXTURAS BIOCONSTRUIDAS



TEXTURA

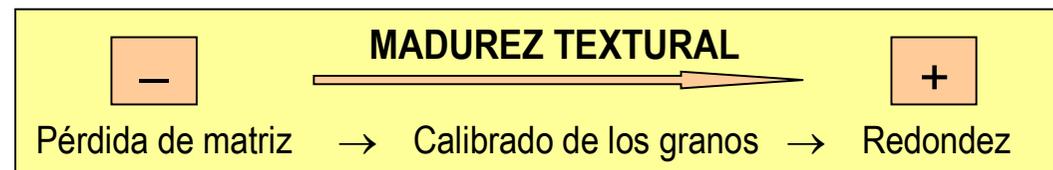
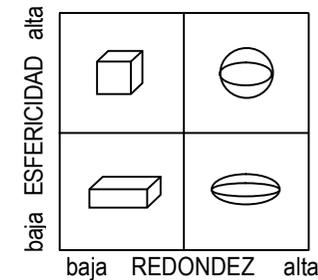
ELEMENTOS TEXTURALES

→ f (tipo de textura).

- **ANÁLISIS INDIVIDUAL** de los componentes:

- en **texturas clásticas**:

- **TAMAÑO DEL GRANO**: media / moda
calibrado = selección...
- **FORMA DE GRANO**: geometría = hábito
esfericidad
redondez
- **CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES**



- en **texturas cristalinas**:

- **TAMAÑO DE CRISTAL**: media / moda; equi / heterogranular
- **FORMA DE CRISTAL**: hábito; idiomorfismo
- **BORDES Y CONTACTOS ENTRE CRISTALES**

- **ANÁLISIS CONJUNTO** de los componentes:

→ distribución de los componentes en el espacio: **FÁBRICA**

- a) en **texturas clásticas**:

- **EMPAQUETAMIENTO**

- b) en **ambas texturas**:

- **ORIENTACIÓN** → isotropía (relación con la forma)
- **HOMOGENEIDAD** → agrupación (relación con el tamaño = escala)



TEXTURA

ELEMENTOS TEXTURALES

TAMAÑO: TAMAÑO MEDIO (valor medio de la población)

TEXTURAS CLÁSTICAS	TEXTURAS CRISTALINAS
Grava 2 mm	Cristalina muy gruesa 1 mm
Arena	Cristalina gruesa 250 μm
Limo	Cristalina media 64 μm
Arcilla	Cristalina fina 16 μm
	Cristalina muy fina 4 μm
	Microcristalina
	Criptocristalina



TEXTURA

ELEMENTOS TEXTURALES

TAMAÑO: VARIACIÓN DE TAMAÑO (dispersión de la población)

TEXTURAS CLÁSTICAS

Calibrado: (sorting)

