

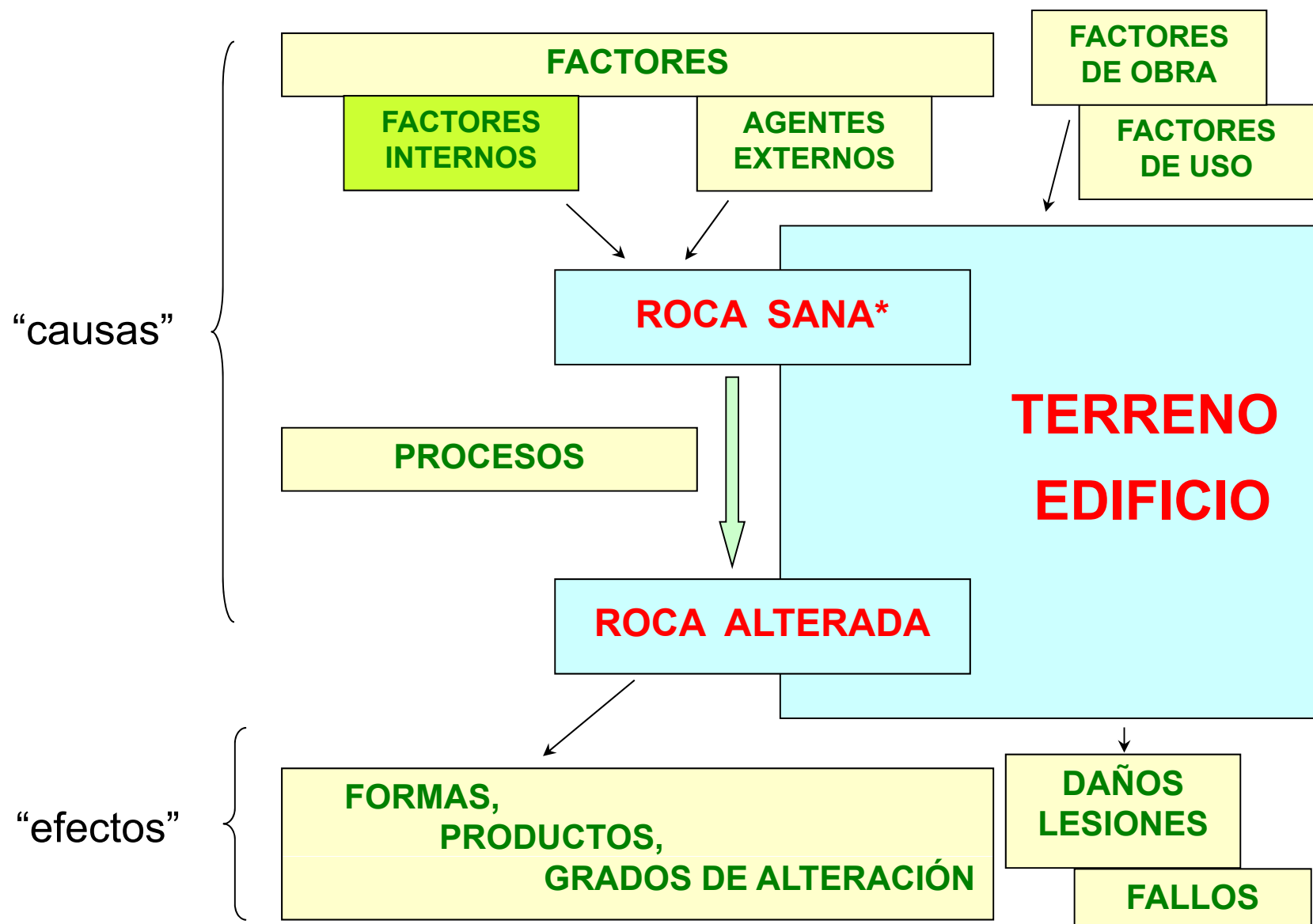
ALTERACIÓN, DURABILIDAD Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES ROCOSOS

Tema 3. FACTORES INTERNOS

3.1. Características petrográficas



ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN



FACTORES INTERNOS

- ⇒ *relativos a la naturaleza de los materiales*
- ⇒ *insuficiencias por baja calidad, defectos*
- ⇒ pasivos *frente a los agentes externos*

■ PETROGRAFÍA

- **Composición**
- **Textura / Espacios vacíos**

■ PROPIEDADES

- **Químicas**
- **Físicas**

► Alonso F.J. et al. (2006). *Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación*. ReCoPaR (rev. electrónica) 3, 23-32.

► Esbert R.M. et al. (2008). *La petrofísica en la interpretación del deterioro y la conservación de la piedra de edificación*. Trabajos de Geología 28, 87-95.



FACTORES INTERNOS: Composición

■ Características composicionales

- Tipo de roca

- Rocas silicatadas → { GRANITOS...
ARENISCAS...
- Rocas carbonatadas → { MÁRMOLAS...
CALIZAS...

- Componentes inestables

- mayoritarios: grado de alteración mineral
estabilidad de la red cristalina...
- minoritarios: arcillas, minerales de Fe,
sulfuros, materia orgánica...

- Componentes secundarios

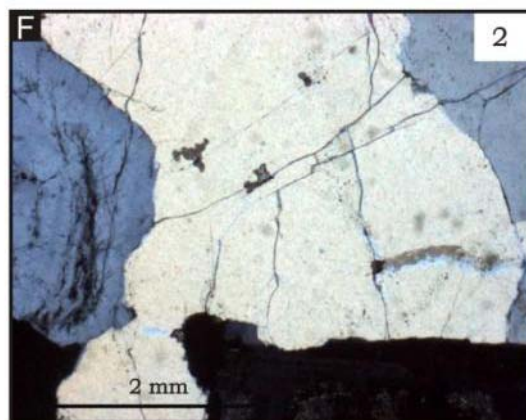
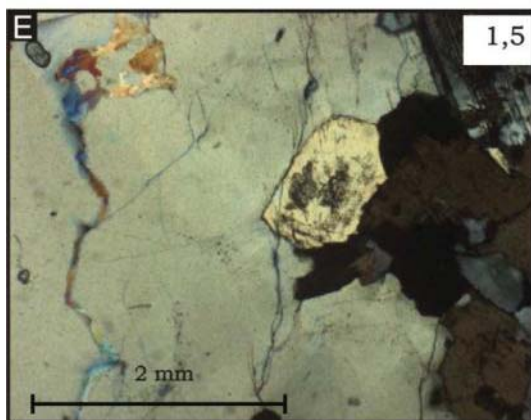
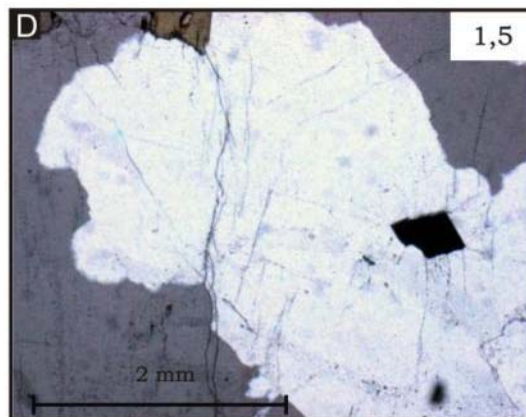
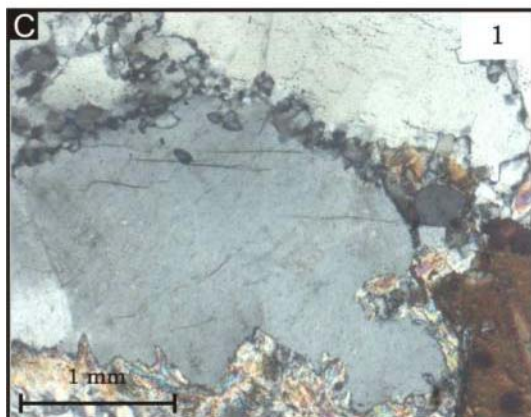
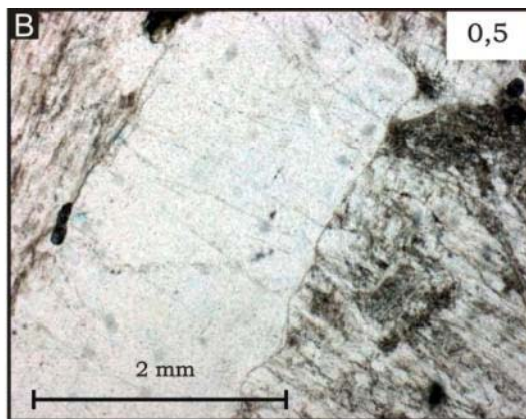
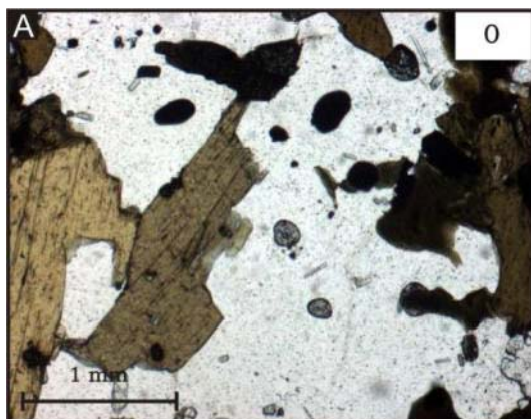
- sales solubles
- productos de tratamiento...



COMPOSICIÓN: Grado de alteración mineral

Grados	Cuarzo	Feldespatos	Biotita
0	No alterado: aparentemente sano.		
0,5	Fisuras intragranulares escasas y poco marcadas.	Fisuras intragranulares escasas y poco marcadas. Alteración: < 10%	Alteración marginal débil. Cloritización: < 10%
1	Fisuras intragranulares.	Fisuras intragranulares. Alteración: 10 a 25%	Alteración marginal y en las líneas de exfoliación débil. Cloritización: 10 a 25%
1,5	Fisuras del orden del tamaño de grano y trasgranulares.	Fisuras del orden del tamaño de grano y trasgranulares. Alteración: 25 a 40%	Alteración marginal y en las líneas de exfoliación. Pequeñas manchas de alteración: <5% Cloritización: 25 a 40%
2	Fisuras del orden del tamaño de grano y trasgranulares. Interconexión entre las fisuras.	Fisuras del orden del tamaño de grano y trasgranulares. Interconexión entre fisuras. Alteración: 40 a 60%	Alteración marginal y en las líneas de exfoliación. Manchas de alteración: 5 a 30% Cloritización: 40 a 60%
3	Fisuras inter y trasgranulares abundantes e interconectadas. Indicio de subindividualización granular.	Fisuras intergranulares y trasgranulares abundantes e interconectadas. Alteración: 60 a 80%	Alteración marginal y en las líneas de exfoliación marcada. Manchas de alteración: 30 a 50% Cloritización: 60 a 80%
4	Fisuración generalizada. Subindividualización granular.	Figuración generalizada. Alteración: > 80%	Líneas de exfoliación abiertas y fisuras. Manchas de alteración: >50% Cloritización: > 80%





Grado de alteración mineral

Distintos grados de alteración del cuarzo

A: Sin fisuras.

B: Ligeras fisuras intragranulares.

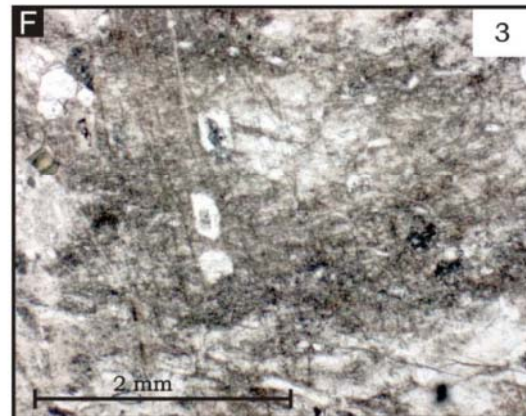
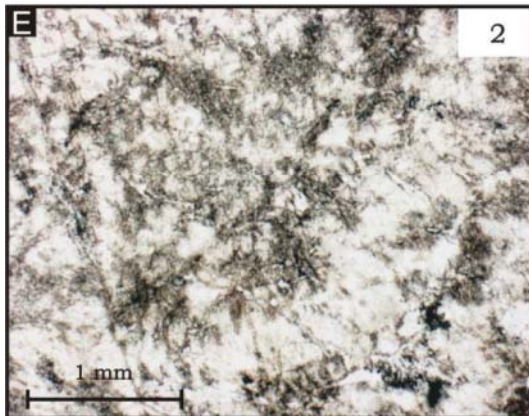
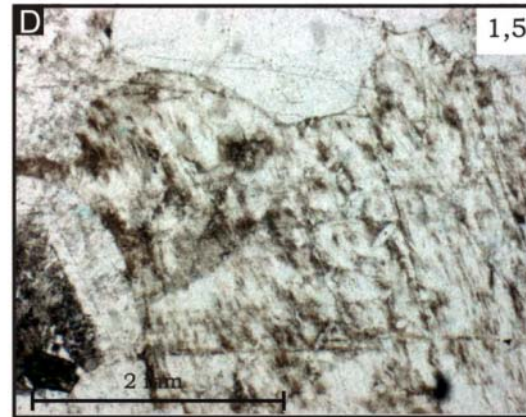
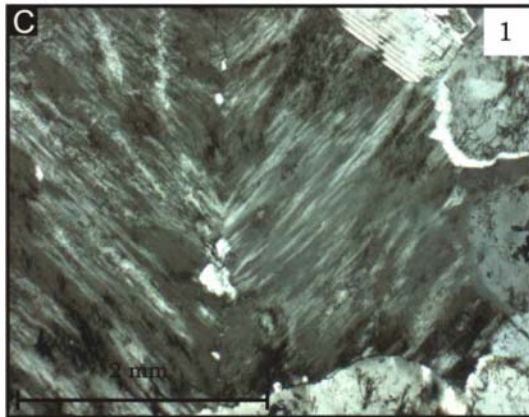
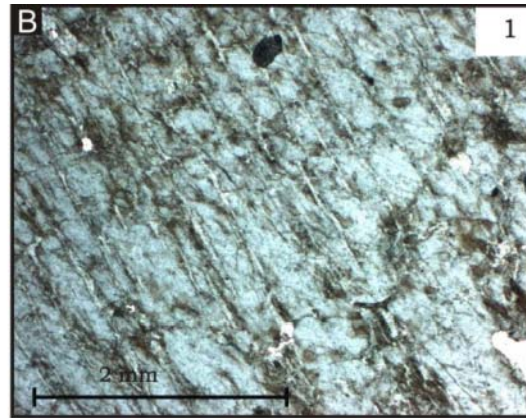
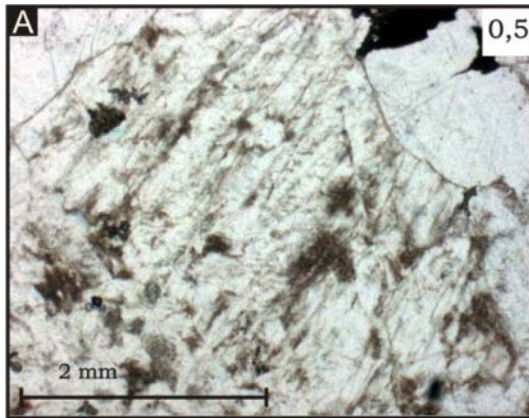
C: Fisuras intragranulares más marcadas.

D: Fisuras transgranulares.

E: Fisuras transgranulares.

F: Mayor cantidad de fisuras intra y transgranulares

► Vázquez P. (2010). *Granitos ornamentales. Caracterización, durabilidad y sugerencias de uso*. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.



Grado de alteración mineral

Distintos grados de alteración del feldespato potásico

A: Pocas fisuras y poca alteración.

B: Ligeras fisuras intragranulares.

C: Ligeras fisuras intragranulares.

D: Ligeras fisuras intragranulares.

E: Fisuras intragranulares y alteración alrededor de dichas fisuras.

F: Alteración evidente del núcleo.

► Vázquez P. (2010)

Grado de alteración mineral

Distintos grados de alteración de la plagioclasa

A: Sin alteración.

B: Ligera alteración en los zonados.

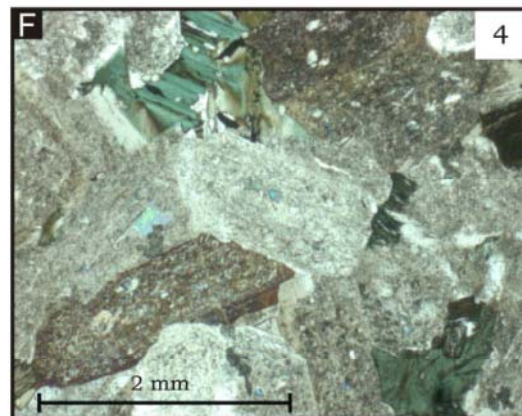
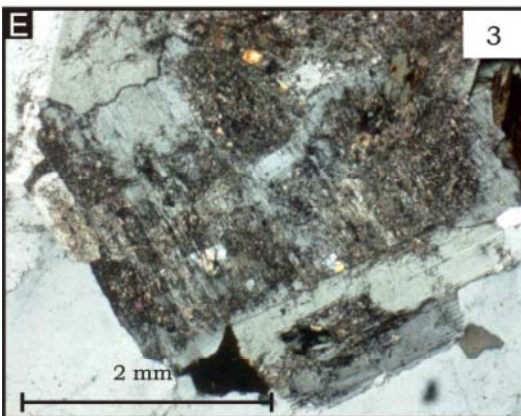
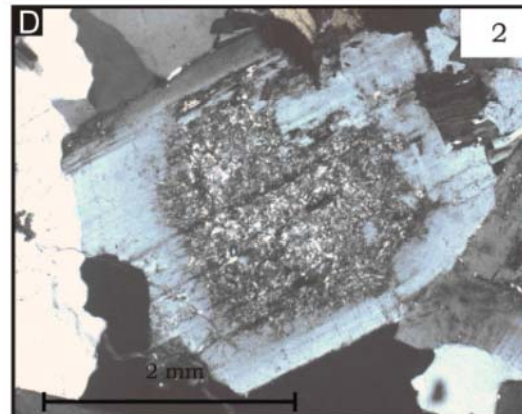
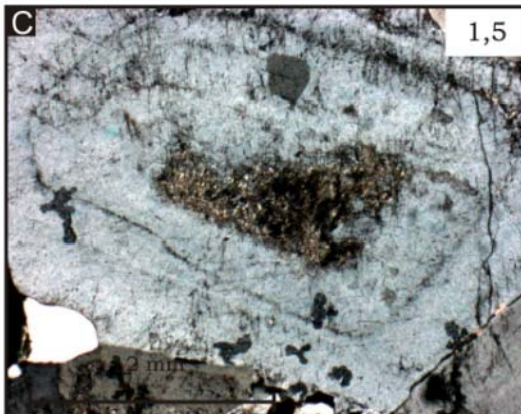
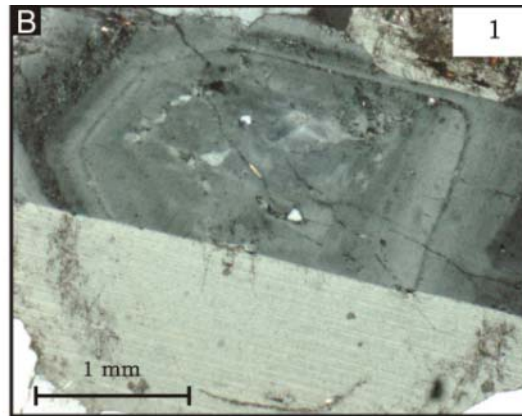
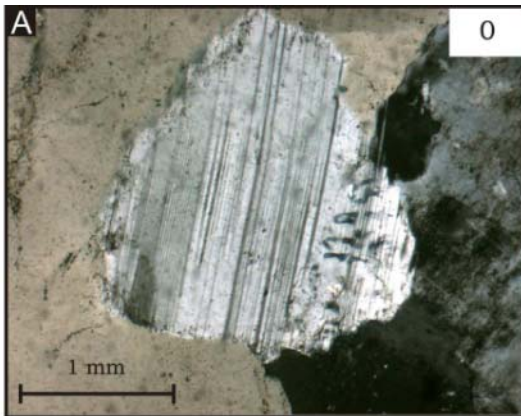
C: Alteración en el núcleo del cristal.

D: Alteración desde el núcleo de la mayor parte de la plagioclasa.

E: Plagioclasa alterada casi en su totalidad.

F: Plagioclasa completamente sericitizada.

► Vázquez P. (2010)



Grado de alteración mineral

Distintos grados de alteración de la biotita

A: Biotita sana.

B: Planos de exfoliación marcados ligeramente.

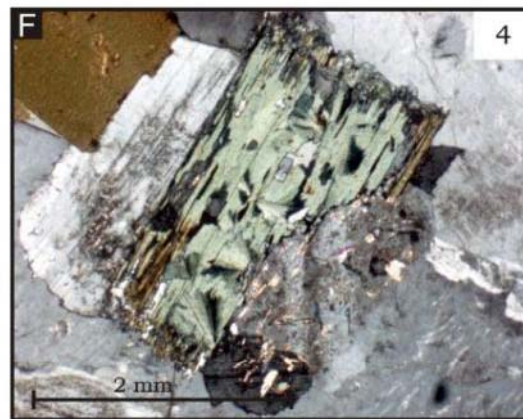
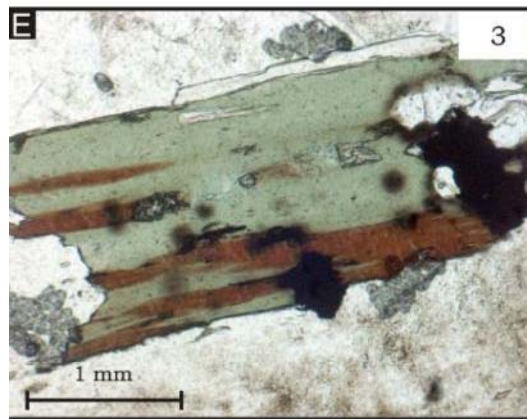
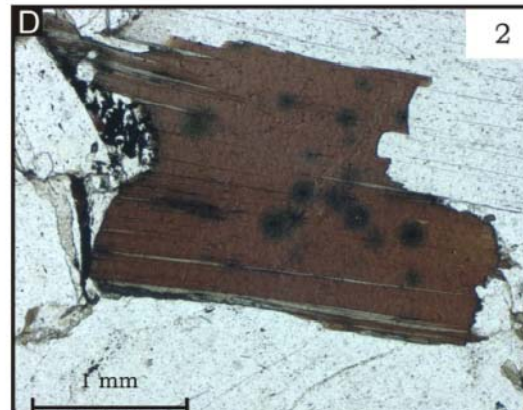
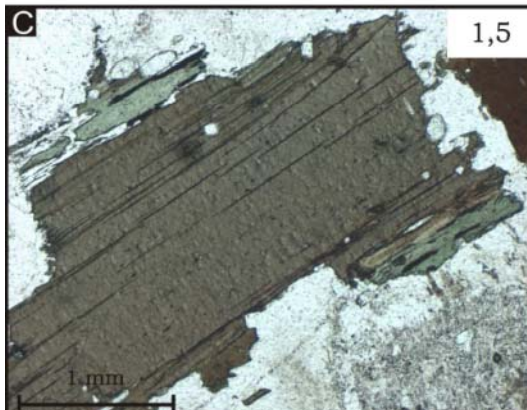
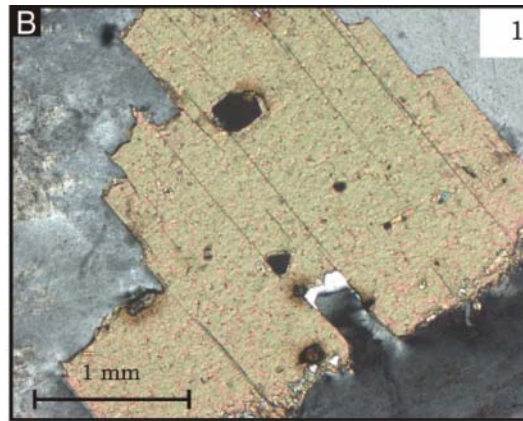
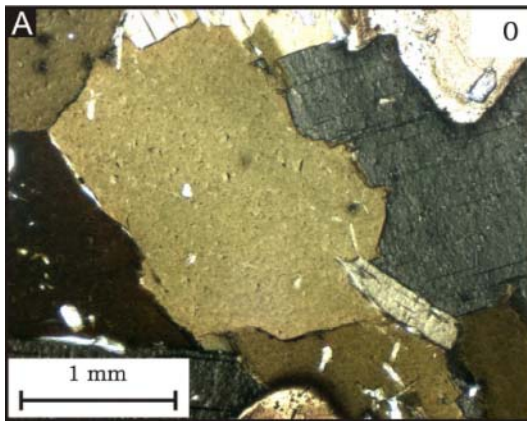
C: Planos de exfoliación marcados y algunas manchas de alteración.