Muy bueno

Bueno

Moderado

Pobre

Muy pobre

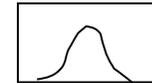
TEXTURAS CRISTALINAS

Equigranular = Homogranular



Heterogranular = Inequigranular

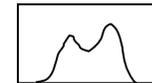
Unimodal



Seriada



Bimodal

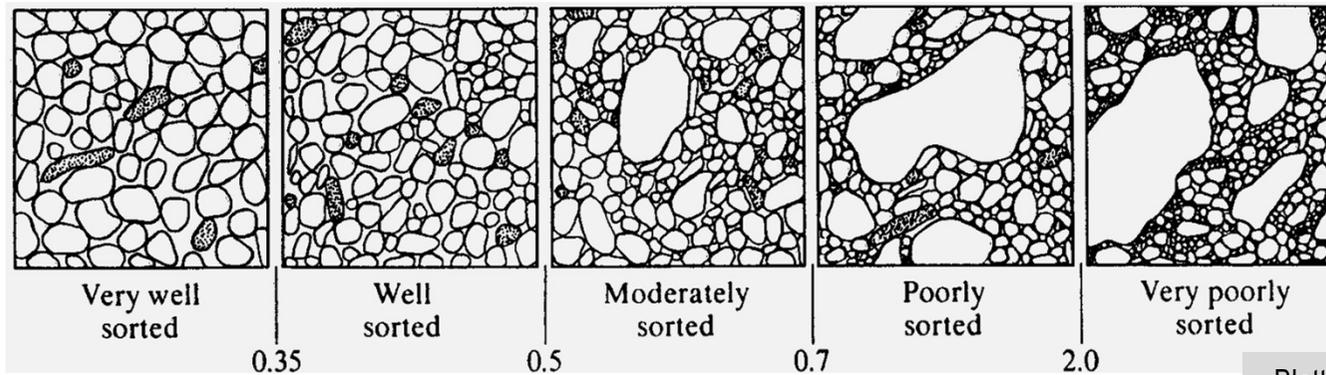


Porfídica

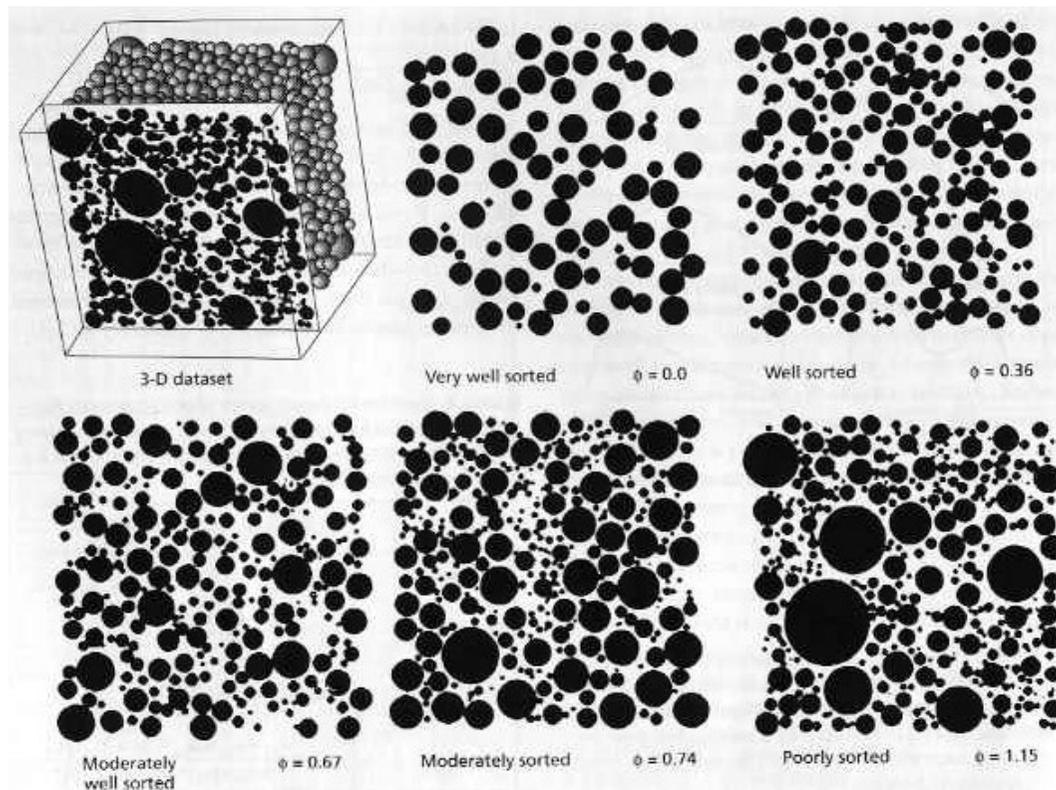


TEXTURAS CLÁSTICAS

Elemento textural: CALIBRADO



Blatt (1992), 48 p.



Tucker (2001), 16 p.

TEXTURA

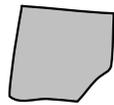
ELEMENTOS TEXTURALES

FORMA

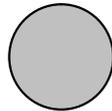
TEXTURAS CLÁSTICAS

Esfericidad

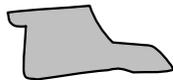
Redondez



Esf ↑
Red ↓



Esf ↑
Red ↑



Esf ↓
Red ↓



Esf ↓
Red ↑

TEXTURAS CRISTALINAS

Idiomorfismo

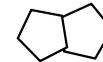
Idiomorfos = euhedrales



Subidiomorfos = subhedrales



Alotriomorfos = xenomorfos = anhedrales

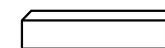


Hábito

Equidimensional



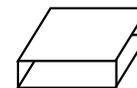
Prismático



Acicular



Tabular

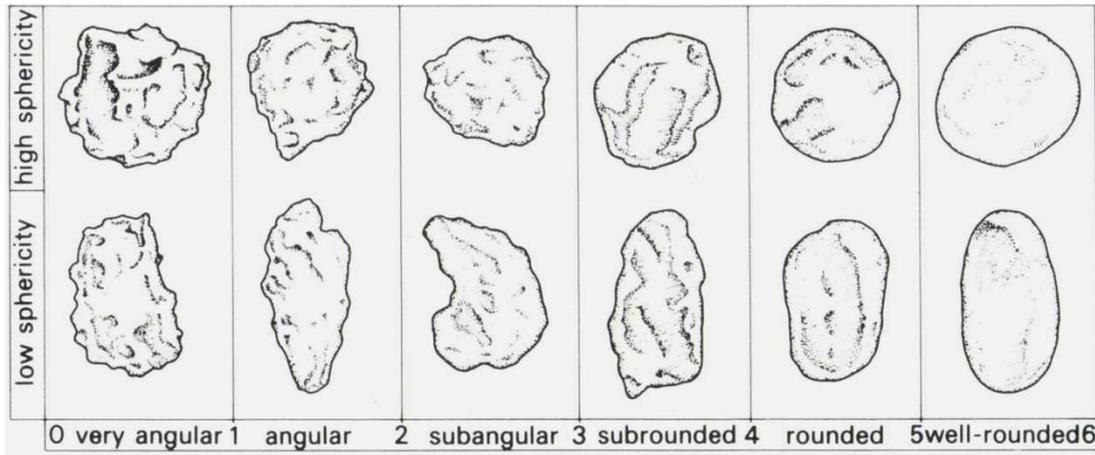


Laminar

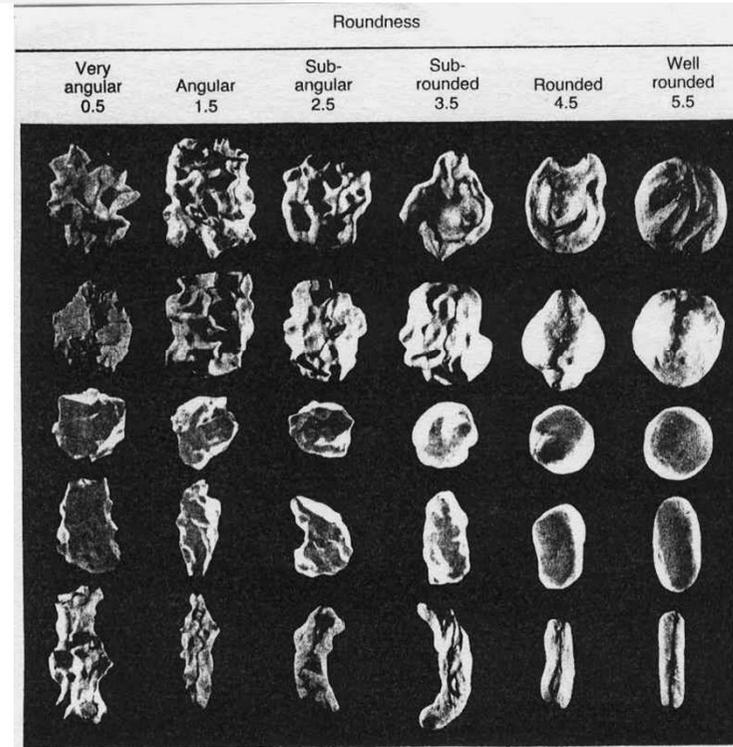
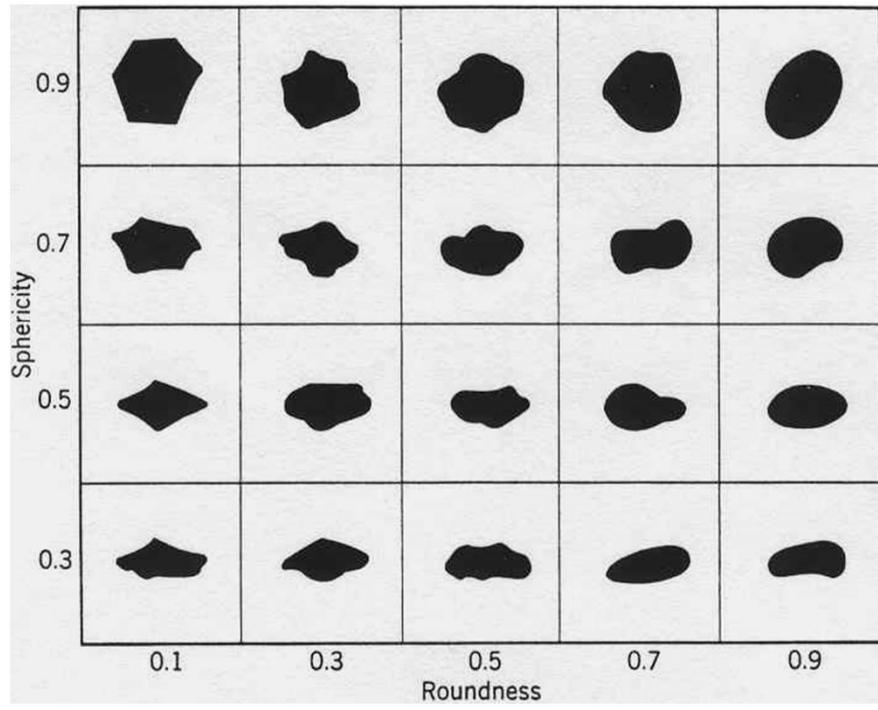


TEXTURAS CLÁSTICAS

Elementos texturales: ESFERICIDAD - REDONDEZ



Tucker (1991), 16 p.



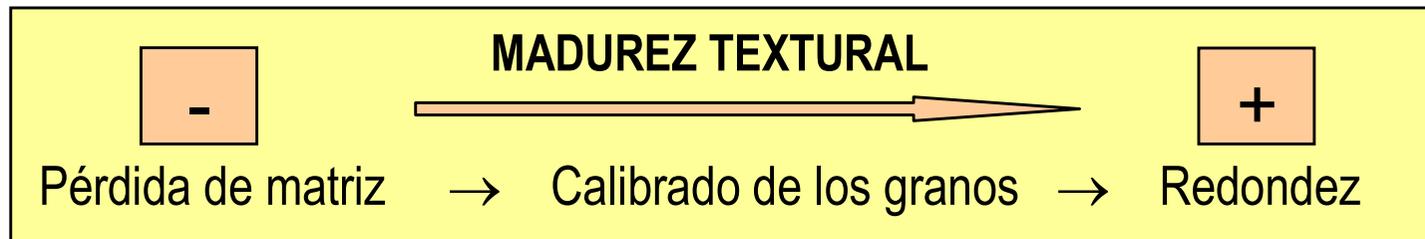
MADUREZ DE LA ROCA

TRANSPORTE

· EFECTOS ·

→ Sobre los materiales transportados:

⇒ SELECCIONA ⇒ DESGASTA ⇒ ALTERA ⇒ DISUELVE



TEXTURAS CLÁSTICAS

Elemento textural: CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Transporte: Hielo
Medio: Glaciar