D: Planos marcados y cloritizados y manchas de alteración.

E: Cloritización evidente y manchas de alteración.

F: Cloritización completa.

► Vázquez P. (2010)

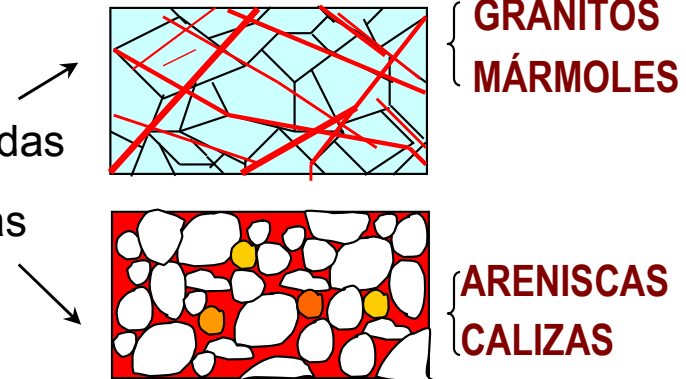


FACTORES INTERNOS: Textura

■ Características texturales

- Tipo de textura

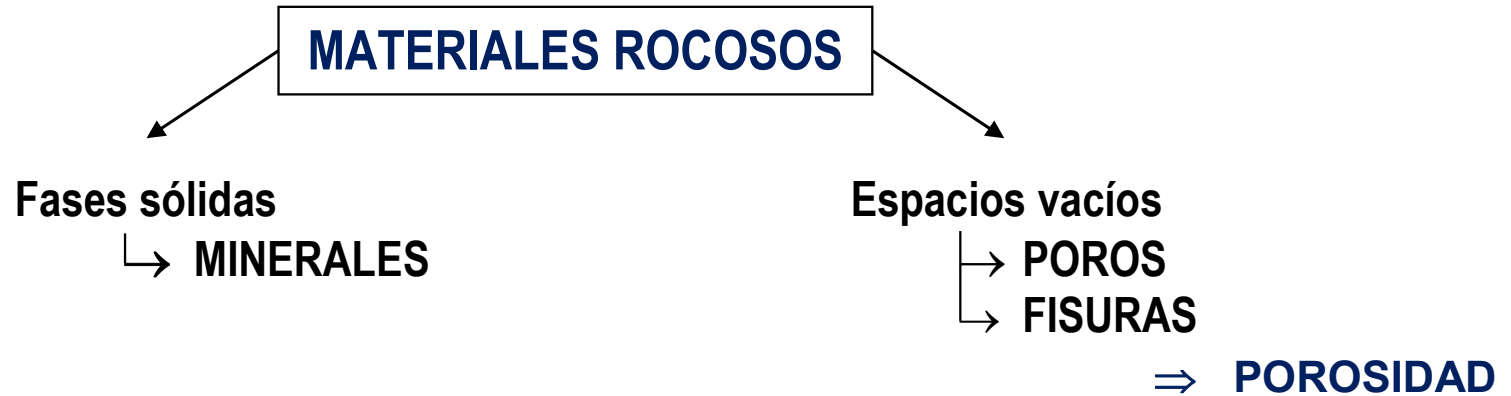
- Rocas cristalinas → fisuradas
- Rocas detríticas → porosas
 - Matriz
 - Cemento



- Elementos texturales de los componentes

- tamaño y forma de granos/cristales, poros/fisuras
- bordes de grano/cristales, poros/ fisuras
- cantidad/densidad y grado de comunicación de poros/fisuras
- anisotropía de granos/cristales, poros/fisuras
- distribución...

FACTORES INTERNOS: Porosidad



- La porosidad: es el conjunto de los espacios vacíos
 - ligada a la composición y textura
 - requiere un estudio específico
- Importancia de la porosidad
 - influye en las propiedades: físicas (mecánicas), químicas
 - influye en el comportamiento: durabilidad
 - influye en la génesis de la roca: disolución / cementación

ANÁLISIS DE LA POROSIDAD

→ todos los aspectos de los espacios vacíos

a) La porosidad como propiedad física:

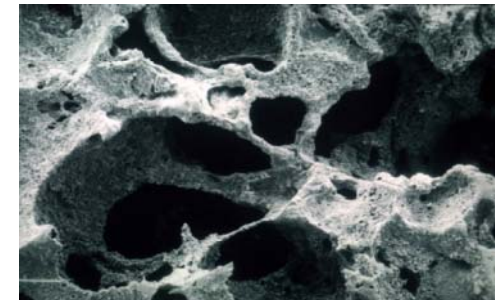
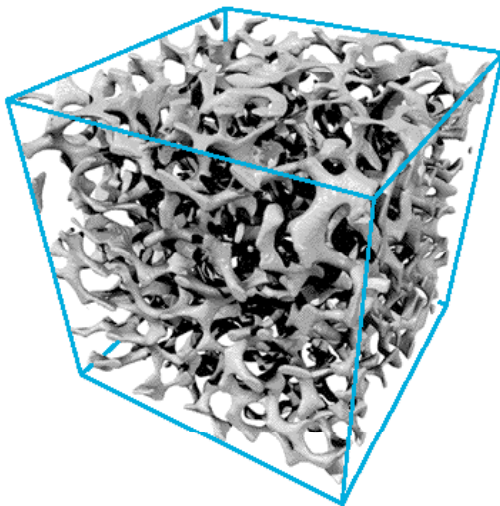
→ **VOLUMEN POROSO** (cantidad de espacios vacíos)

- concepto simple: fácil de determinar
- parámetro cuantitativo: se expresa en %

b) La porosidad como característica petrográfica:

→ **SISTEMA POROSO** (configuración de los vacíos)

- aspecto cualitativo: espacio geométrico
- concepto complejo: difícil de conocer
 - . **medio continuo**
 - . **carácter tridimensional**



La porosidad como característica petrográfica

- es un **componente petrográfico** (como los granos, cristales, matriz...):
 - componente único: los espacios vacíos
- tiene unas **características texturales** (como los demás componentes):
 - tamaño, forma, distribución de los espacios vacíos

⇒ ANÁLISIS DEL ESPACIO VACÍO:

- **Modelos** de sistema poroso / red de fisuras
- **Elementos** del sistema poroso / red de fisuras
- **Tipos** de espacios vacíos

► Alonso F.J. (2006). *La porosidad como componente petrográfico: La porosidad de las rocas carbonatadas*. Documento interno, Dpto. Geología. Univ. Oviedo, 21 p.



La porosidad como característica petrográfica

▪ Modelos: sistema poroso / red de fisuras

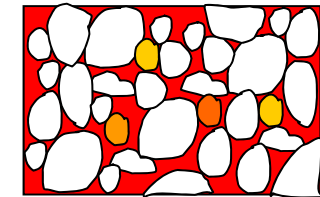
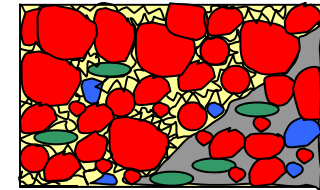
→ *modelos extremos*

a) Medios Porosos → Texturas / Rocas Detríticas (areniscas, calizas...)

- amplios espacios vacíos: poros
- estrechas comunicaciones: accesos de poro

→ **SISTEMA POROSO (ss)**

- volumen total de vacíos (porosidad): elevada 10 %
- comunicación de los vacíos: variable
 - almacenamiento de fluidos: f (poros)
 - circulación de fluidos: f (acceso de poro)

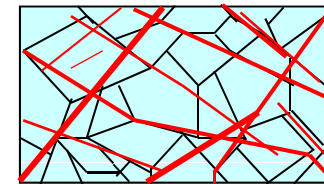
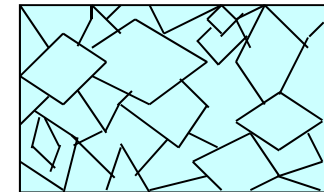


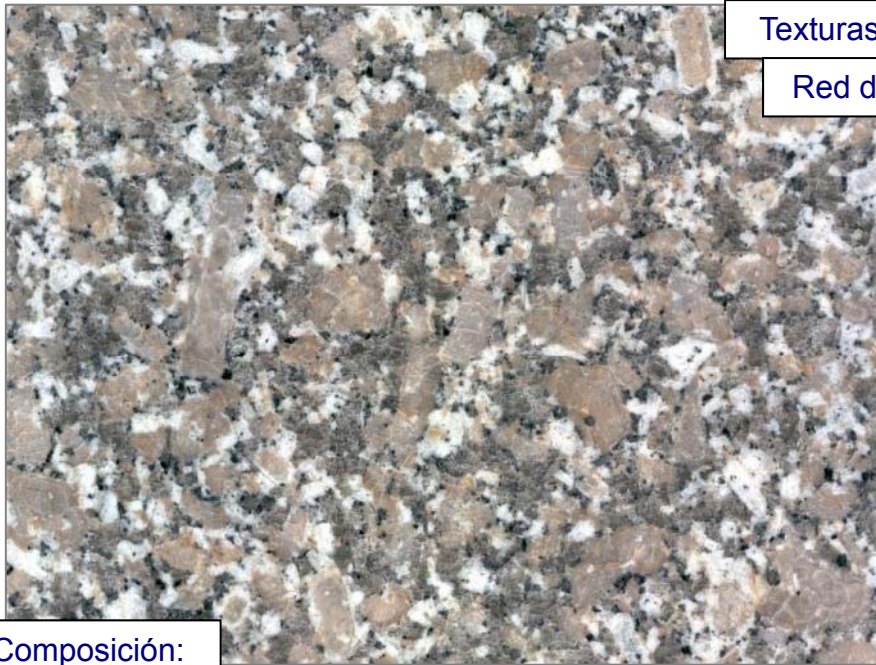
b) Medios Fisurados → Texturas / Rocas Cristalinas (granitos, mármoles...)

- red tridimensional de fisuras (discontinuidades)

→ **RED DE FISURAS / RED FRACTOGRÁFICA**

- volumen total de vacíos (porosidad): baja 1 %
- comunicación de los vacíos: elevada
 - circulación de fluidos
 - resistencia mecánica





Texturas cristalinas

Red de fisuras

Composición:
silicatos



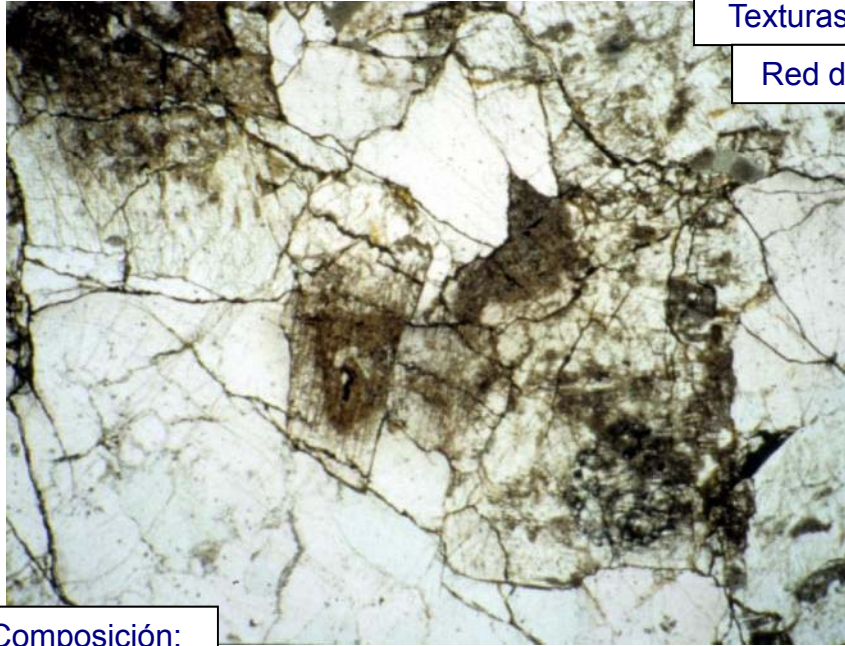
Composición:
carbonatos



Sistema poroso

Texturas detríticas

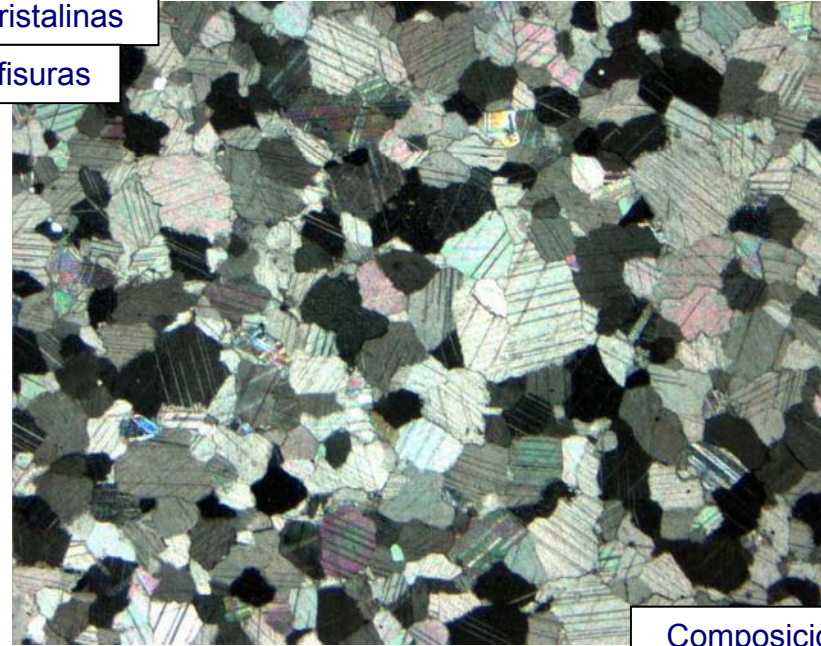




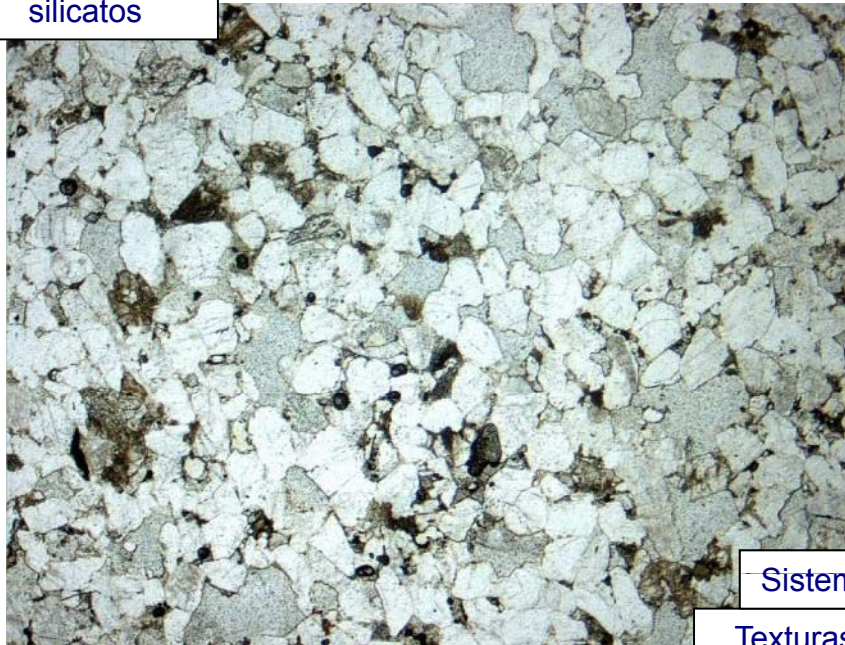
Texturas cristalinas

Red de fisuras

Composición:
silicatos

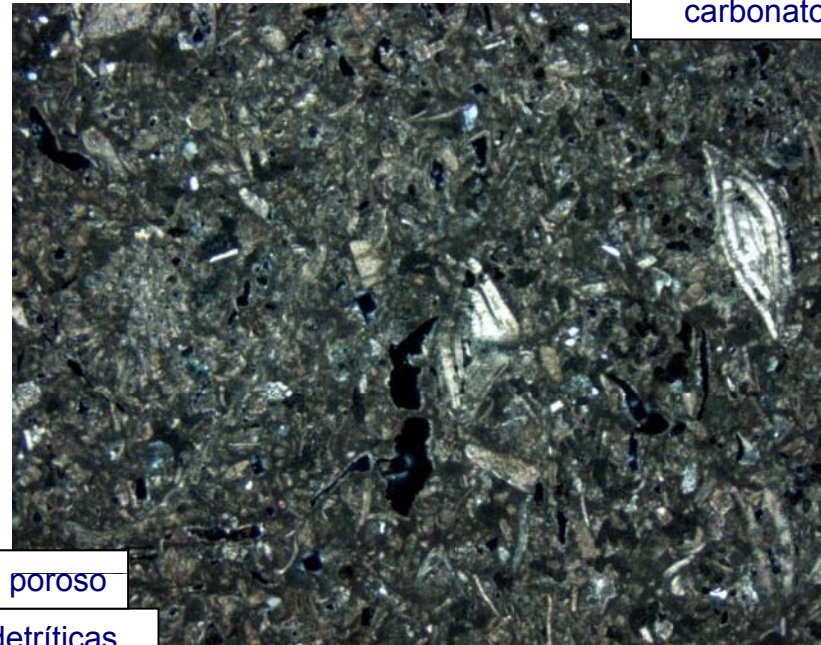


Composición:
carbonatos



Sistema poroso

Texturas detríticas

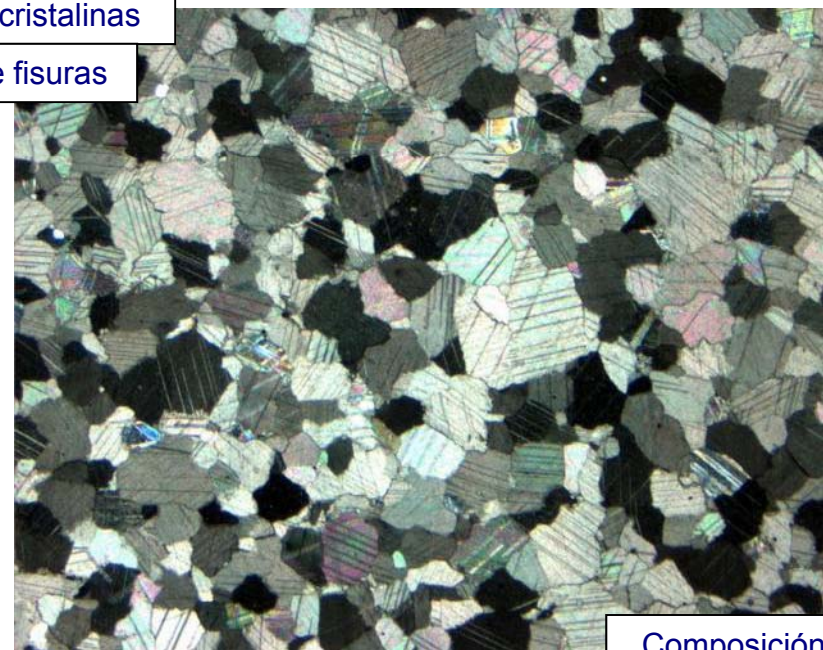




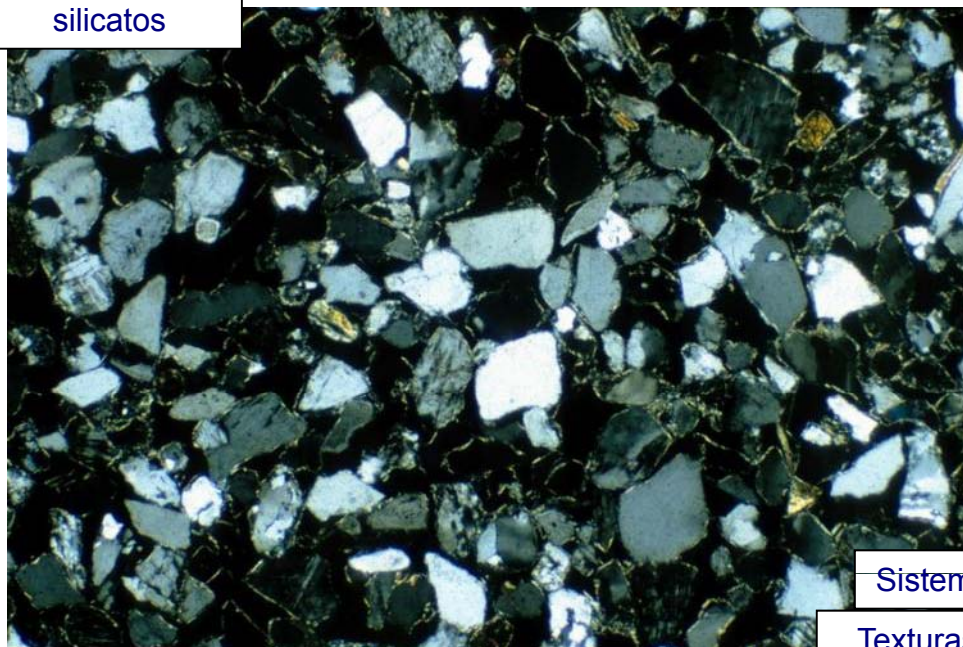
Composición:
silicatos

Texturas cristalinas

Red de fisuras

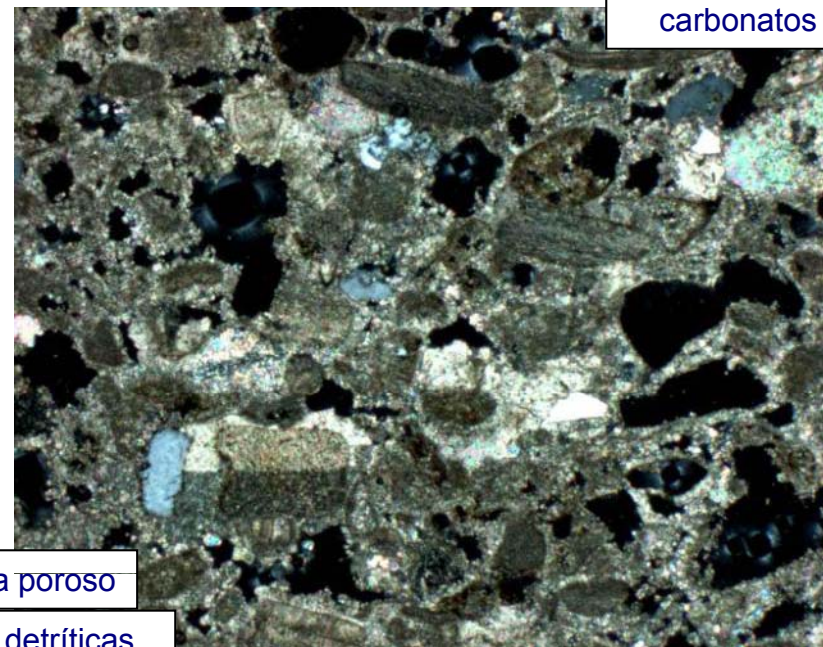


Composición:
carbonatos



Sistema poroso

Texturas detríticas



La porosidad como característica petrográfica

▪ Elementos: del sistema poroso / de la red de fisuras

→ partes $\pm$ cuantificables

➤ Volumen de los espacios vacíos:

→ porosidad como propiedad física

➤ Tamaño y forma de los vacíos

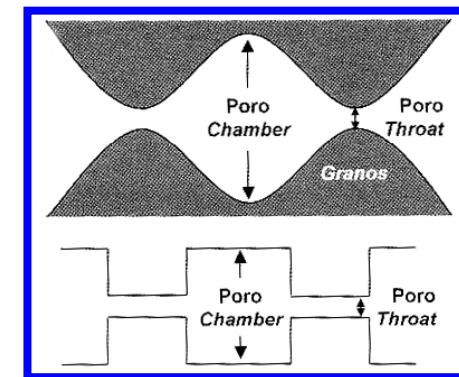
→ conceptos ligados entre sí

➤ Grado de comunicación: conectividad

→ relación poro / acceso de poro

➤ Distribución de los espacios vacíos:

→ depende de la textura



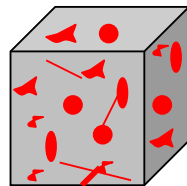
La porosidad como característica petrográfica

- Elementos: del sistema poroso / de la red de fisuras

Volumen de los espacios vacíos: Porosidad (propiedad física $\Rightarrow$ %)

Concepto sencillo (parámetro): determinación fácil

Significado $\rightarrow$ f (modelo):



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

SISTEMA POROSO
(Textura detrítica)

alta	_____	16 %
media	_____	8 %
baja		

RED DE FISURAS
(Textura cristalina)

alta	_____	2 %
media	_____	1 %
baja		

La porosidad como característica petrográfica

■ Elementos: del sistema poroso / de la red de fisuras

Tamaño y forma de los vacíos (ligados entre sí)

Concepto complejo:

- continuidad, carácter tridimensional de la porosidad,
- variabilidad: coexistencia de varios tipos de poros

⇒ Tratamiento estadístico: tendencia central, dispersión

Significado → f (modelo):

- Rocas Porosas:

poros:	tamaño:	<u>-- micro -- 60μm -- meso -- 2mm -- macro --</u>
	forma:	equidimensionales ($x \approx y \approx z$)
accesos:	tamaño:	<u>--- micro --- 7,5μm --- macro ---</u>
	forma:	cilíndricas, cónicas ($x > y \approx z$)

- Rocas Fisuradas:

fisuras:	tamaño:	longitud: <u>-- microfisura -- 1 mm -- fisura --</u>
		espesor: <u>-- microfisura -- 1 μm -- fisura --</u>
	densidad lineal de fisuras:	n° fisuras / longitud (μm^{-1})
	forma:	planares ($x \approx y > z$)

Parámetro relacionado con el tamaño y la forma de los vacíos:

Superficie específica: Superficie de vacíos / Volumen de roca (μm^{-1})



La porosidad como característica petrográfica

- Elementos: del sistema poroso /de la red de fisuras

(partes, parámetros cuantificables)

Grado de comunicación

- relación tamaño de poro / tamaño de acceso
- porosidad abierta / porosidad cerrada
- número de coordinación de los poros

Distribución → f (textura)

- homogeneidad
- orientación: isotropía
- localización en relación con los componentes texturales

⇒ TIPOS DE ESPACIOS VACÍOS



La porosidad como característica petrográfica

▪ Tipos de espacios vacíos: poros, fisuras

- definidos en relación con la textura: Tipo de roca
 - significado genético
 - connotaciones geométricas

POROS INTRAGRANULARES

POROS INTERGRANULARES

POROS FENESTRALES

POROS MATRICIALES

POROS INTERCRISTALINOS

POROS MÓLDICOS

POROS VACUOLARES

FISURAS INTRAGRANULARES

FISURAS INTERGRANULARES

FISURAS TRANSGRANULARES

Práctica 4. Caracterización petrográfica de rocas porosas

Práctica 5. Caracterización petrográfica de rocas cristalinas



POROS INTRAGRANULARES

Localización:

- En rocas granulares (calizas bioclásticas...)
- Dentro de los granos (cavidades esqueléticas)

⇒ *Fábrica selectiva*

Génesis:

Etapa:

- Primarios: predeposicionales
- Secundarios: eogeneis, telogénesis

Proceso:

- Maceración de materia orgánica,
- Disolución de aragonito, calcita...
- Alteración, perforación

Petrografía:

Abundantes en rocas recientes

Pequeños (10 – 500 μm), $\pm$ uniformes

Formas: $\pm$ equidimensionales

relación con: los organismos

Mal comunicados: accesos pequeños

Sistema poroso isótropo

Propiedades:

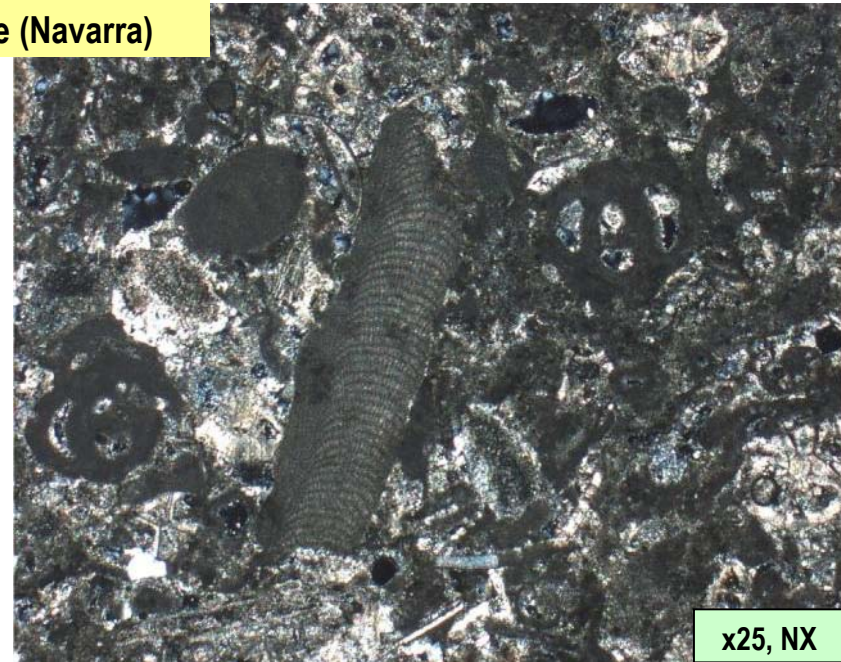
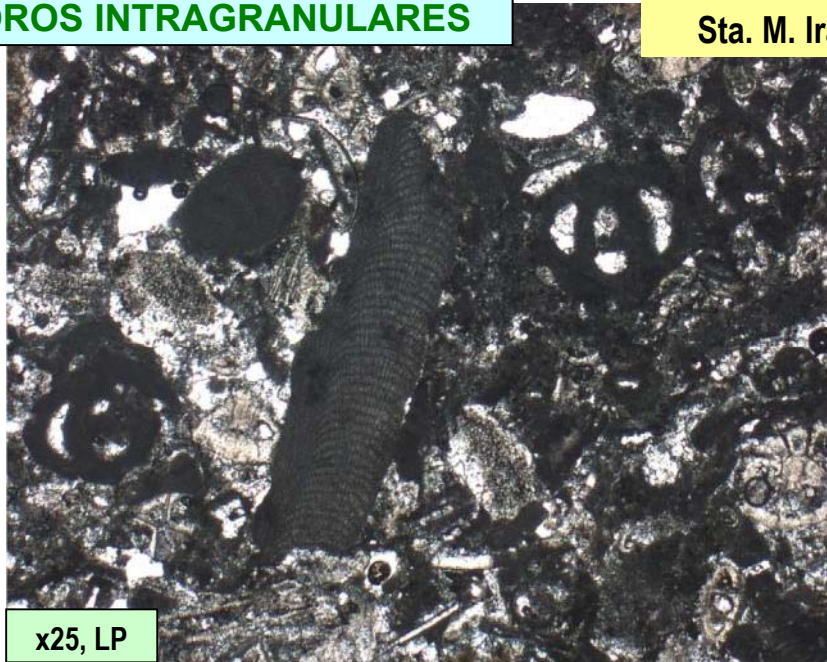
→ **Porosidad: $\pm$ alta**

→ **Permeabilidad: baja
e isotropa**

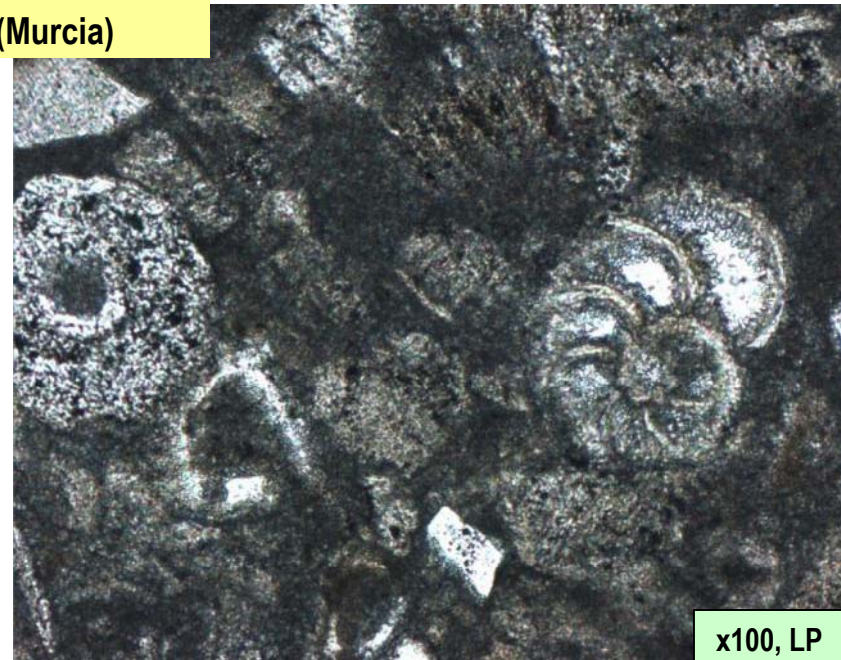
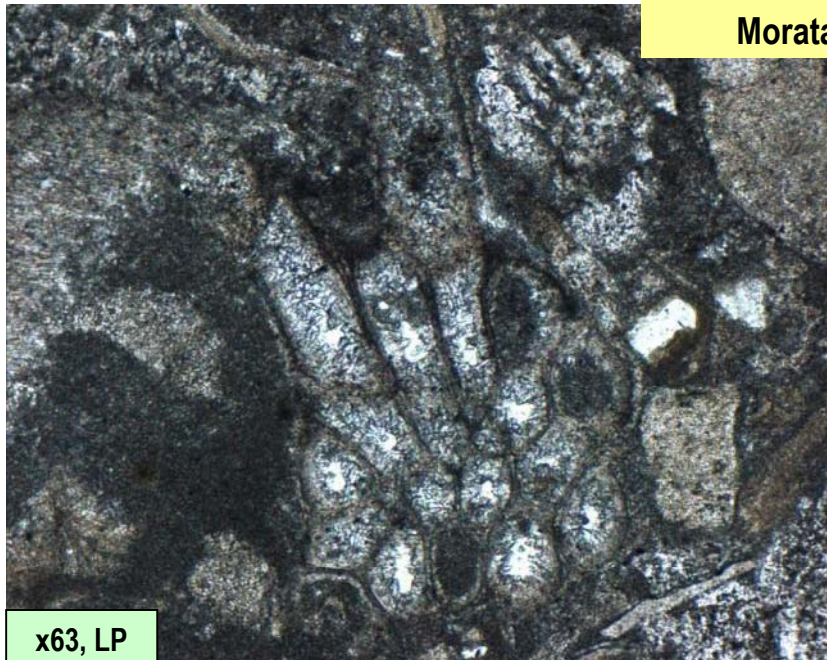


POROS INTRAGRANULARES

Sta. M. Irache (Navarra)

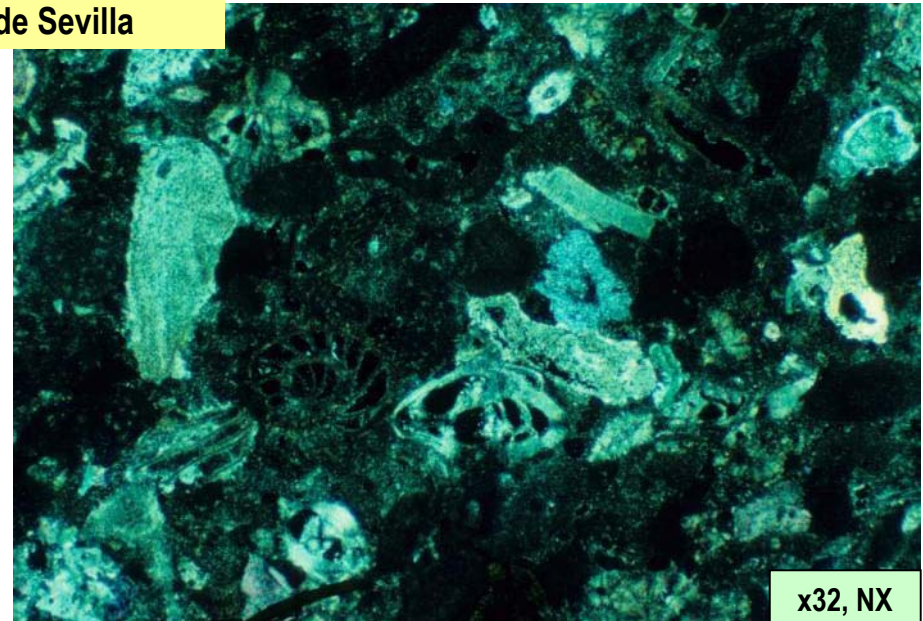
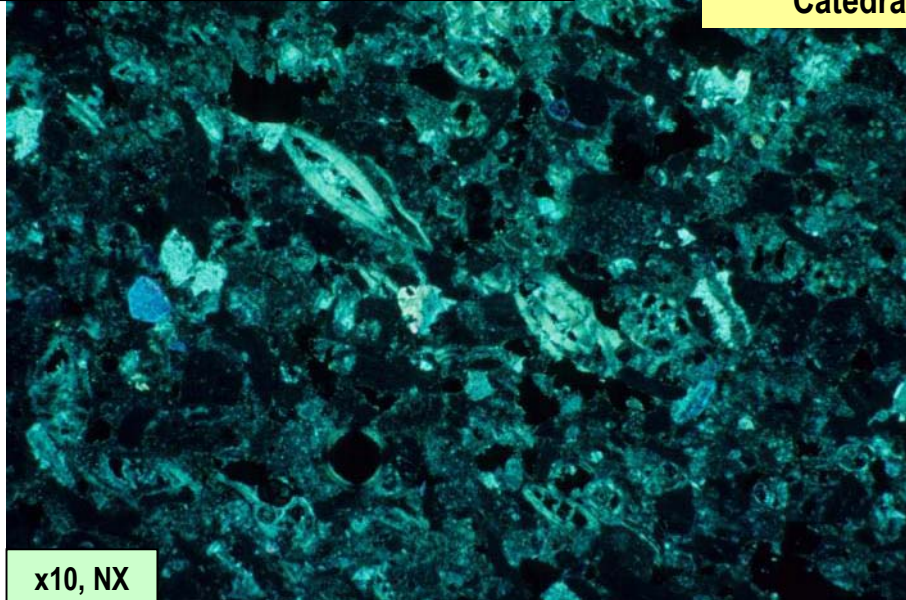


Moratalla (Murcia)

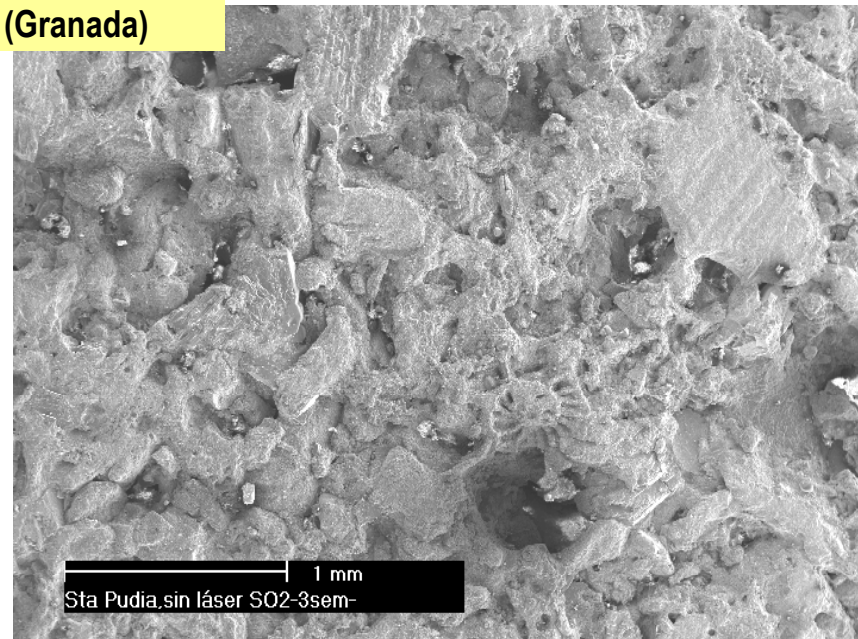
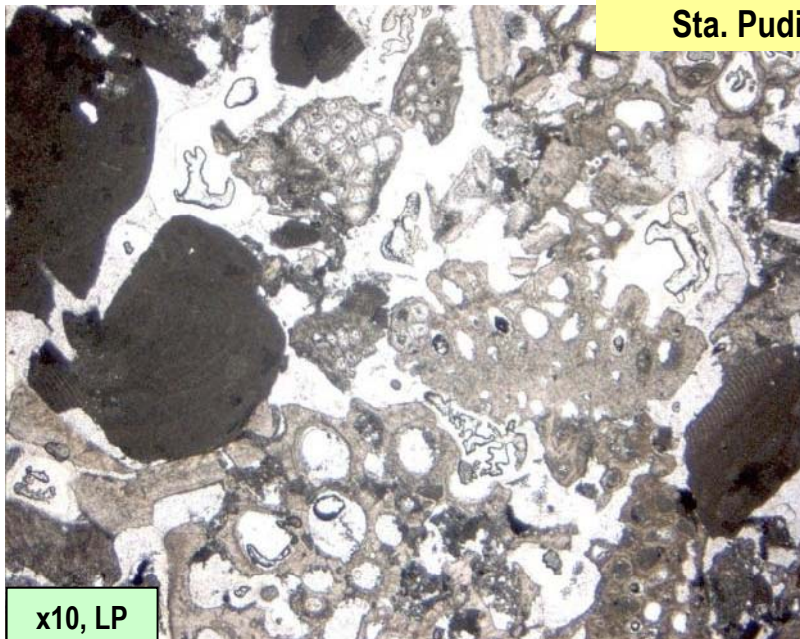


POROS INTRAGRANULARES

Catedral de Sevilla



Sta. Pudia (Granada)



POROS INTRAGRANULARES



PERFORACIONES
(BORING)

Depósitos actuales



x100, LP

POROS INTERGRANULARES

Localización:

- En rocas granulares (areniscas, calizas clásticas, oolíticas)
- Entre los granos: **disposición intersticial**

⇒ *Fábrica selectiva*

Génesis:

Etapas:

- **Primarios: deposicionales** (ausencia de matiz y cemento)
- **Secundarios: eogénesis** (pérdida de matiz)

Proceso:

- Disolución de la matriz

Petrografía:

Abundantes en rocas recientes

Grandes (50 μm – 1 mm), $\pm$ uniformes

Formas: convexas

negativo de los granos

Bien comunicados: accesos grandes

Sistema poroso anisótropo

relación con: compactación, estratificación

Propiedades:

→ **Porosidad: muy alta**

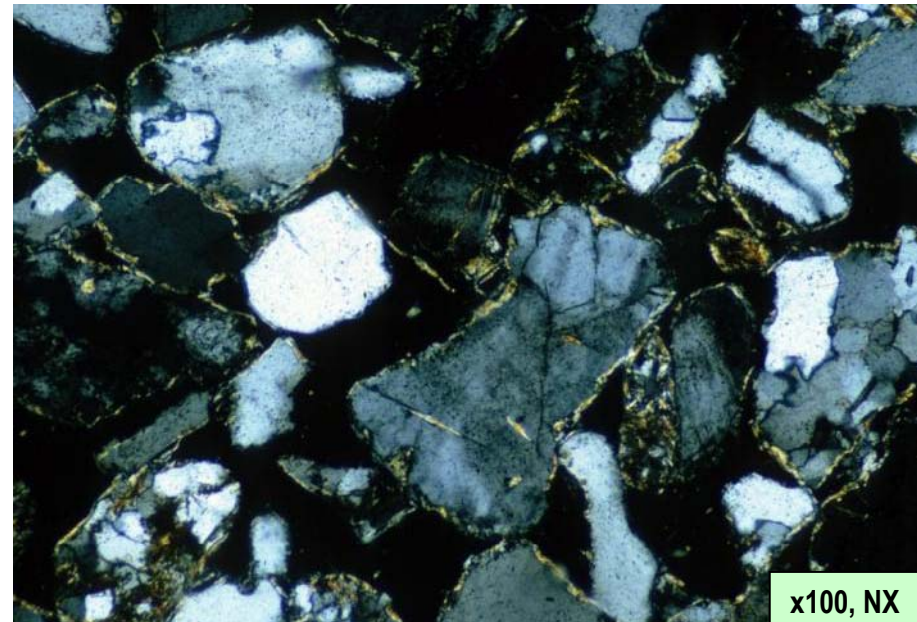
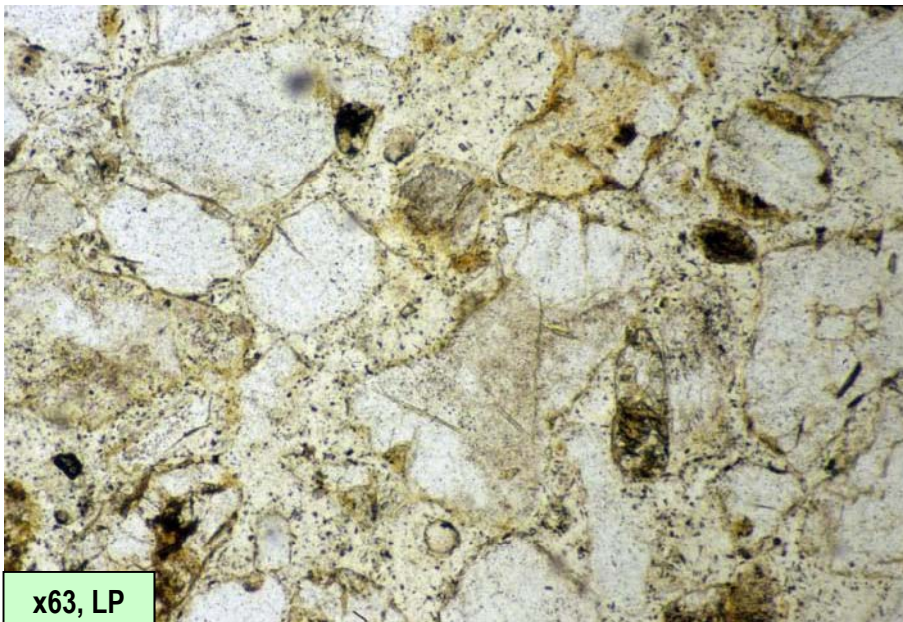
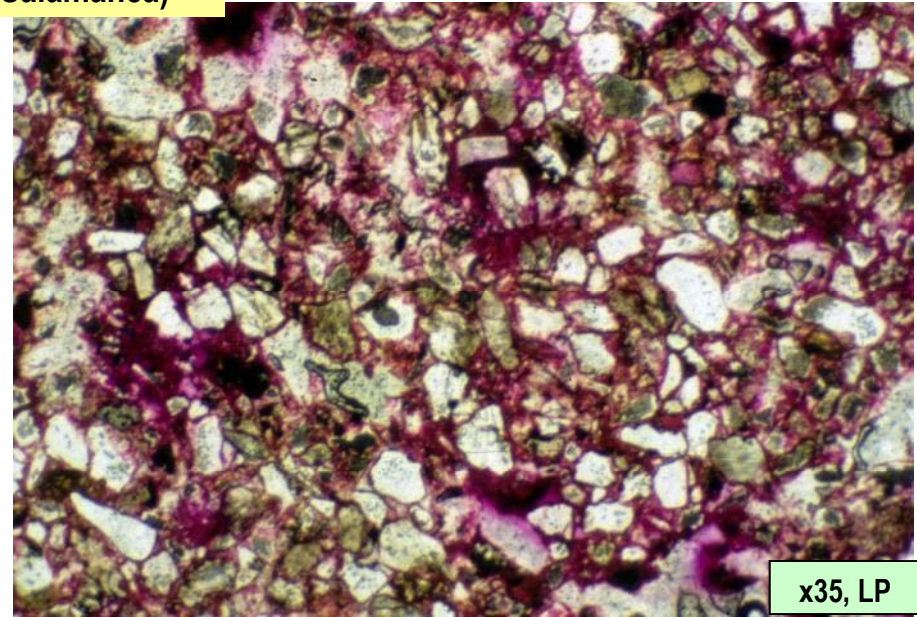
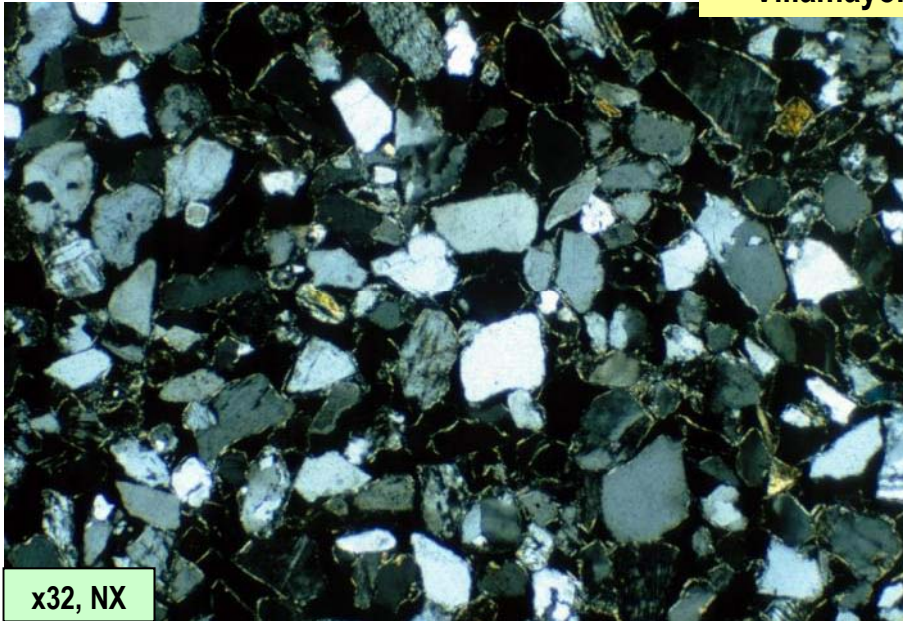
→ **Permeabilidad: alta
y $\pm$ anisotropa**