Transporte: Acuoso
Medio: Litoral



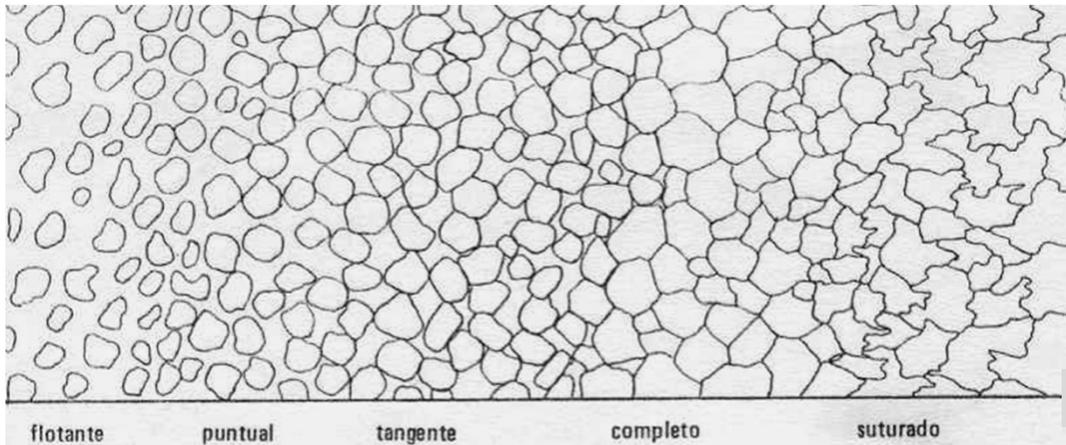
Transporte: Eólico
Medio: Desértico



Tucker (1991), 19 p.

TEXTURAS CLÁSTICAS

Elemento textural: EMPAQUETAMIENTO



Castro (1989), 84 p.

Granos Flotantes Granos Libres		Contacto Tangente Contacto Puntual		Poros Contacto Largo	
Contacto Completo Granos Fijados		Contactos Sutados		Borde Libre Borde Fijado	
				Contacto Concavo-Convexo	
Indice de condensación = $\frac{\% \text{ de granos fijados}}{\% \text{ de granos libres}}$				Grano fijado bordes libres < bordes fijados	
				Grano libre bordes libres > bordes fijados	
		Indice de contactos = número de contactos por grano			
		Indice de empaquetamiento = $\frac{\text{número de contactos grano-grano} \times \text{diámetro medio}}{\text{longitud total de línea transversal}}$			

Corrales et al. (1987), 20 p.



TEXTURA

TÉCNICAS DE ESTUDIO

- en relación con el MODELO DE TEXTURA:

- Microscopía óptica de polarización (MOP)
- Microscopía electrónica de barrido (MEB / SEM)

- en relación con los ELEMENTOS TEXTURALES:

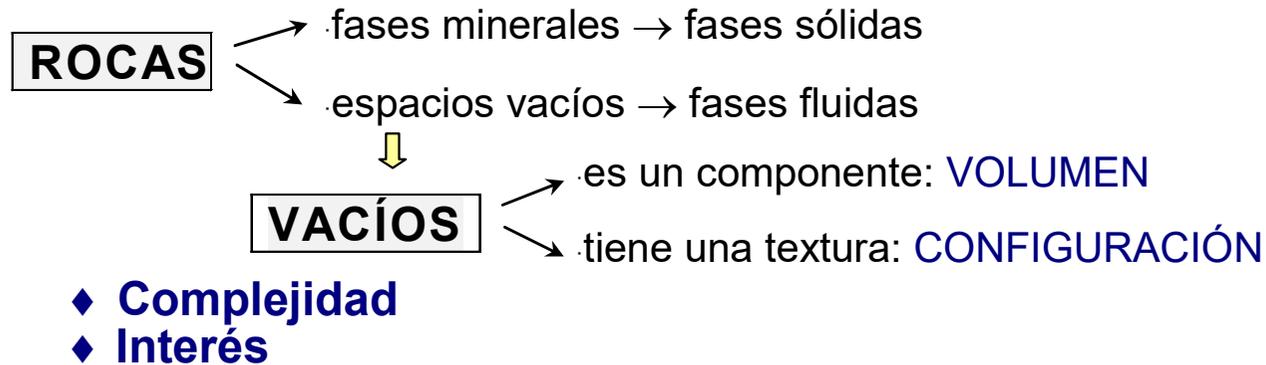
- Microscopía (MOP) } { Granulometrías (cartas visuales, tamizaje...) ← **Tamaño**
- Análisis mecánico } { Morfometrías (cartas visuales...) ← **Forma**

Bibliografía: CORRALES et al. (63-95); MINGARRO y ORDOÑEZ (195-274); FOLK (3-14); PETTIJOHN (14-105)



POROSIDAD

Conjunto de los espacios vacíos contenidos en la roca

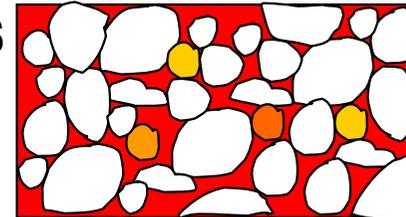


MODELOS DE LA POROSIDAD = CONFIGURACIÓN DE VACÍOS

➤ **SISTEMA POROSO** ⇐ en TEX. CLÁSTICAS

- con poros + acceso de poro

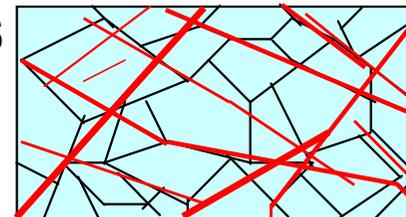
- porosidad ↑
- comunicación ↑↓



➤ **RED DE FISURAS** ⇐ en TEX. CRISTALINAS

- con fisuras (planares)

- porosidad ↓
- comunicación ↑



POROSIDAD

ELEMENTOS DE LA POROSIDAD

- **VOLUMEN DE VACÍOS** ⇒ POROSIDAD (%)
- **TAMAÑO Y FORMA** ⇒ TIPOS DE POROS / FISURAS
- **GRADO DE COMUNICACIÓN**
- **DISTRIBUCIÓN: HOMOGENEIDAD; ISOTROPÍA**

TÉCNICAS DE ESTUDIO

MÉTODOS DIRECTOS (Observación)

- Simple vista
- Microscopía óptica
- Microscopía electrónica

TÉCNICAS INDIRECTAS (Cuantificación)

- Pesada hidrostática
 - Inyección de Hg
 - Inyección de Hg
 - Absorción de N₂
- ← Volumen
- ← Tamaño

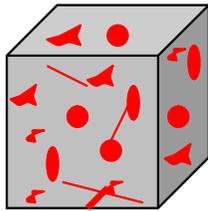
Bibliografía: CORRALES et al. (95-98); PETTIJOHN (95-98)



POROSIDAD

ELEMENTOS DE LA POROSIDAD

➤ **VOLUMEN DE VACÍOS** ⇒ POROSIDAD (%)



$$\text{POROSIDAD} = \frac{\text{Volumen de espacios vacíos}}{\text{Volumen total de roca}} \times 100$$

SISTEMA POROSO (Textura detrítica)

alta	_____	16 %
media	_____	8 %
baja		

RED DE FISURAS (Textura cristalina)

alta	_____	2 %
media	_____	1 %
baja		

POROSIDAD

ELEMENTOS DE LA POROSIDAD

➤ **TAMAÑO Y FORMA** ⇒ TIPOS DE POROS / FISURAS

SISTEMA POROSO (Textura detrítica)

Poros:

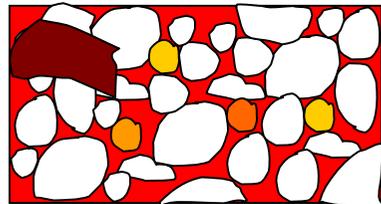
intragranulares

intergranulares

matriciales

móldicos

vacuolares



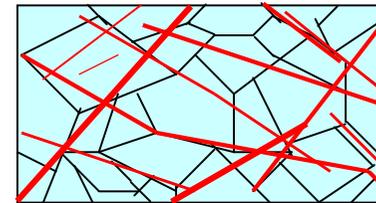
RED DE FISURAS (Textura cristalina)