⇒ *Gradación entre poros y accesos de poro*



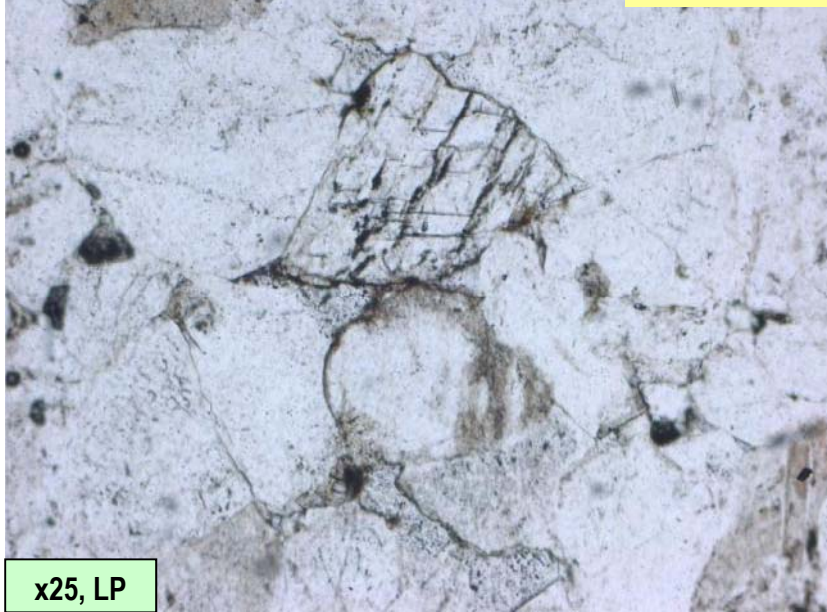
POROS INTERGRANULARES

Villamayor (Salamanca)

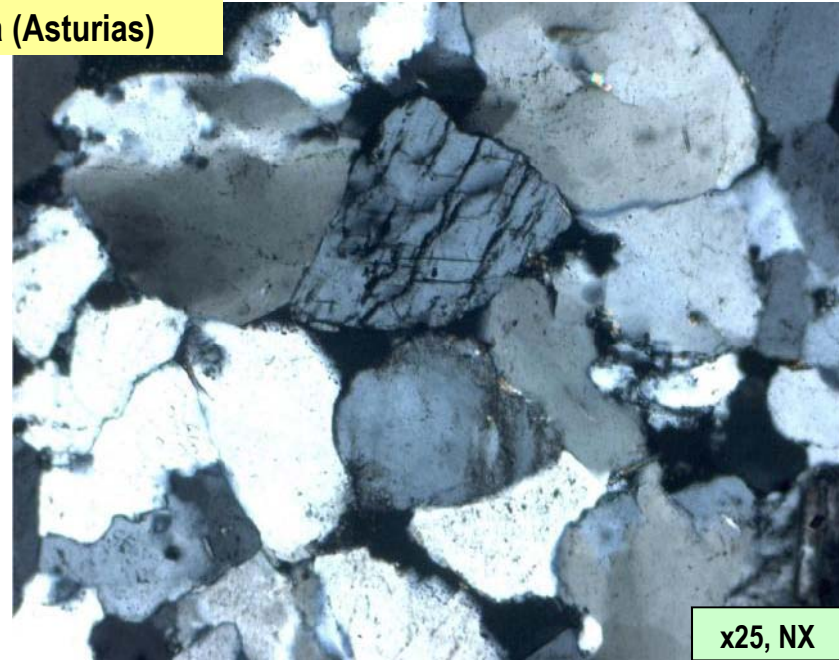


POROS INTERGRANULARES

Villaviciosa (Asturias)

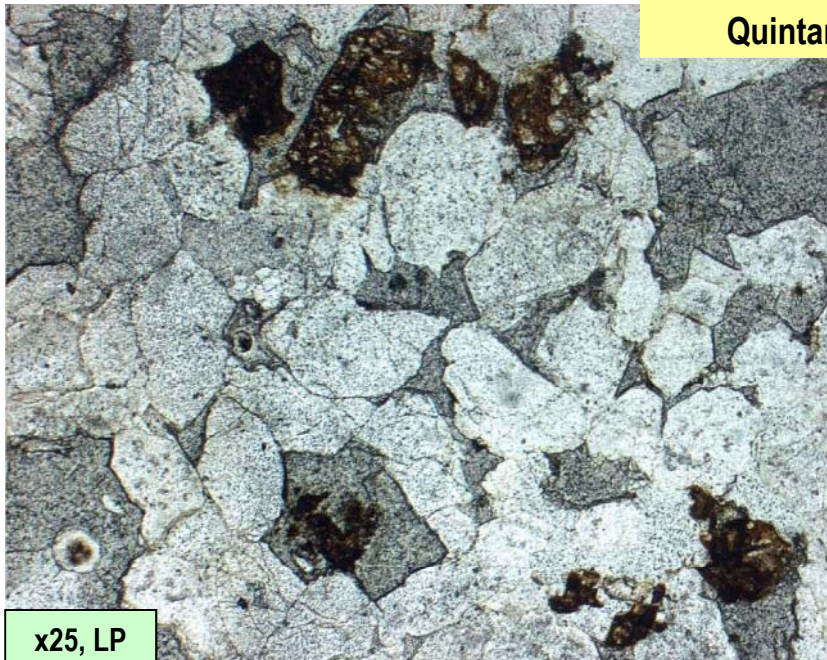


x25, LP

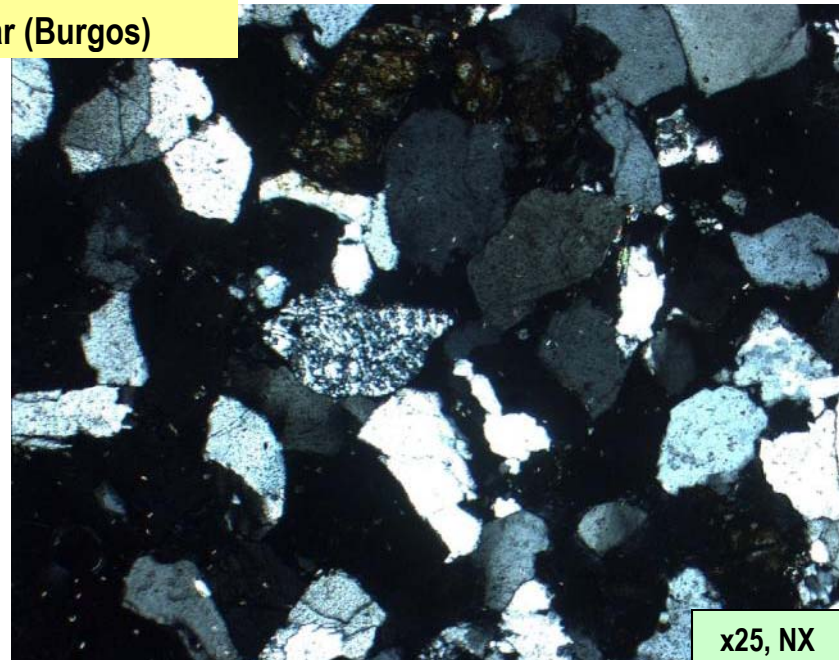


x25, NX

Quintanar (Burgos)



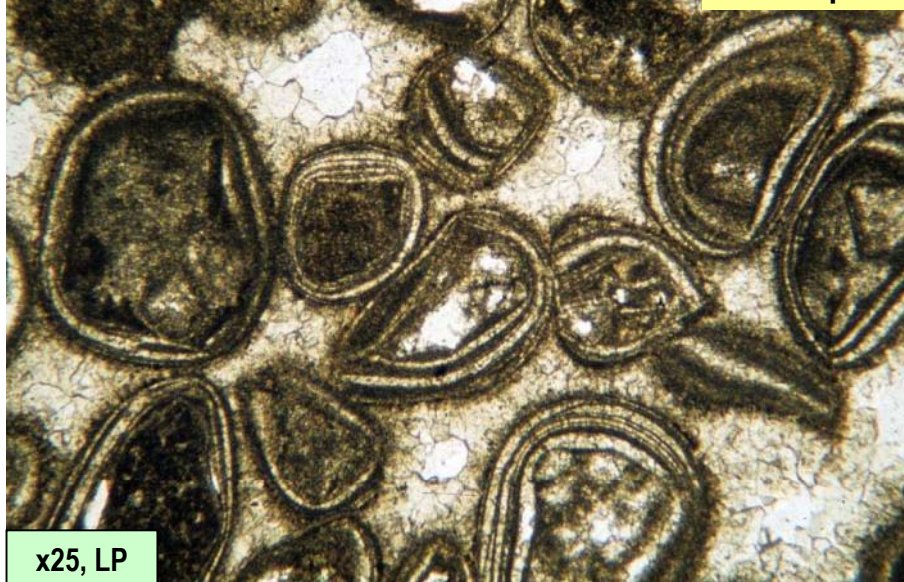
x25, LP



x25, NX

POROS INTERGRANULARES

Depósitos actuales

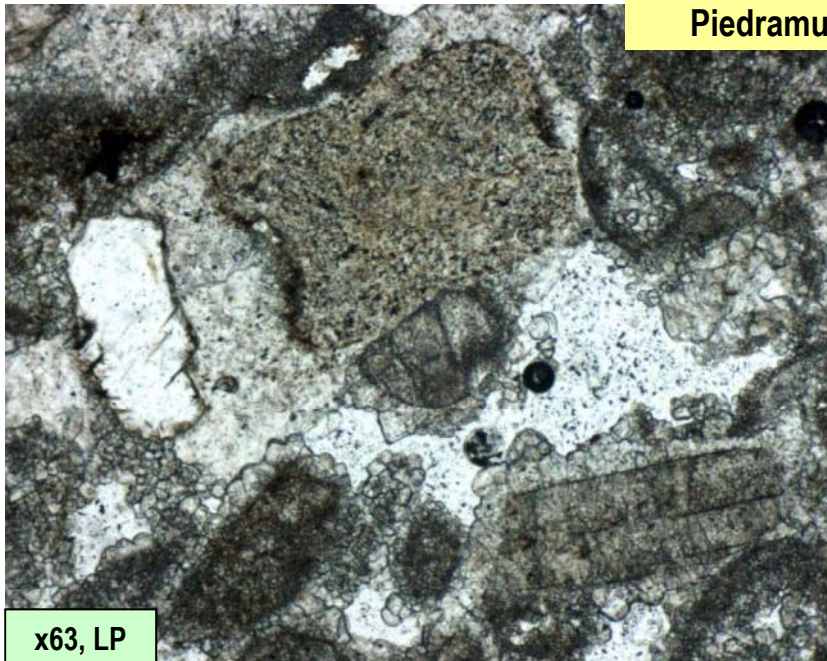


x25, LP

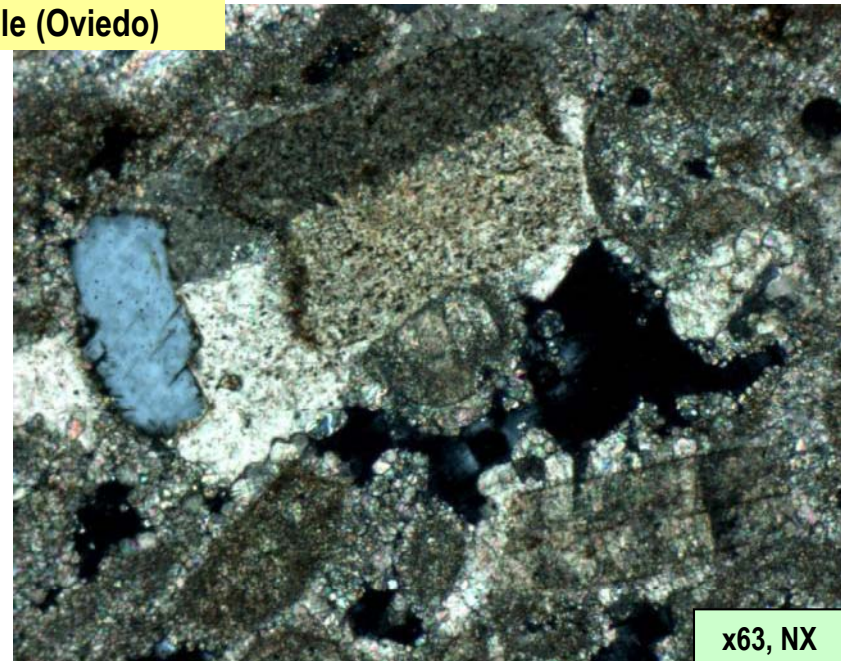


x25, NX

Piedramuelle (Oviedo)



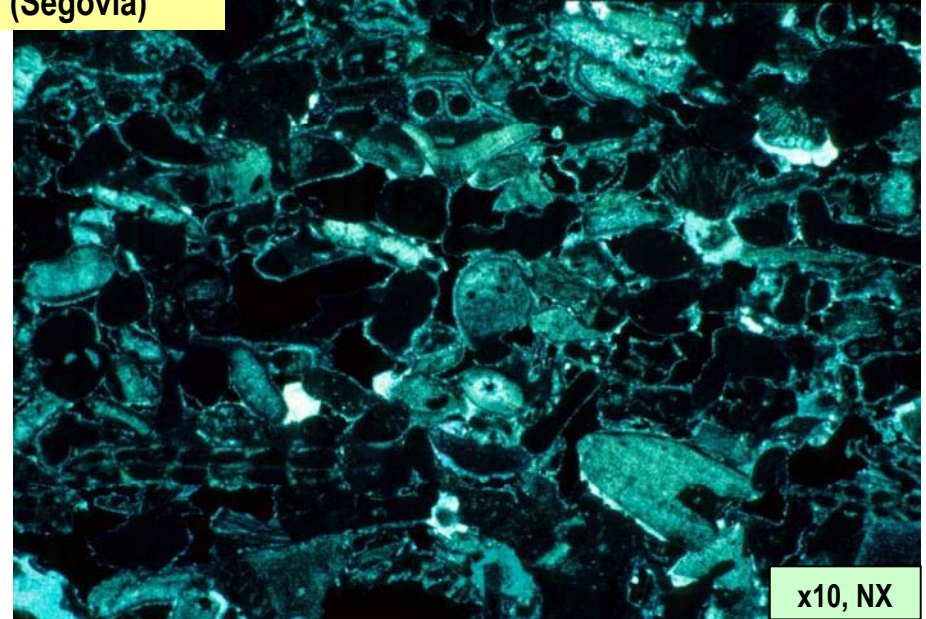
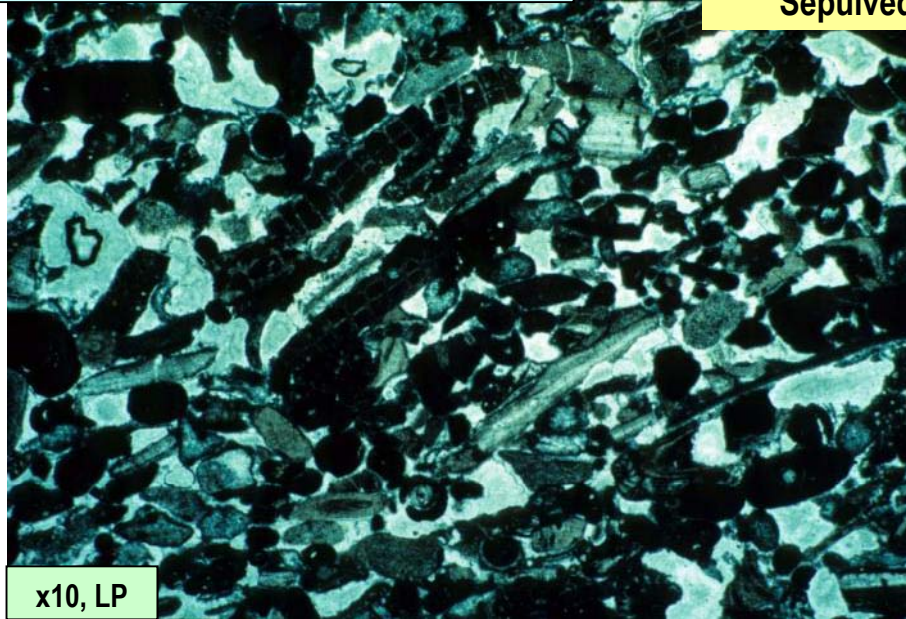
x63, LP



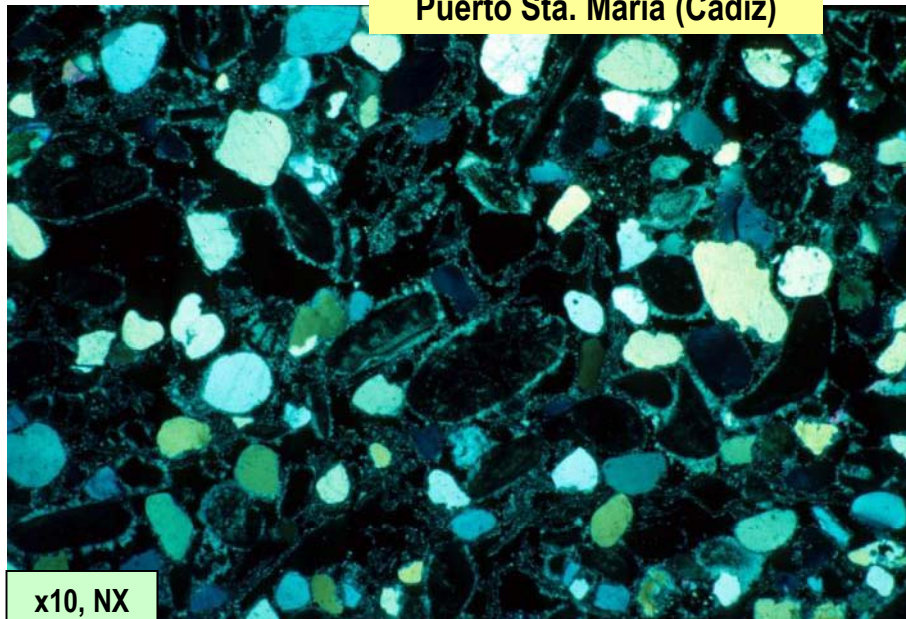
x63, NX

POROS INTERGRANULARES

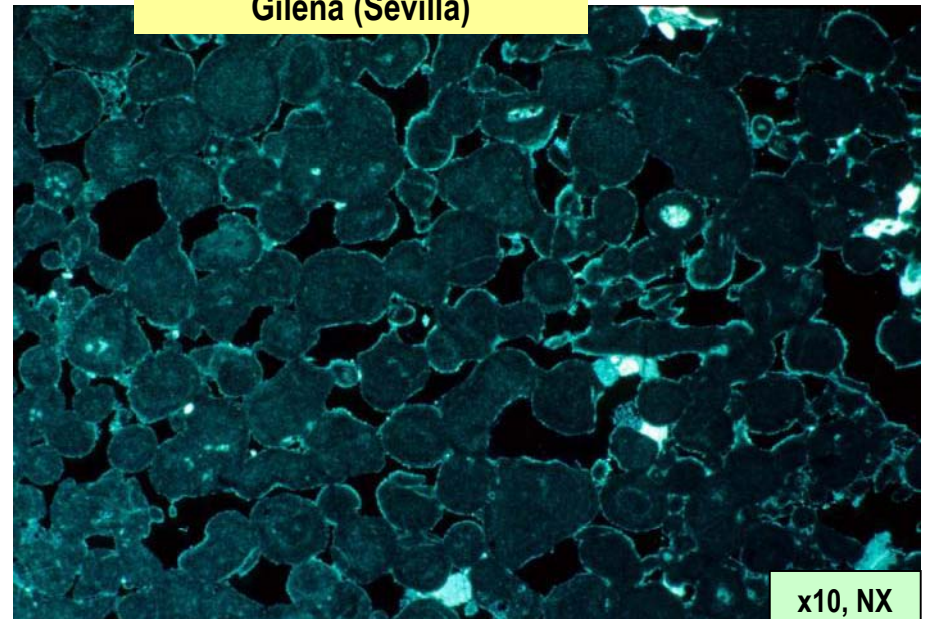
Sepúlveda (Segovia)



Puerto Sta. María (Cádiz)



Gilena (Sevilla)



POROS FENESTRALES

Localización:

- **En rocas lodosas** (calizas micríticas, laminadas, grumelares...)
- **En rocas de precipitación química** (travertinos...)
- **Vacíos no soportados por la textura de la roca**

⇒ *Fábrica selectiva*

Génesis:

Etapas:

- **Primarios** (en travertinos)
- **Secundarios: eogénesis** (propios de ambiente supramareal)

Proceso:

- **Desecación y retracción según la estratificación**
- **Desprendimiento de burbujas de gas**

Petrografía:

Dispersos en rocas recientes

Grandes (50 μ m – 10 mm), variables

Formas: irregulares, alargadas

relación con: estratificación

Mal comunicados: accesos pequeños

Sistema poroso anisótropo

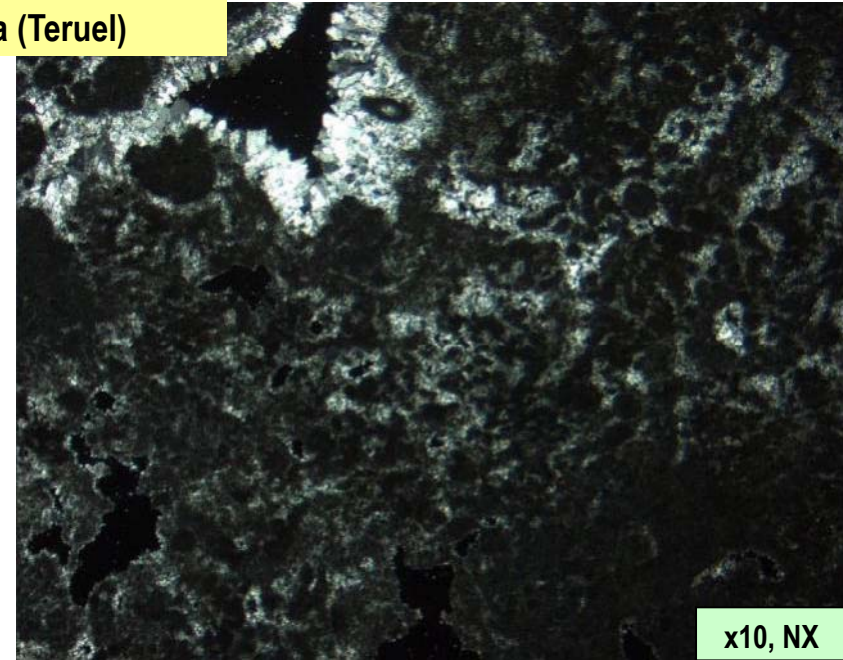
Propiedades:

→ **Porosidad: media-baja**

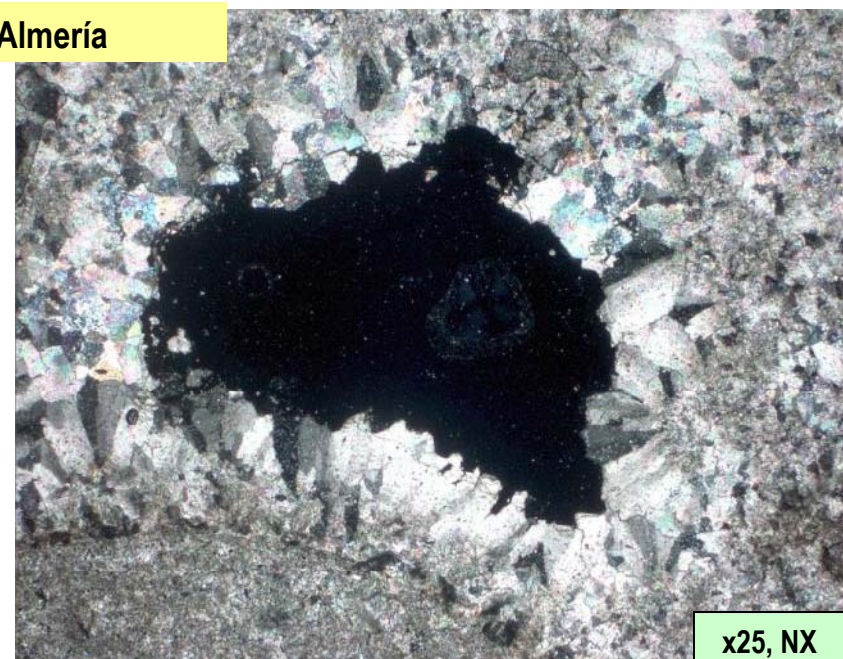
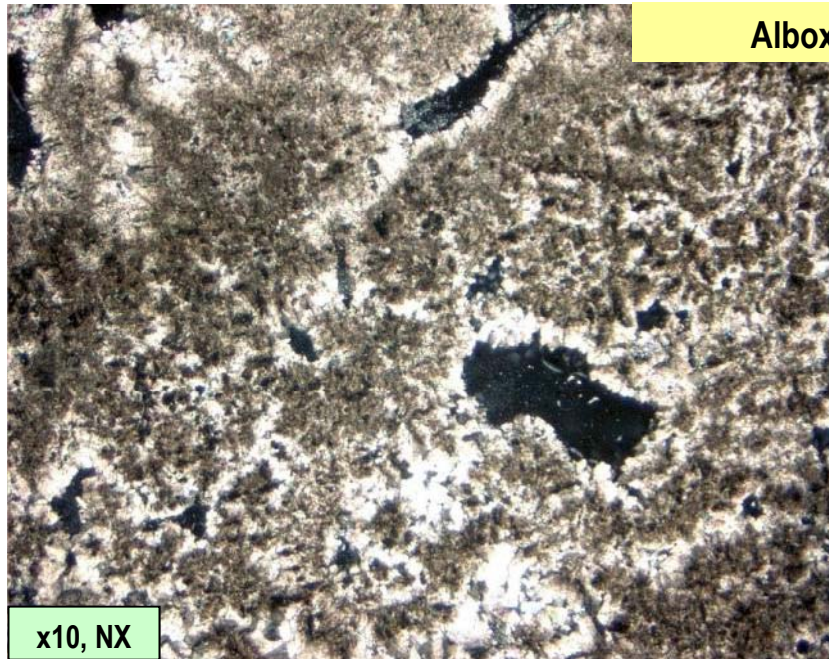
→ **Permeabilidad: baja
y anisotropa**

POROS FENESTRALES

Tortajada (Teruel)



Albox (Almería)

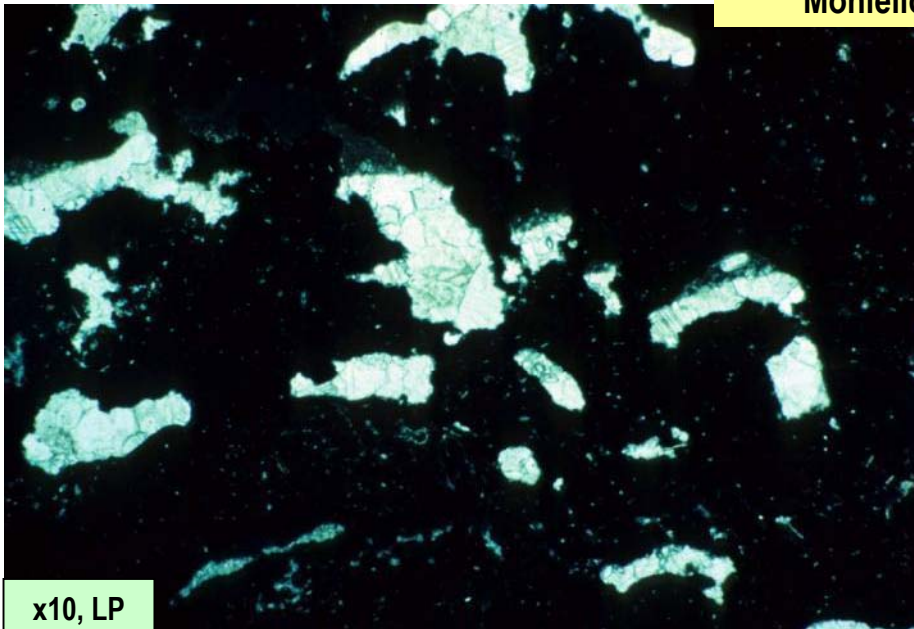


POROS FENESTRALES

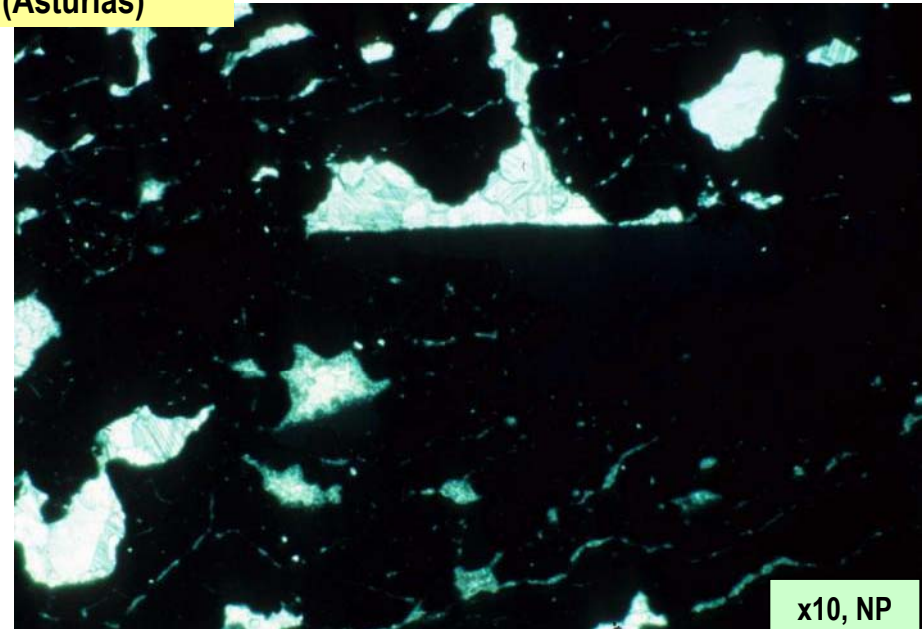


Estromatolito

Moniello (Asturias)



x10, LP



x10, NP

POROS MATRICIALES

Localización:

- En rocas lodosas, en presencia de micrita (dolomicrita)
- Inter cristalinos respecto a los cristales de micrita

⇒ *Fábrica selectiva*

Génesis:

Etapas: - Secundarios: eogénesis

Proceso: - Formación de la micrita (evolución de la porosidad primaria)

Petrografía:

Abundantes

Muy pequeños (0,1 – 1 μm), uniformes → **Porosidad: baja**

Formas: planares

modelo de red en nido de abeja

Mal comunicados: accesos muy pequeños → **Permeabilidad: baja**

Sistema poroso isótropo e isotropa

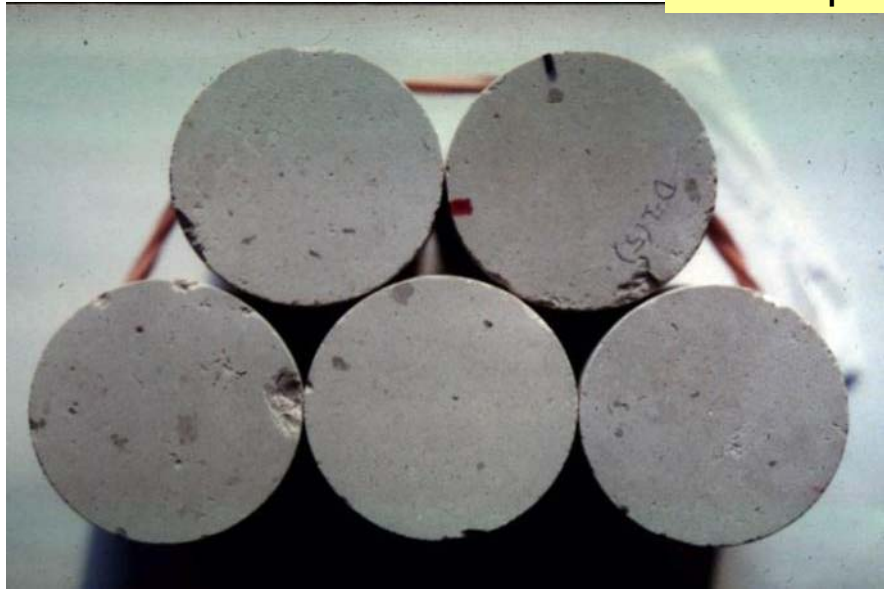
Propiedades:

⇒ *Desaparecen con la recristalización:
no se presentan en la microesparita*

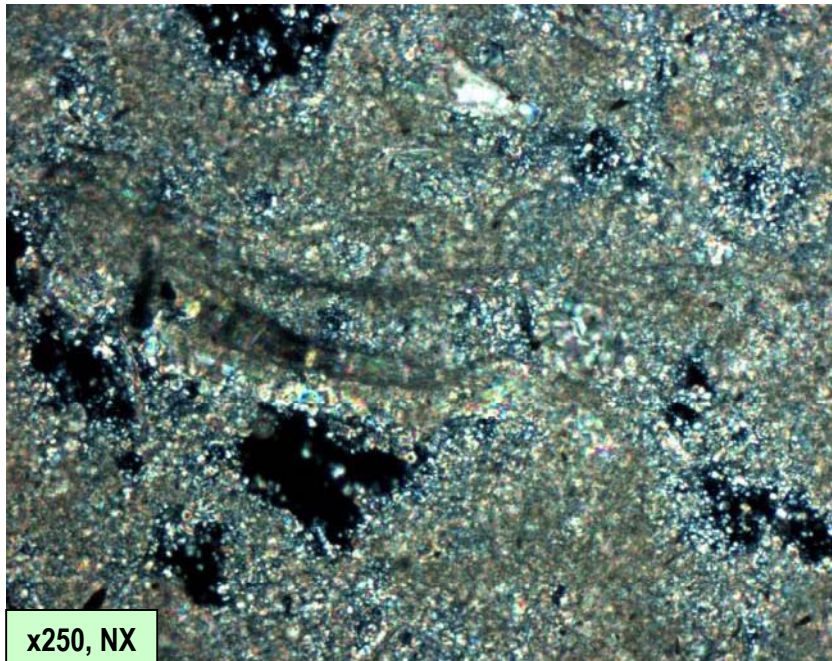


POROS MATRICIALES

Laspra (Oviedo)



x10, NX



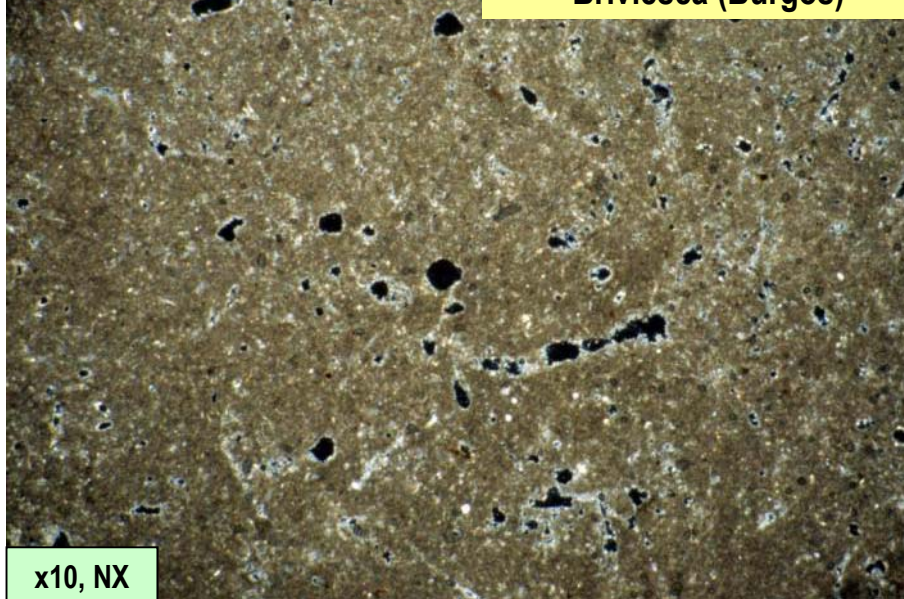
x250, NX



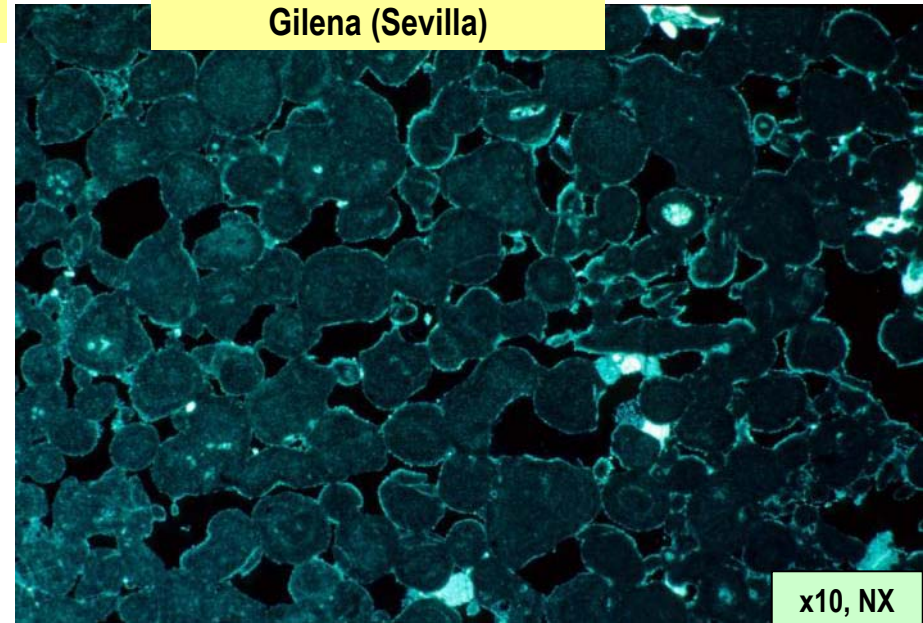
x320

POROS MATRICIALES

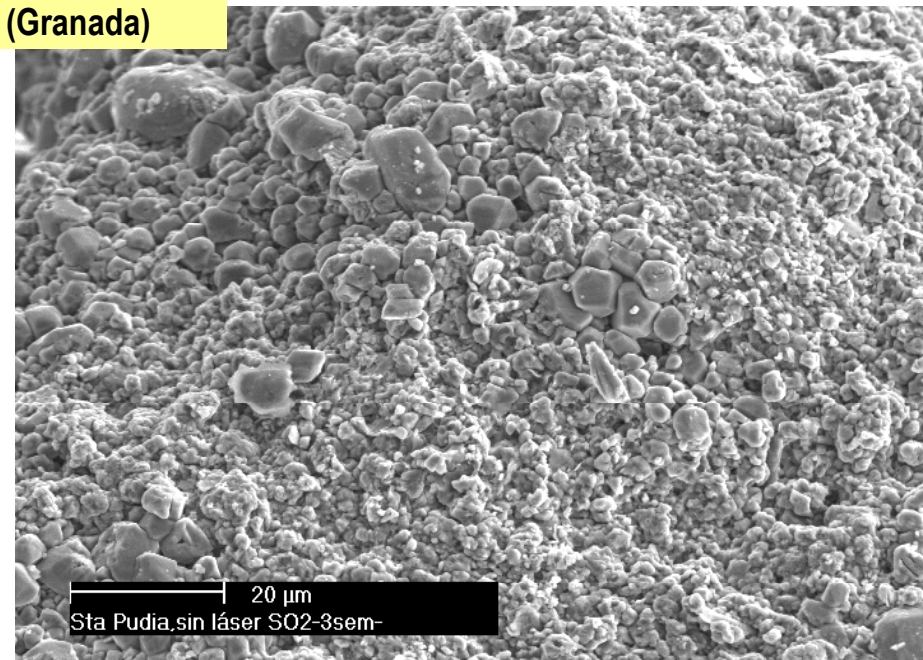
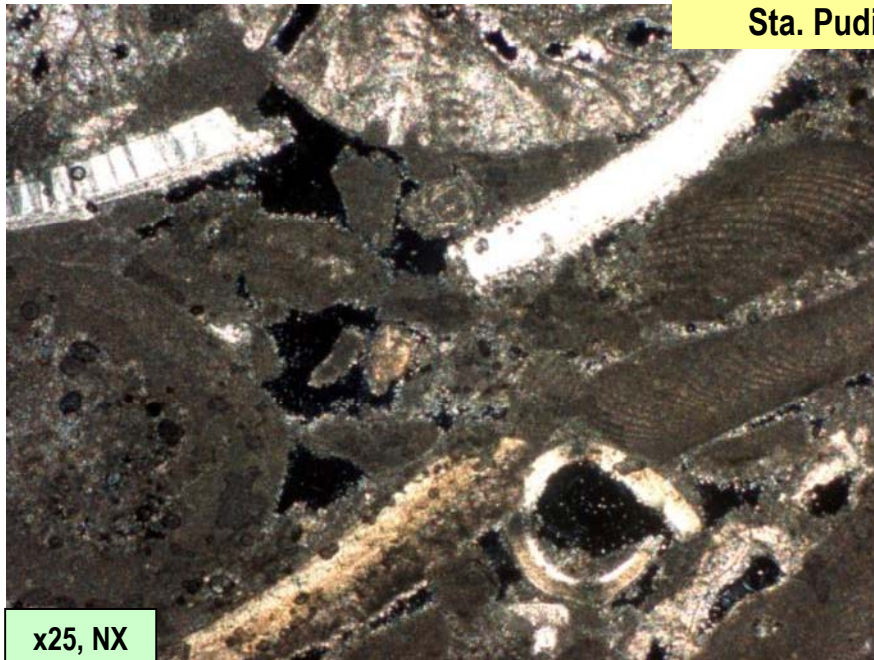
Briviesca (Burgos)



Gilena (Sevilla)



Sta. Pudia (Granada)



POROS INTERCRISTALINOS

Localización:

- En dolomías cristalinas (sacaroideas)
- Entre cristales: disposición intersticial

⇒ *Fábrica selectiva* (a veces también respecto a la caliza relictas)

Génesis:

Etapas: - Secundarios: mesogénesis

Proceso: - Dolomitización

Petrografía:

Abundantes

Pequeños (1 – 10 μm), uniformes

Formas: geométricas

negativo de los cristales

Bien comunicados: accesos grandes

Sistema poroso isótropo

Propiedades:

→ **Porosidad: alta**

→ **Permeabilidad: alta**

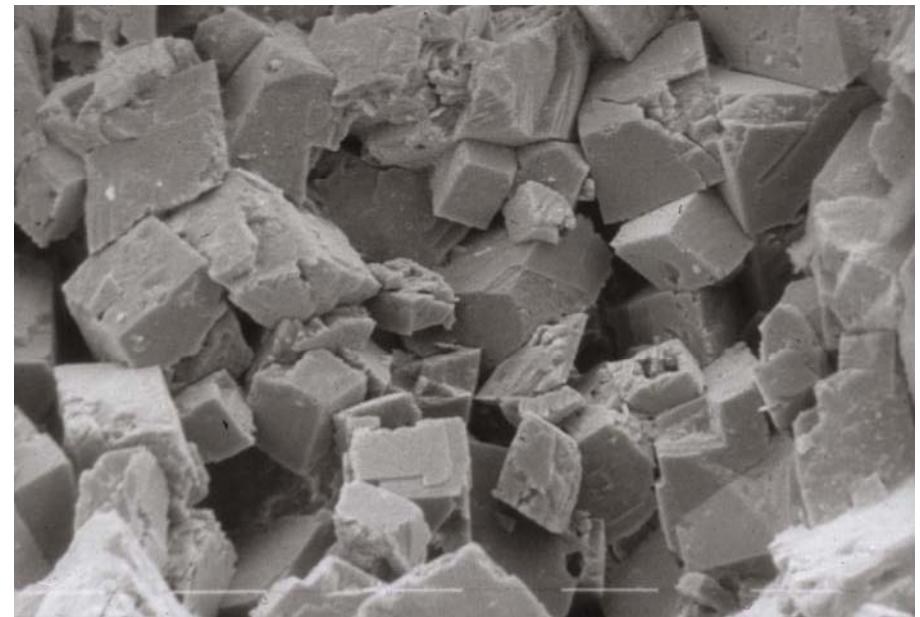
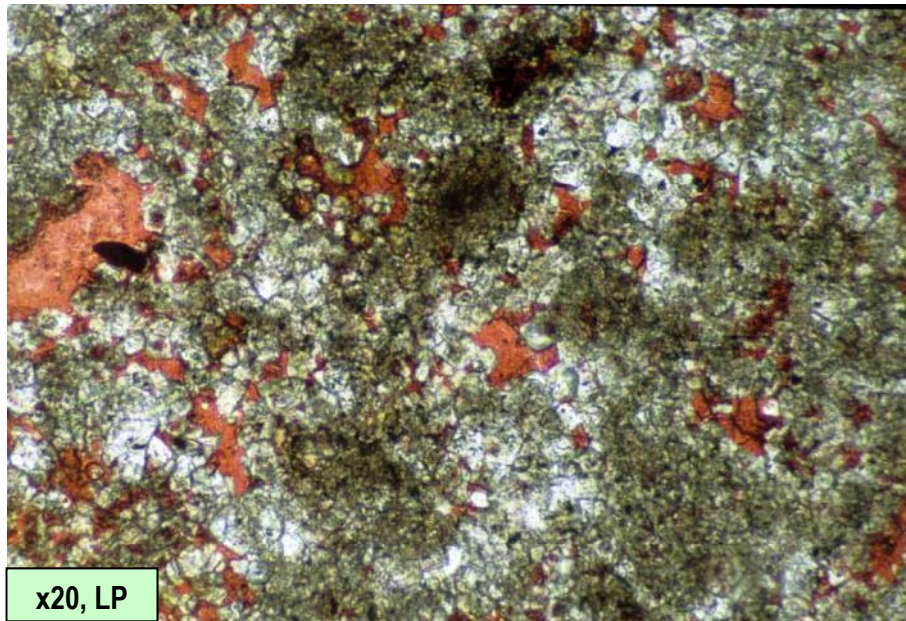
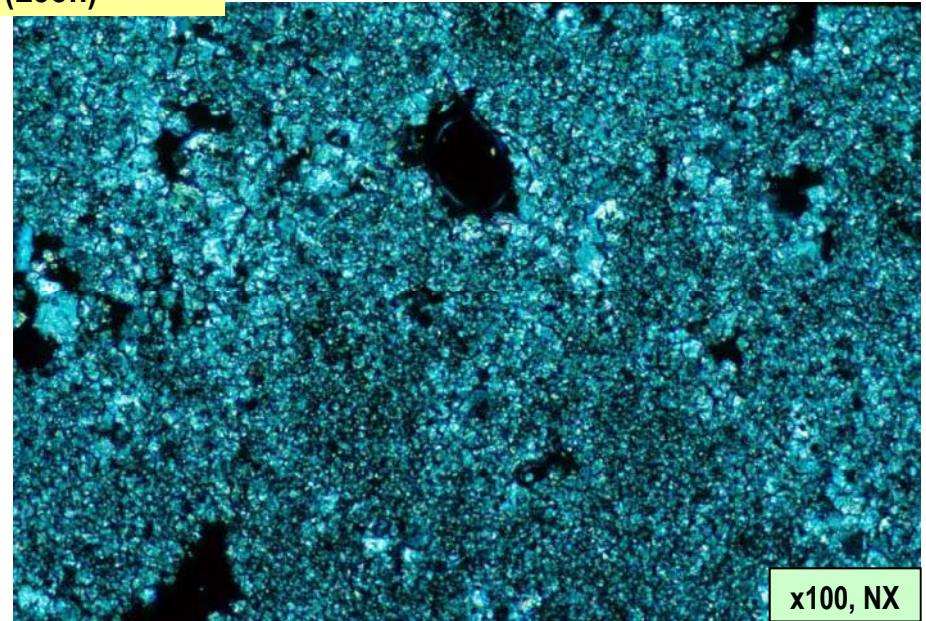
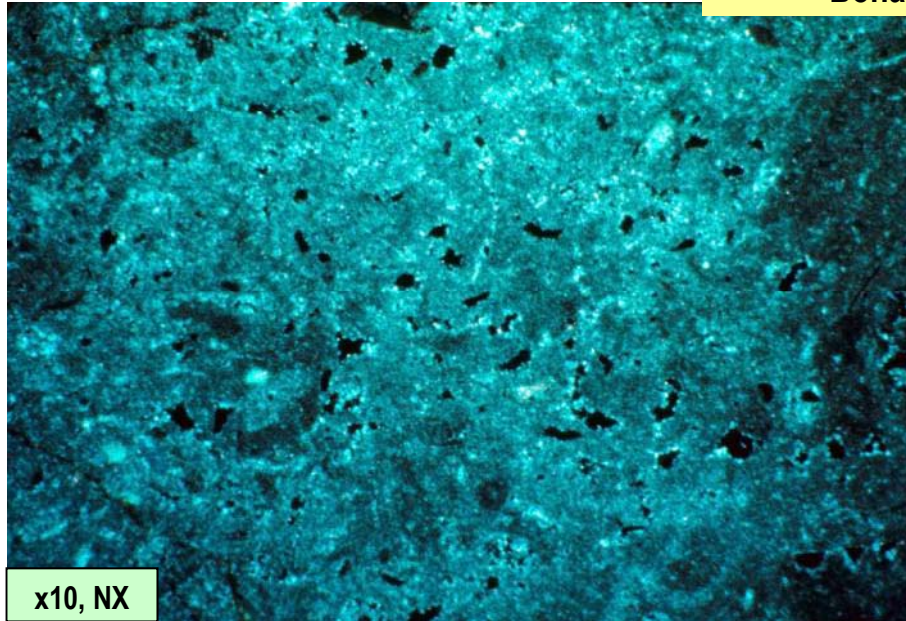
e isotropa

⇒ *Gradación entre poros y accesos de poro*



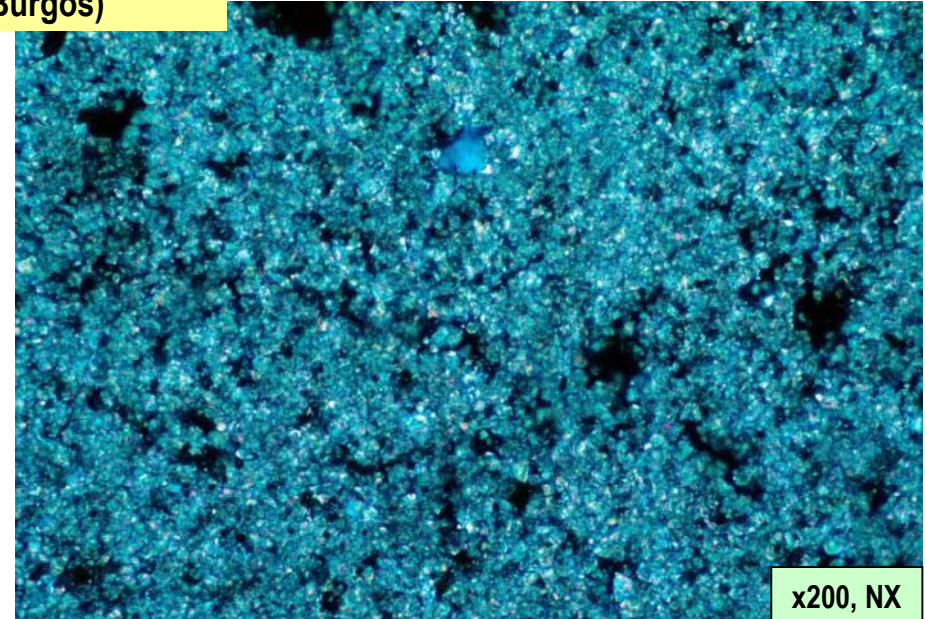
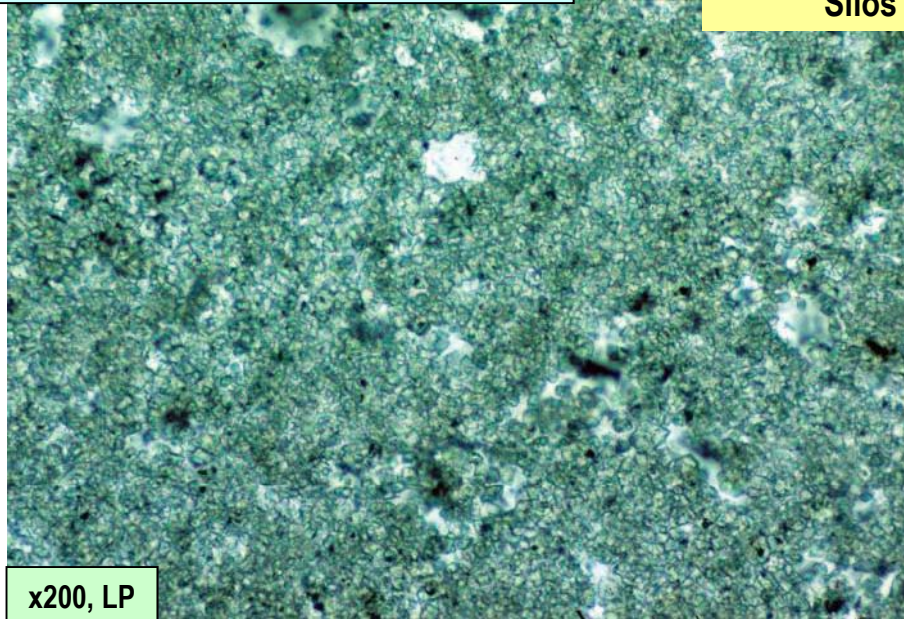
POROS INTERCRISTALINOS

Boñar (León)



POROS INTERCRISTALINOS

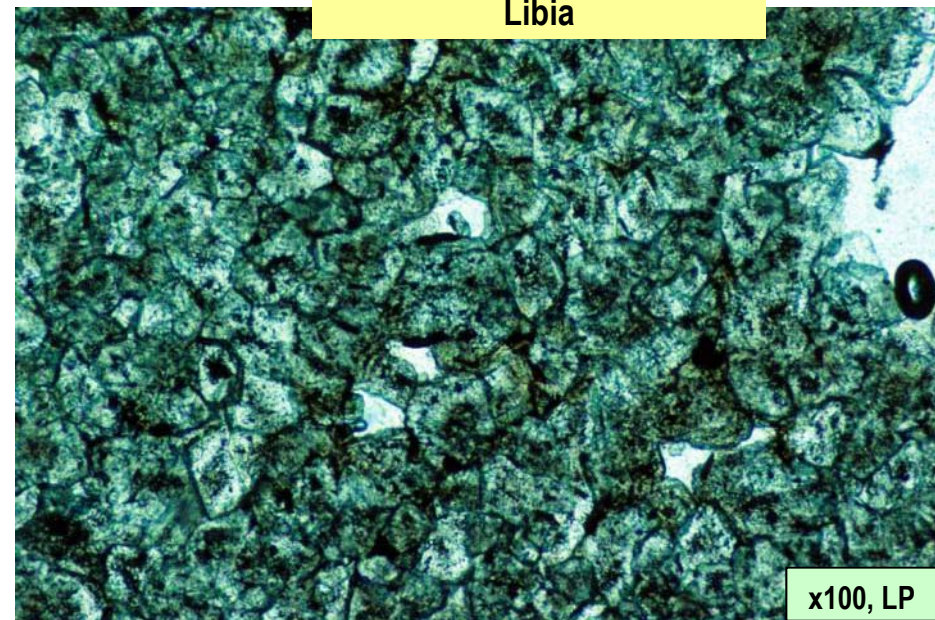
Silos (Burgos)



Biblioteca Nacional (Madrid)



Libia



POROS MÓLDICOS

Localización:

- En rocas granulares, cristalinas
- En los granos / cristales $\pm$ euhedrales

$\Rightarrow$ *Fábrica selectiva*

Génesis:

Etapas: - Secundarios: eogénesis, mesogénesis

Proceso: - Disolución selectiva de los granos

Petrografía:

$\pm$ Abundantes

Grandes (0,1 – 10 mm), $\pm$ uniformes

Formas: positivo de granos/cristales

- en granos: formas redondeadas
- en cristales: formas geométricas

Mal comunicados: accesos pequeños

Sistema poroso isótropo

$\Rightarrow$ ***Sí son muy abundantes (> 30 %)***
están bien comunicados:

Propiedades:

$\rightarrow$ **Porosidad:** $\pm$ alta

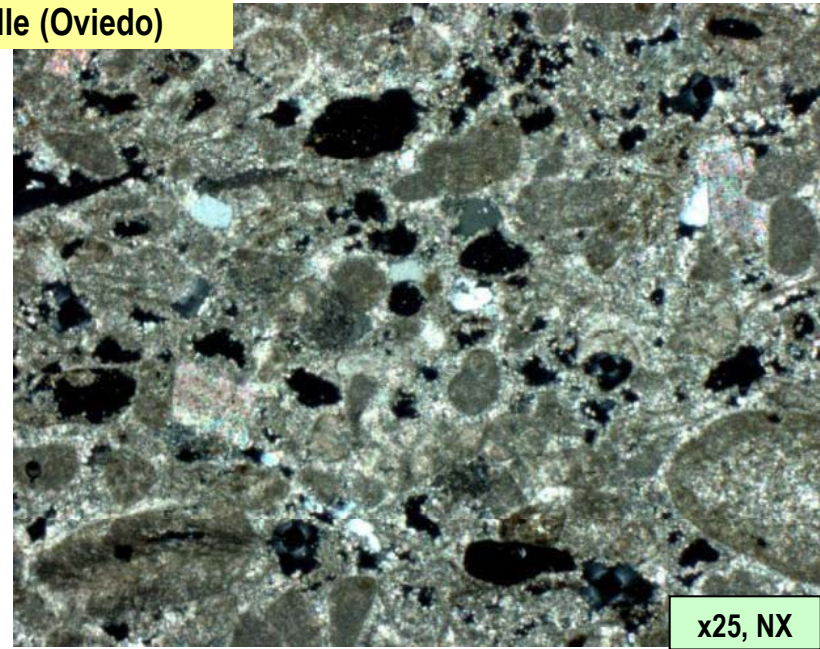
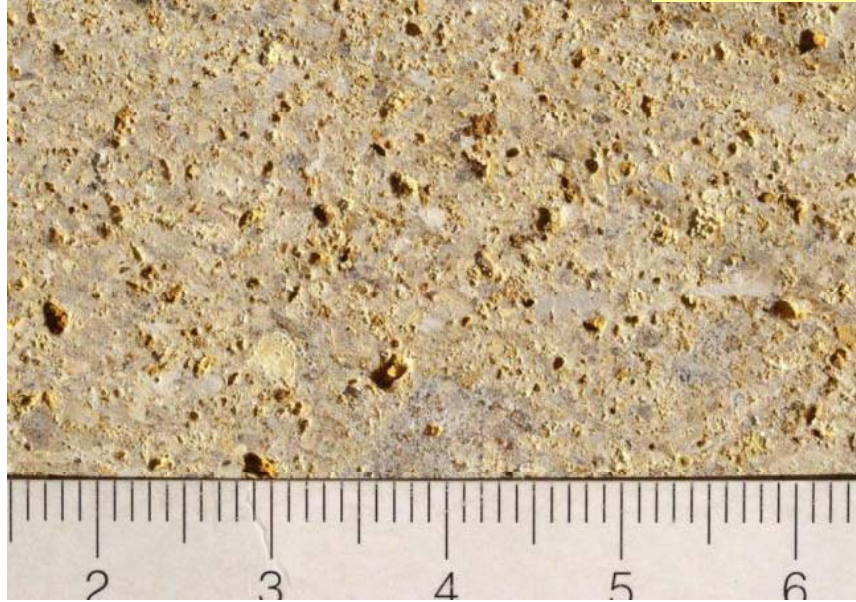
$\rightarrow$ **Permeabilidad:** baja
e isotropa

$\rightarrow$ **Permeabilidad:** muy alta



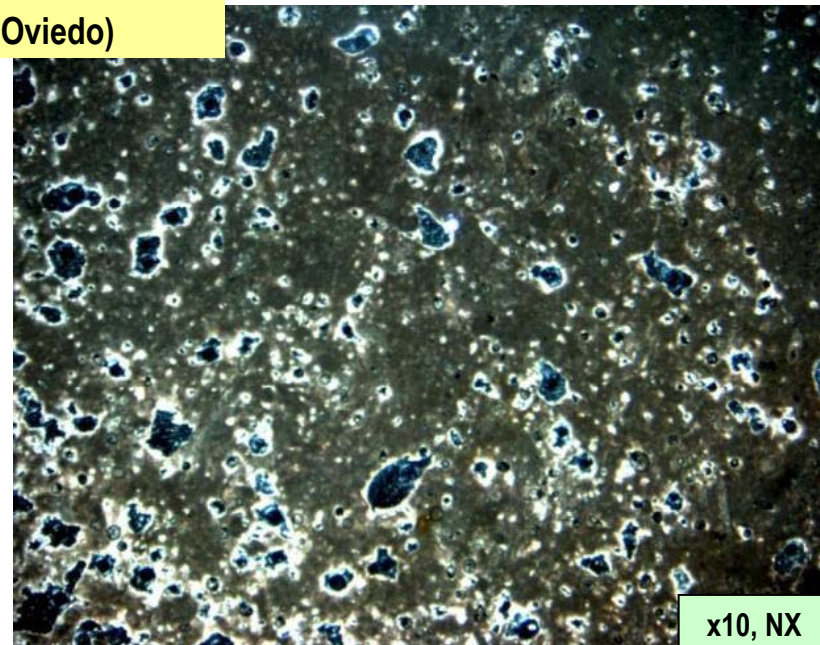
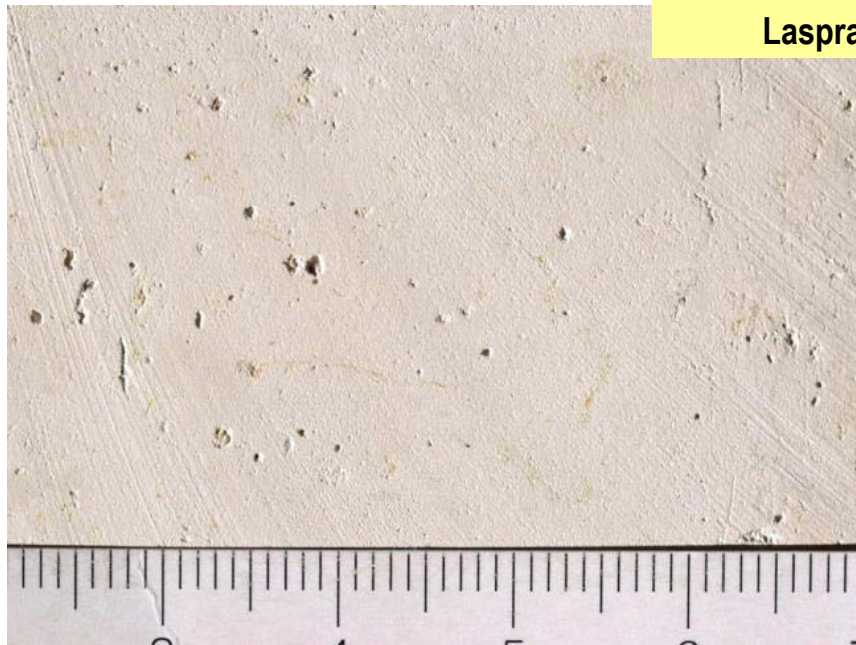
POROS MÓLDICOS

Piedramuelle (Oviedo)



x25, NX

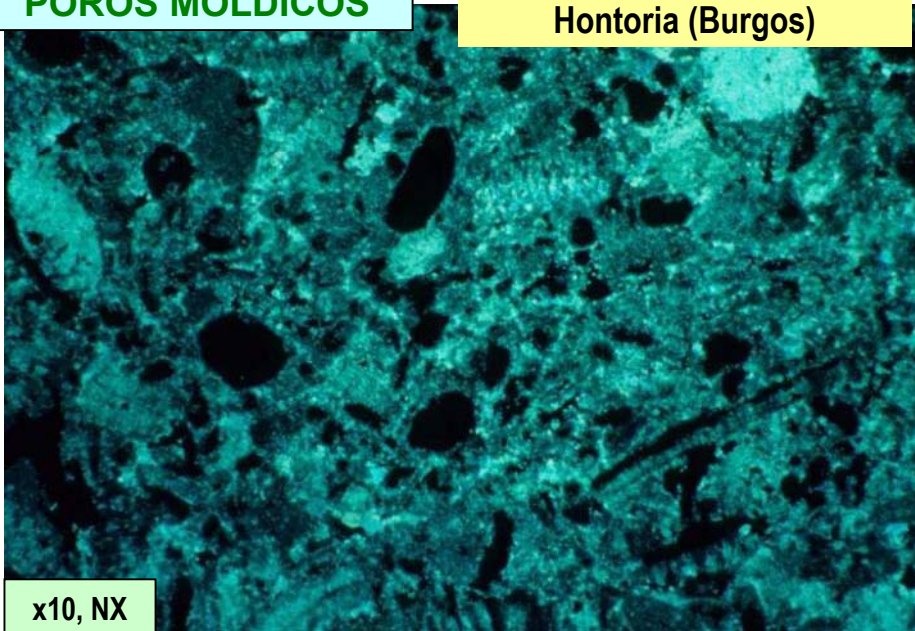
Laspra (Oviedo)



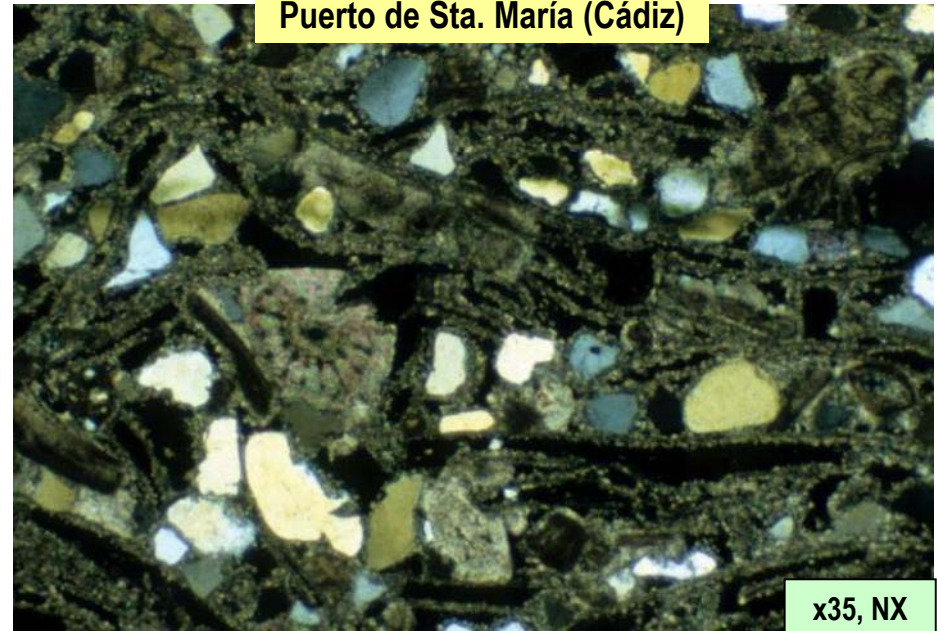
x10, NX

POROS MÓLDICOS

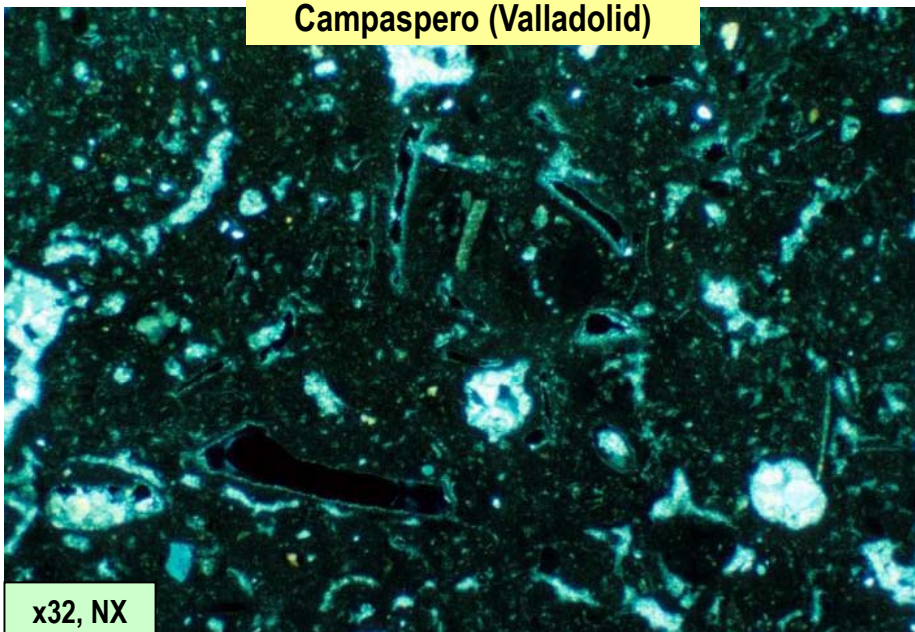
Hontoria (Burgos)