Fisuras:

intracristalinos

intercristalinos

transcristalinos



ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Variación sistemática de componentes o elementos texturales

- ◆ Escala mayor que la TEXTURA
- ◆ Significado genético

- **GEOMETRÍA** → tamaño y forma del cuerpo rocoso
- **ESTRATIFICACIÓN** → tamaño, forma y sucesión de estratos: cambios de facies
→ relación entre estratos: acuñamiento, truncación...



PRIMARIAS (= SINGENÉTICAS)

-- en el interior del estrato:

• **ESTRATIFICACIÓN MASIVA**



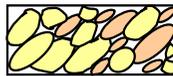
• **ESTRATIFICACIÓN CRUZADA**



• **BIOESTRATIFICACIÓN**



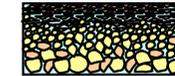
• **IMBRICACIÓN DE CANTOS**



• **LAMINACIÓN**



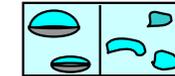
• **GRANOCLASIFICACIÓN**



• **BIOTURBACIÓN**



• **CAVIDADES:**



GEOPETALES / FENESTRALES

-- en la superficie del estrato:

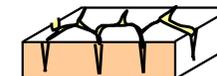
• **MARCA:** corriente, objetos



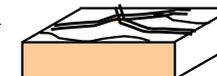
• **RIPPLE** (⇒ estratific. cruzada)



• **GRIETA DESECACIÓN**



• **TRAZAS FÓSILES**

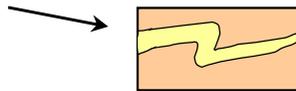


ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

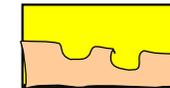
SECUNDARIAS = DIAGENÉTICAS

-- procesos mecánicos (deformación en sedimentos no consolidados):

- DESLIZAMIENTO

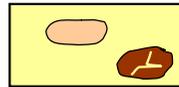


- MARCA DE CARGA



-- procesos químicos:

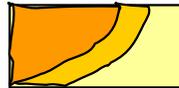
- NÓDULO / CONCRECIÓN



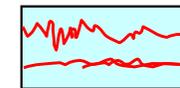
- CAVIDAD / GEODA



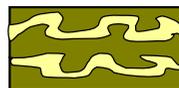
- BANDAS (LIESEGANG)



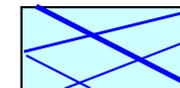
- ESTIOLITO



- ESTRUCTURA ENTEROLÍTICA



- VETA / DIACLASA



Bibliografía: CORRALES et al. (105-204); PETTIJOHN (167-234); TUCKER (19-37); BLATT (50-64); GREENSMITH (14-36); MINGARRO y ORDOÑEZ (285-354)

<https://ocw.unizar.es/ocw/course/view.php?id=37§ion=2>



PROPIEDADES FÍSICAS

- ◆ Relación con la PETROGRAFÍA
- ◆ Interés aplicado

-- Elementales:

- **COLOR** → f (composición: $\text{Fe}^{2+/3+}$, materia orgánica)
- **DENSIDAD / POROSIDAD** → f (textura >> composición)

-- Comportamiento frente a fluidos:

- **ABSORCIÓN DE AGUA**
 - **EVAPORACIÓN**
 - **PERMEABILIDAD**
 - **HINCHAMIENTO**
- } → f (textura: tamaño y forma de vacíos)
- } → f (composición: arcillas)

-- Propiedades mecánicas:

- **DUREZA AL RAYADO, A LA PENETRACIÓN...**
- **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN, AL CHOQUE...**
- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, A LA TRACCIÓN...**

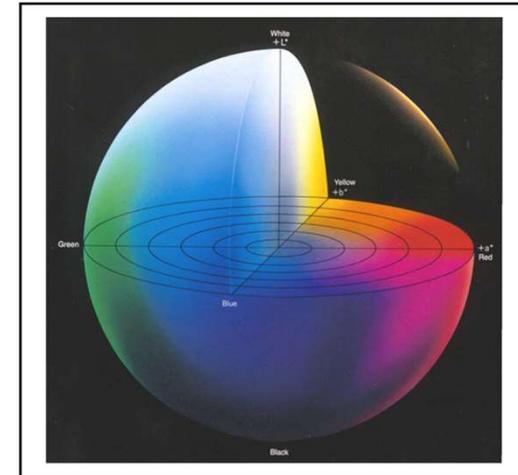
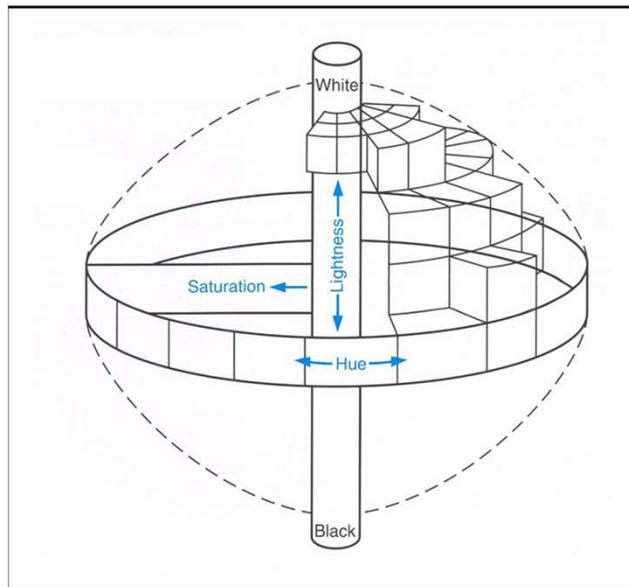


PROPIEDADES FÍSICAS

COLOR

Sistema Munsell: esfera cromática

Notación: 10 YR 7 / 4



Elementos del color:

- Tono o matiz (“hue”): 10 YR
- Claridad o luminosidad (“value o lightness”): 7
- Pureza o grado de saturación

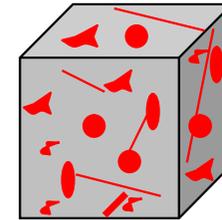
PROPIEDADES FÍSICAS

DENSIDAD / POROSIDAD

Notación:

- Fracción sólida: masa (M_o), volumen (V_s)
 - Espacios vacíos: masa ($M_v = 0$), volumen (V_v)
 - vacíos abiertos (V_a)
 - vacíos cerrados (V_c)
- $V_v = V_a + V_c$
- Masa total de la muestra seca (M_o)
 - Volumen total de la muestra (V_m) → $V_m = V_s + V_v$

Muestra con espacios vacíos



Definiciones:

- **DENSIDAD:** $\rho = M / V$ [kg / m³]
 - ◆ Densidad de los granos minerales: $\rho_s = M_o / V_s$
 - ◆ Densidad de la roca seca: $\rho_d = M_o / V_t$
- **POROSIDAD:** $n = (V_v / V_m) \cdot 100$ [%]
 - ◆ Porosidad total: $n = (V_v / V_m) \cdot 100$
 - ◆ Porosidad abierta: $n_o = (V_a / V_m) \cdot 100$

$$\Rightarrow \rho_s \geq \rho_d$$

$$\Rightarrow n \geq n_o$$

PROPIEDADES FÍSICAS

-- Propiedades dinámicas:

- VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDAS

-- Propiedades térmicas:

- CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
- EXPANSIÓN TÉRMICA

TÉCNICAS DE ESTUDIO

- Normas de ensayo: UNE-EN, ASTM, ISRM, RILEM...

(FÍSICA)

Bibliografía: CORRALES et al. (95-104) (226-227); AUBOUIN et al. (162-183)