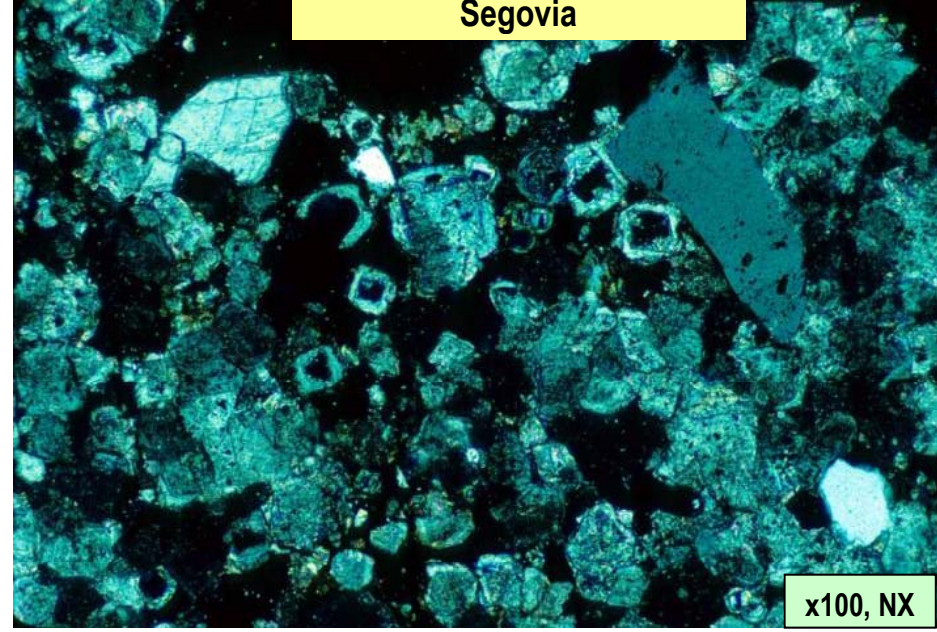
Puerto de Sta. María (Cádiz)



Campaspero (Valladolid)



Segovia



POROS VACUOLARES

- Localización:**
- En calizas cristalinas, recristalizadas ($\pm$ homogéneas)
 - Forman cavidades, canalillos

$\Rightarrow$ Fábrica no selectiva

Génesis:

Etapas: - Secundarios: telogénesis

Proceso: - Disolución cárstica (aguas dulces)

Petrografía:

$\pm$ Abundantes

Grandes (1 – 10 mm), muy variables

Formas: irregulares

equidimensionales, alargados

Mal comunicados: accesos pequeños

Sistema poroso isótropo

Propiedades:

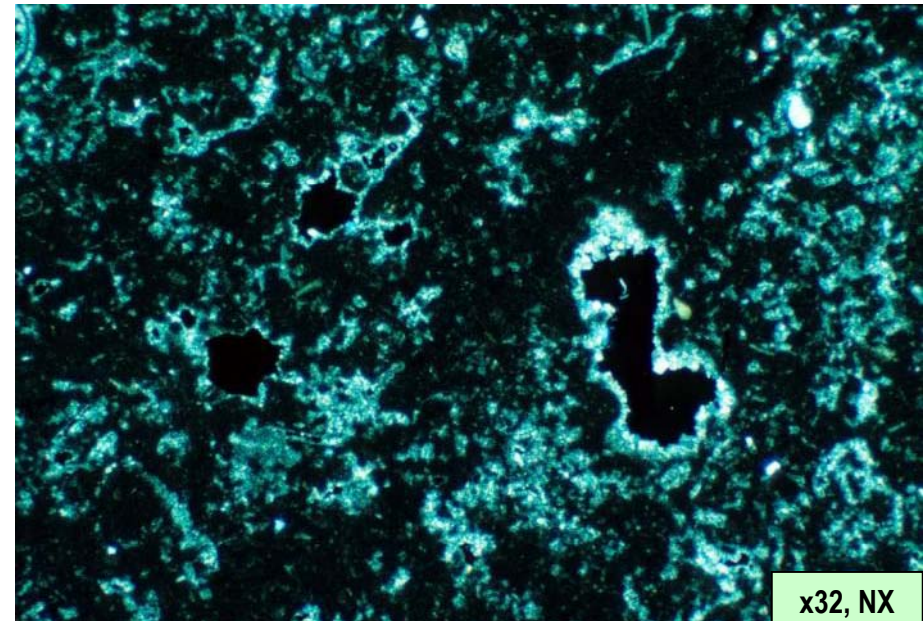
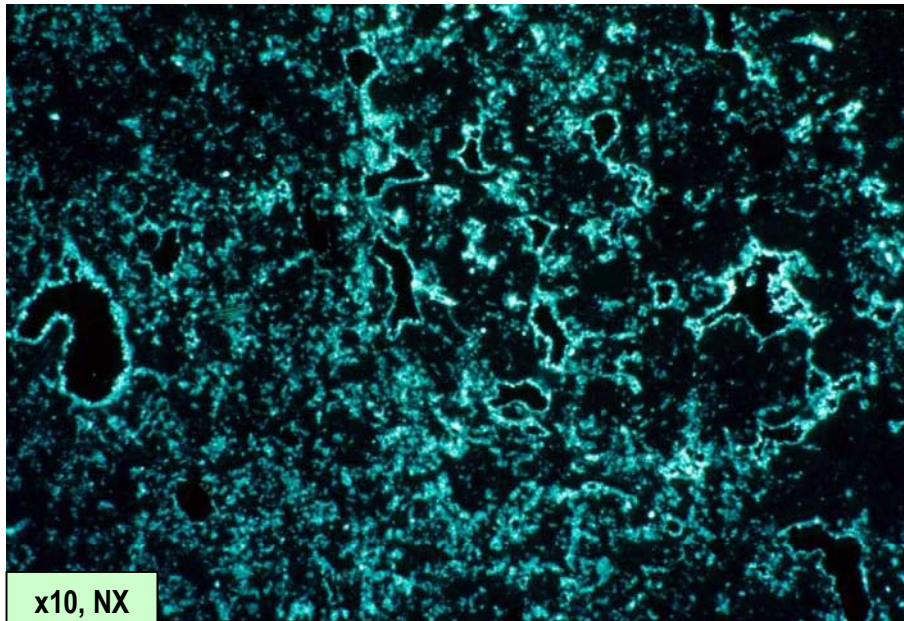
$\rightarrow$ Porosidad: alta

**$\rightarrow$ Permeabilidad: baja
e isotropa**

POROS VACUOLARES

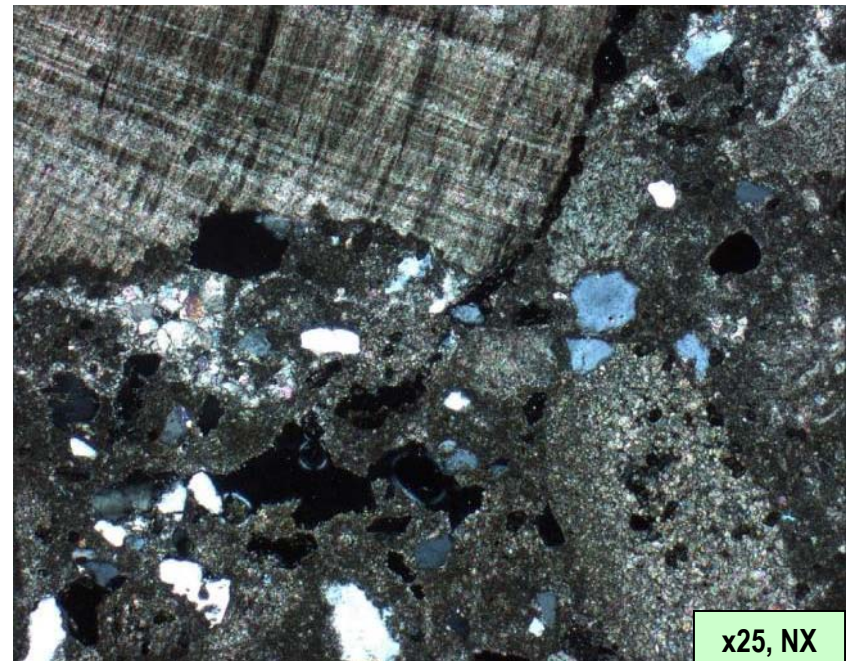
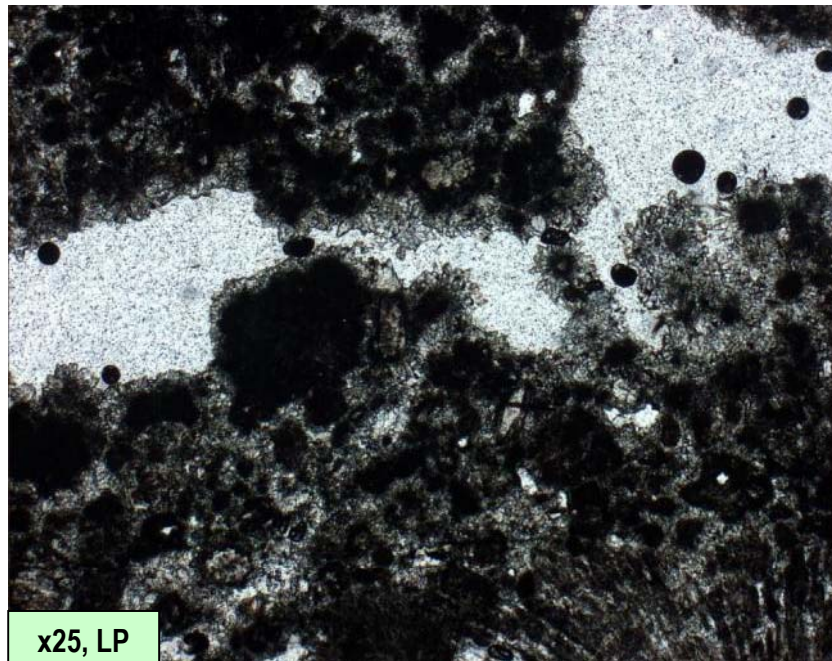
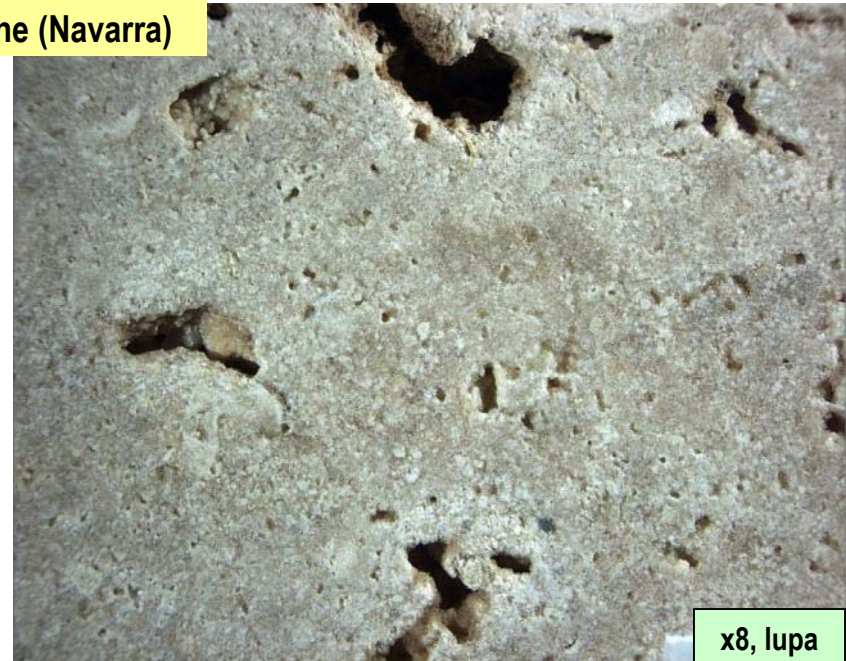


Campaspero (Valladolid)



POROS VACUOLARES

Sta. M. de Irache (Navarra)



FISURAS

Localización:

- En rocas cristalinas (calizas, granitos, mármoles...)
- Redes paralelas y conjugadas, a distintas escalas

⇒ *Fábrica no selectiva*

Génesis:

Etapas:

- Secundarias: telogénesis en calizas

Proceso:

- Distensión tras compresión
- Compresión (estilolitos)

Petrografía:

± Abundantes

Tamaños: variables

Formas: planares

Bien comunicadas

Sistema poroso ± anisótropo

Propiedades:

→ Porosidad: muy baja

→ Permeabilidad: alta
y ± anisotropía

→ Tipos de fisuras:

Intragranulares (asociadas o no planos de exfoliación)

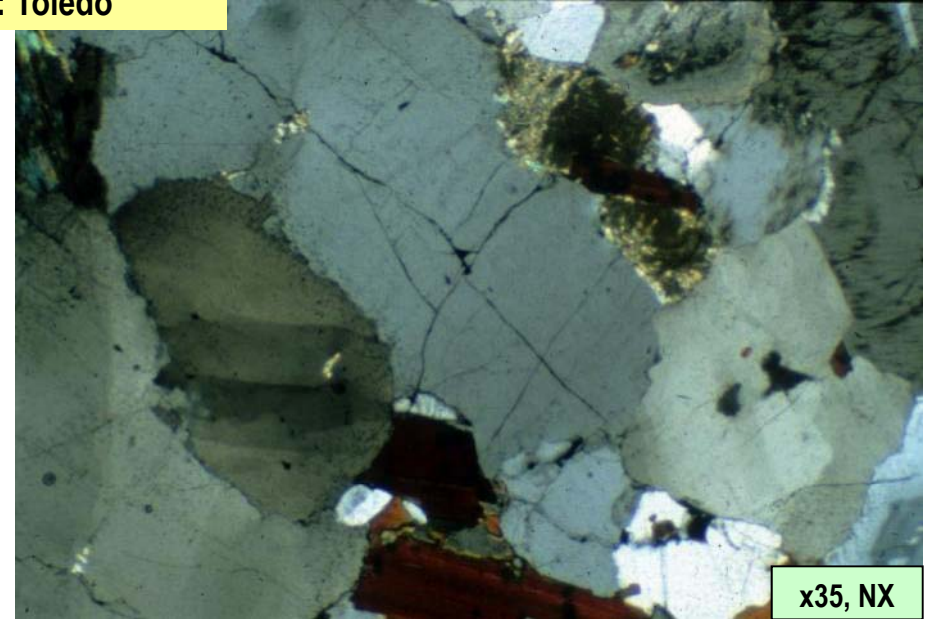
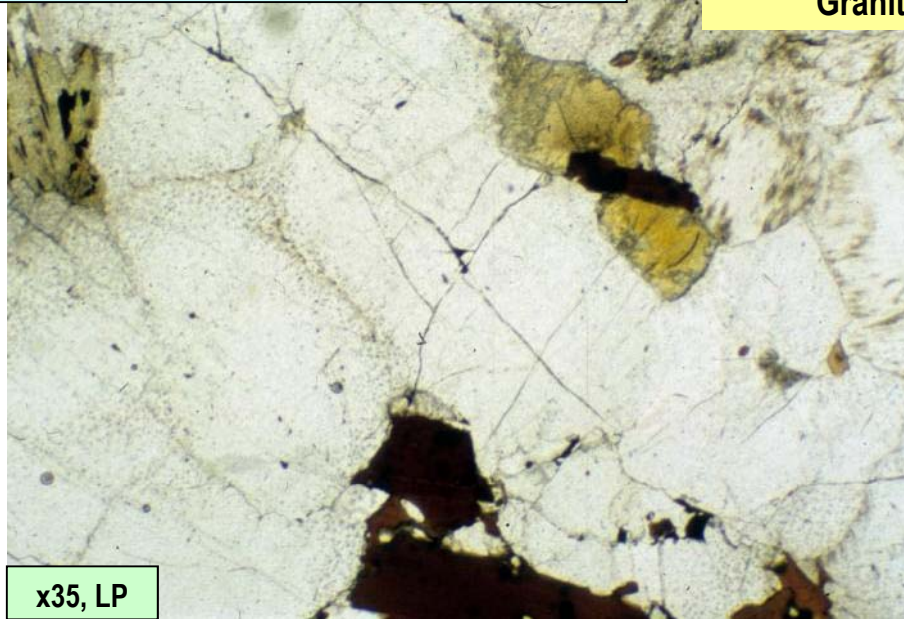
Intergranulares (coincidentes o asociadas a bordes de grano)

Transgranulares (mayores: atraviesan varios granos)

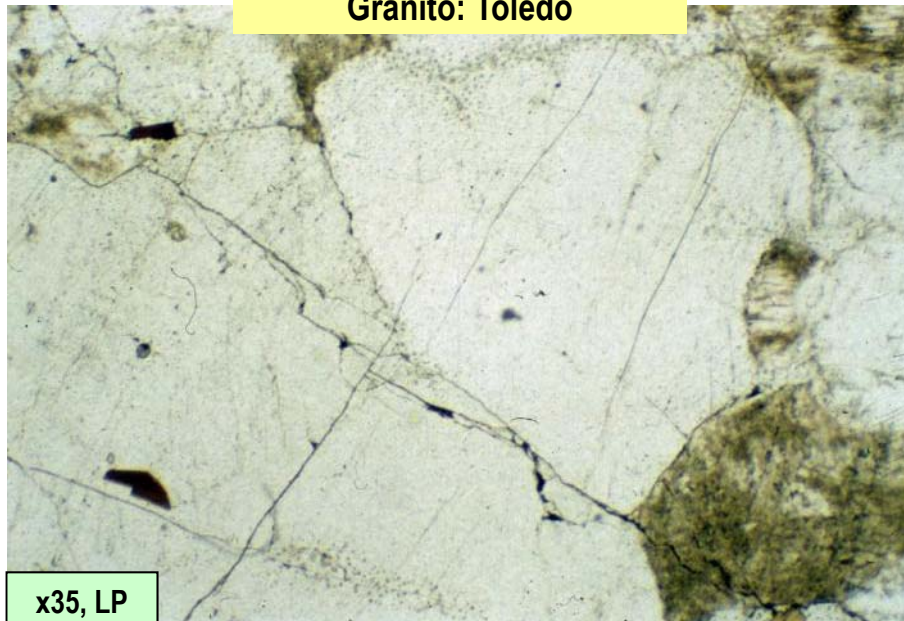


FISURAS INTRAGRANULARES

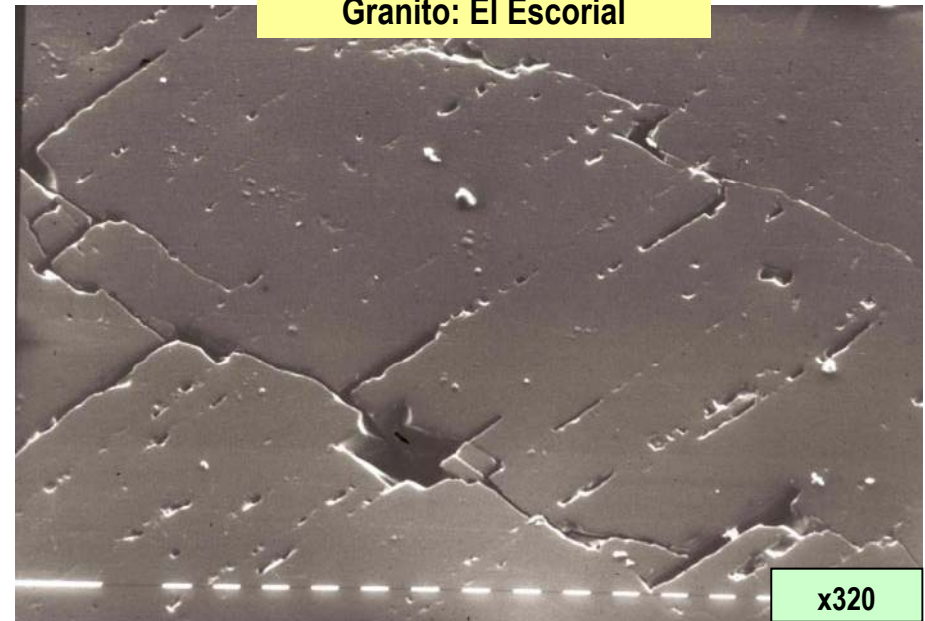
Granito: Toledo



Granito: Toledo

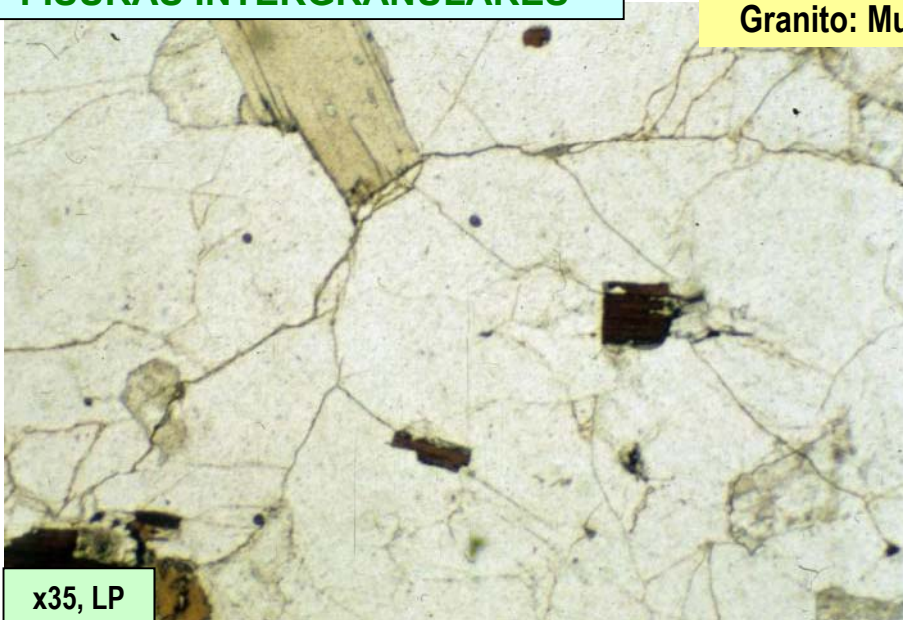


Granito: El Escorial

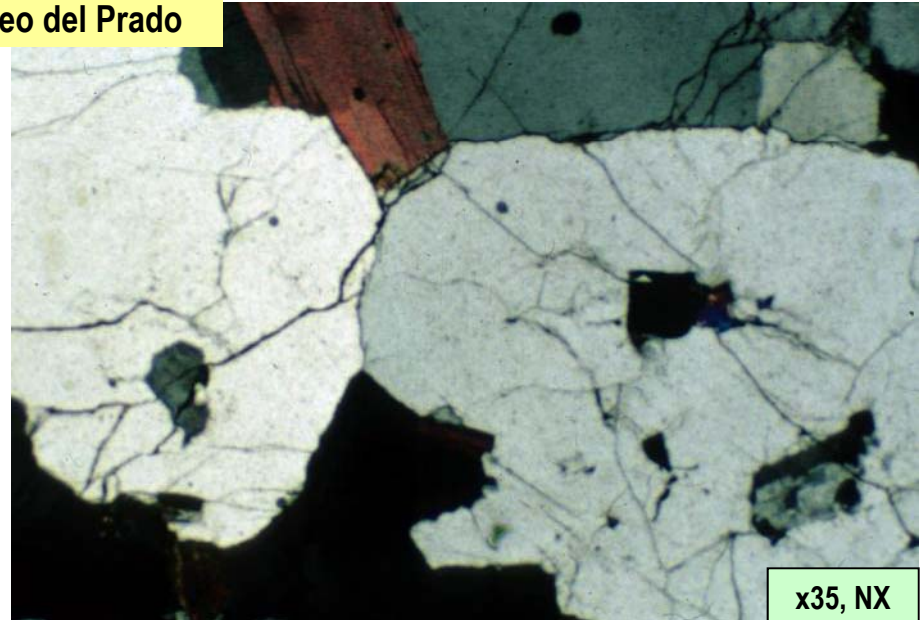


FISURAS INTERGRANULARES

Granito: Museo del Prado

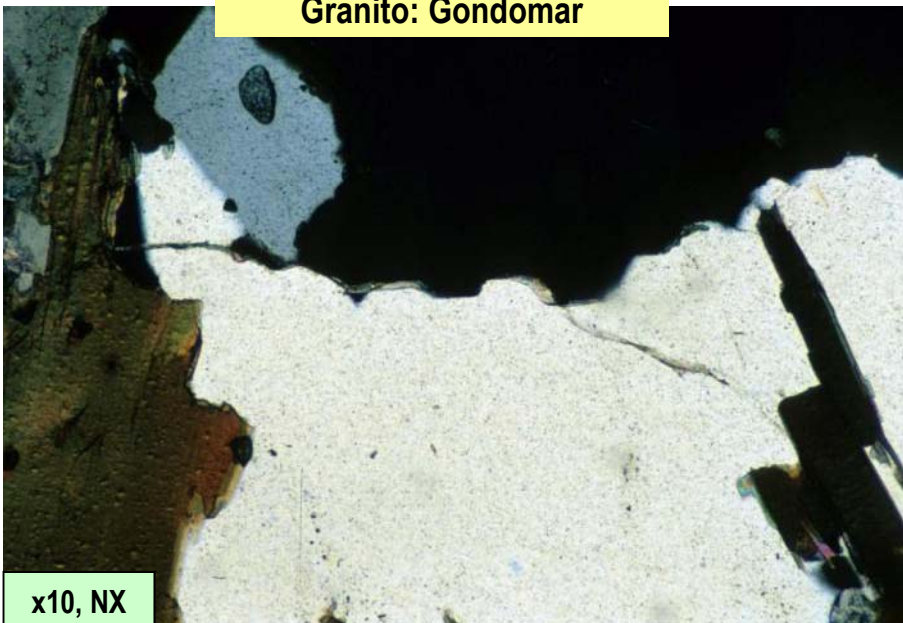


x35, LP



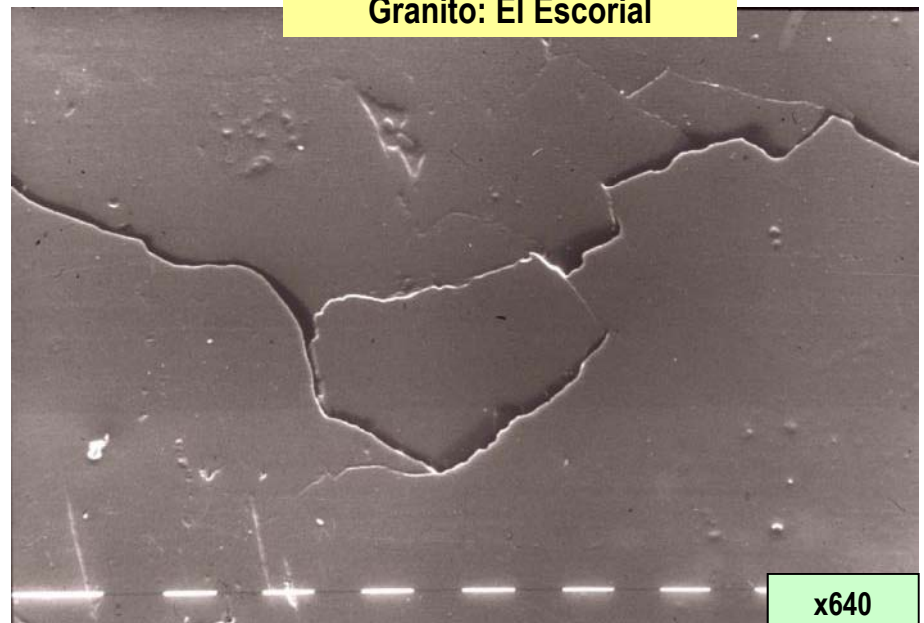
x35, NX

Granito: Gondomar



x10, NX

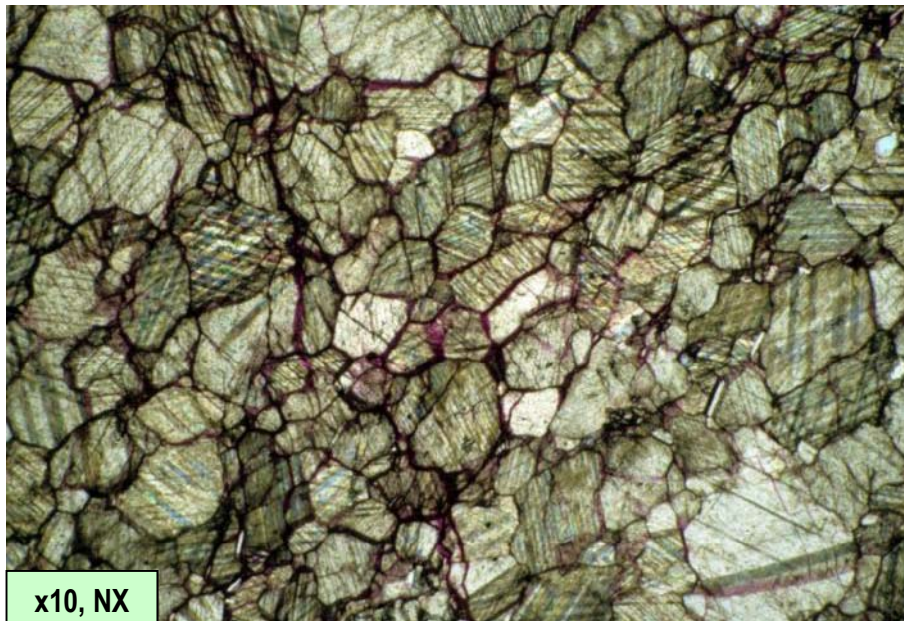
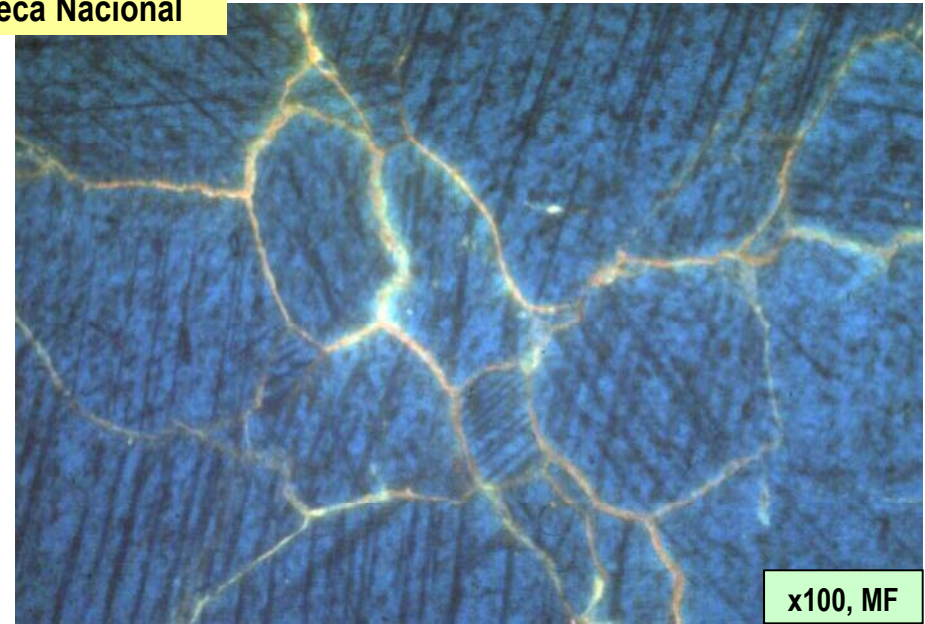
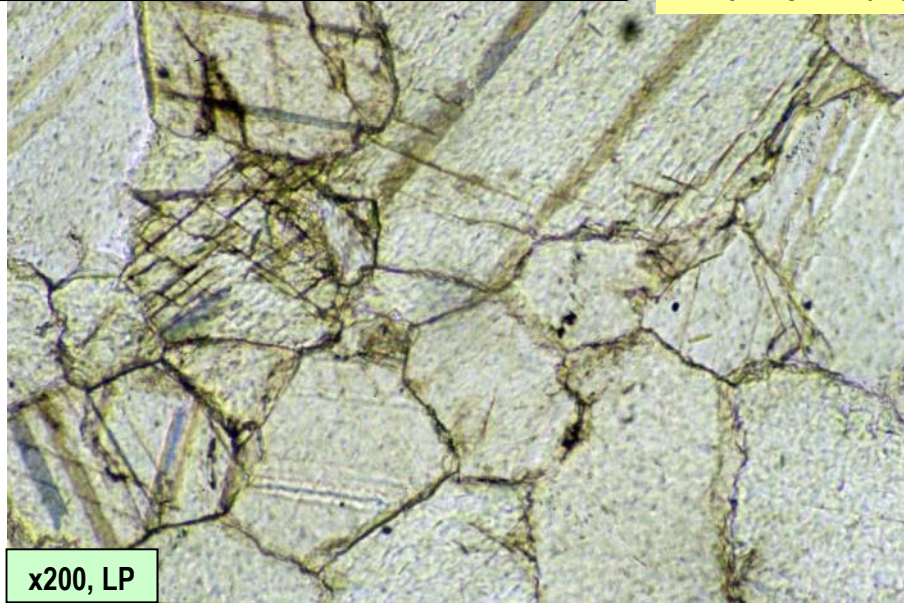
Granito: El Escorial



x640

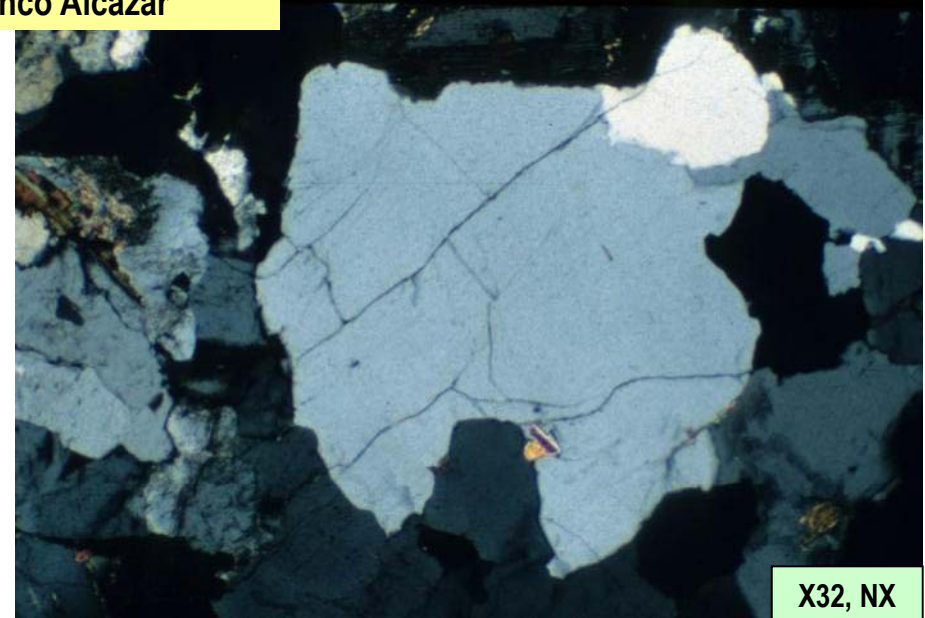
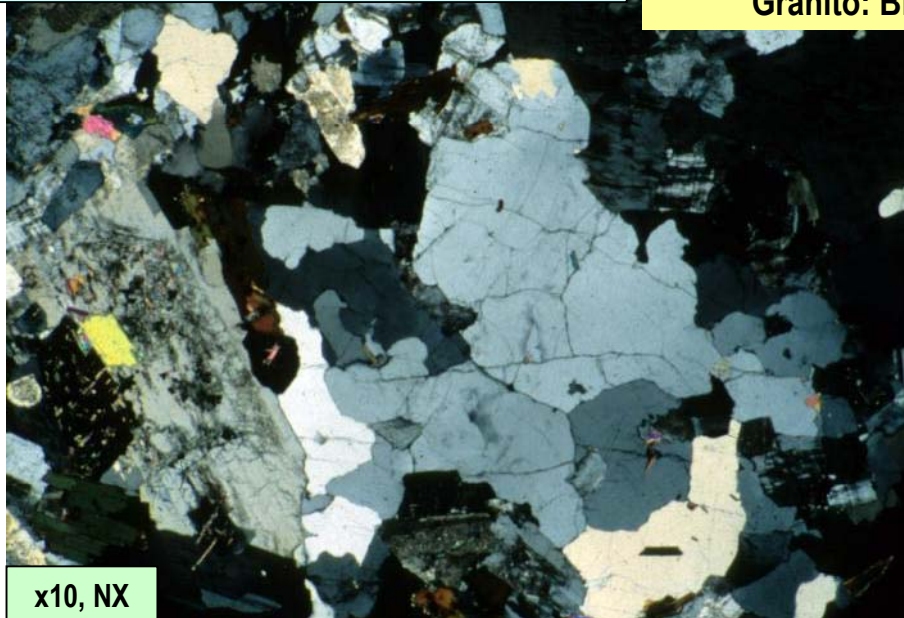
FISURAS INTERGRANULARES

Mármol: Biblioteca Nacional

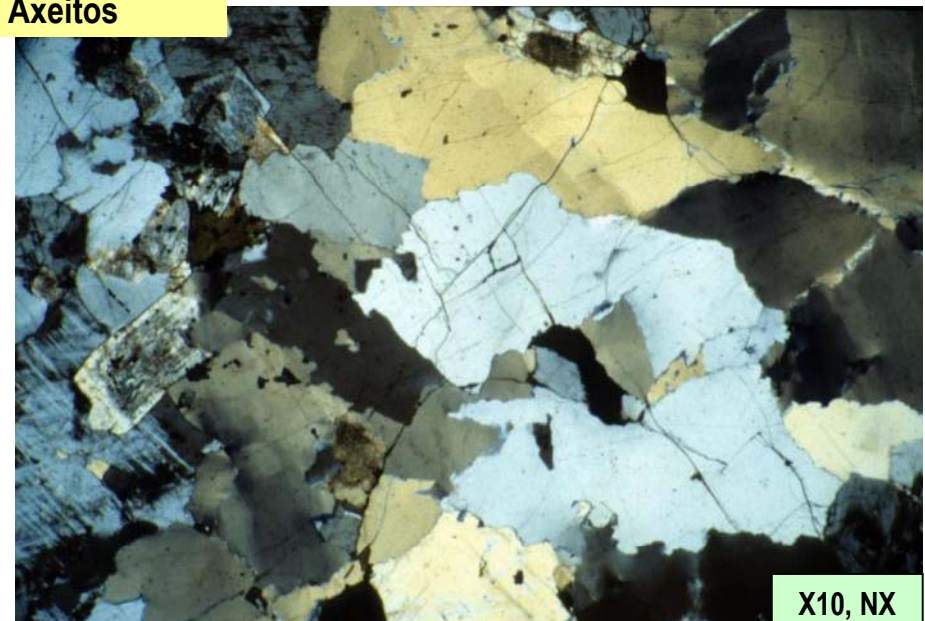
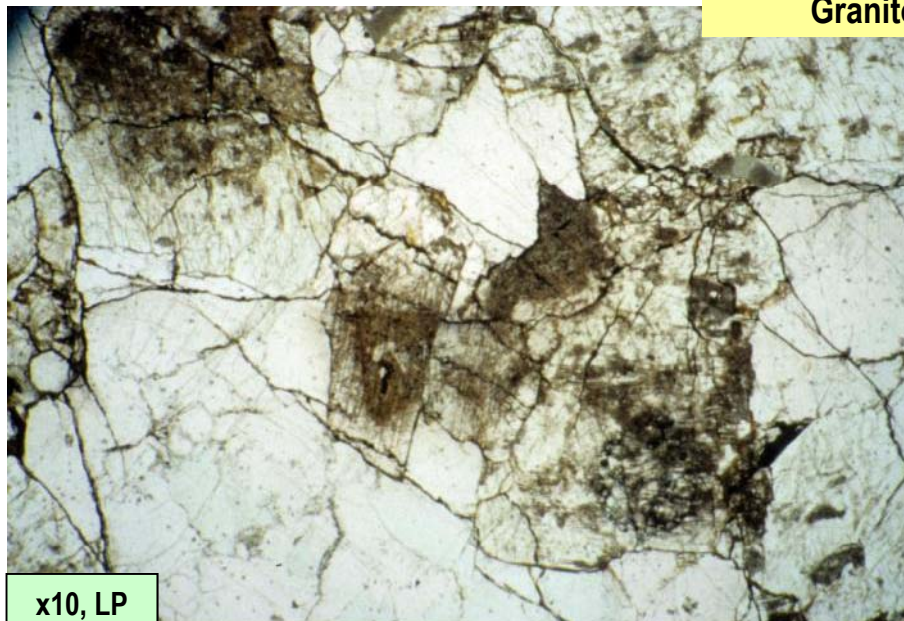


FISURAS TRANSGRANULARES

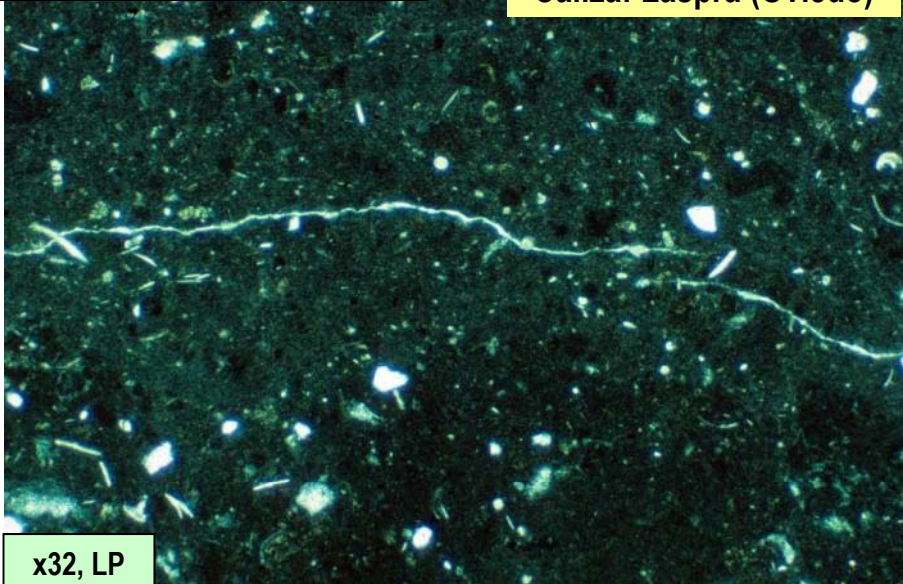
Granito: Blanco Alcázar



Granito: Axeitos

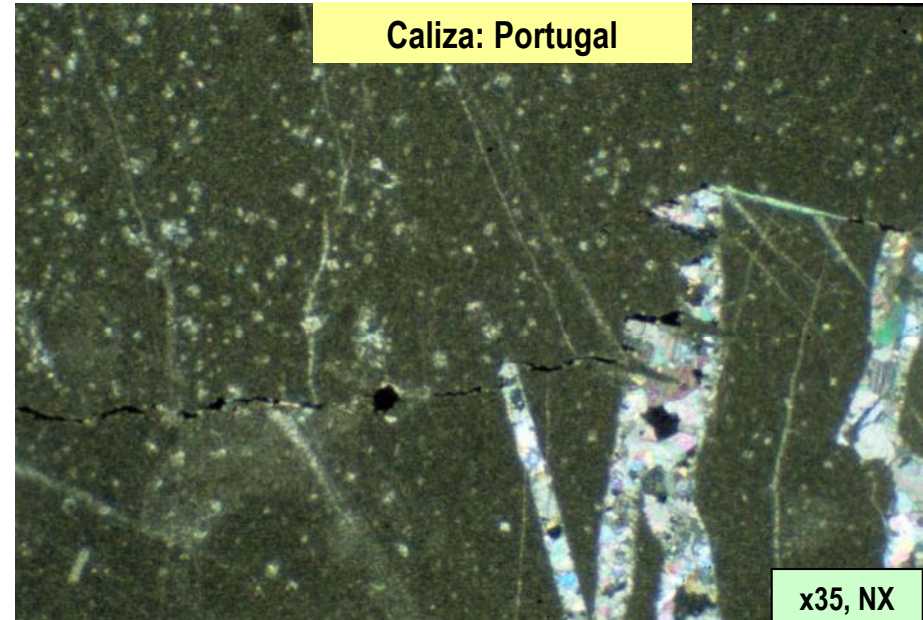


FISURAS: Estilolitos

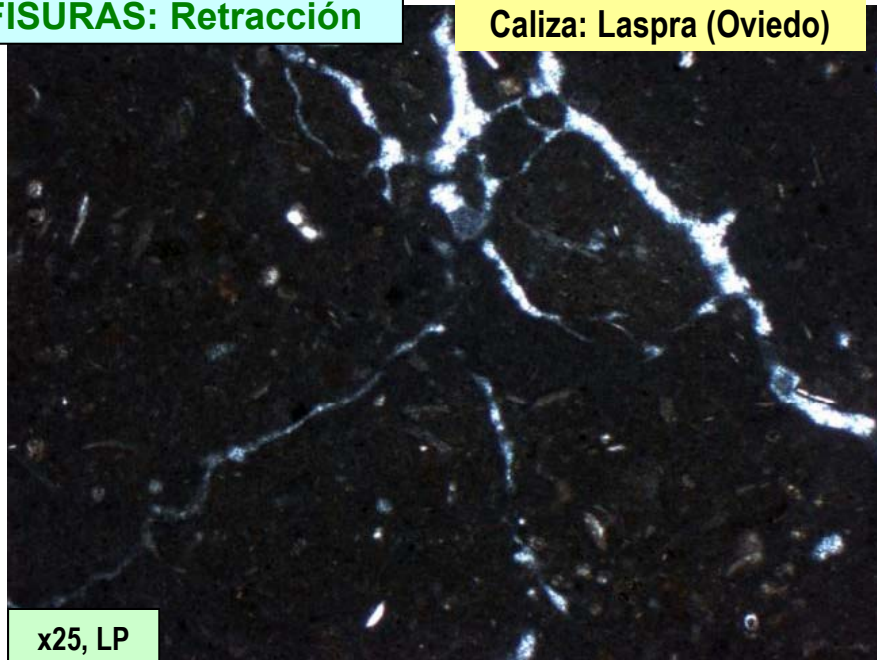


Caliza: Laspra (Oviedo)

Caliza: Portugal

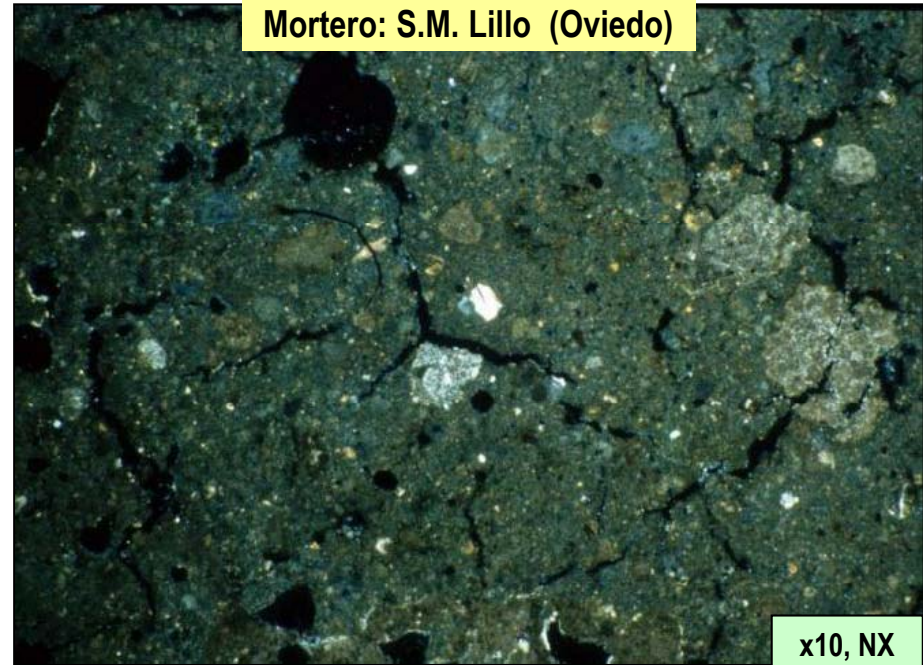


FISURAS: Retracción



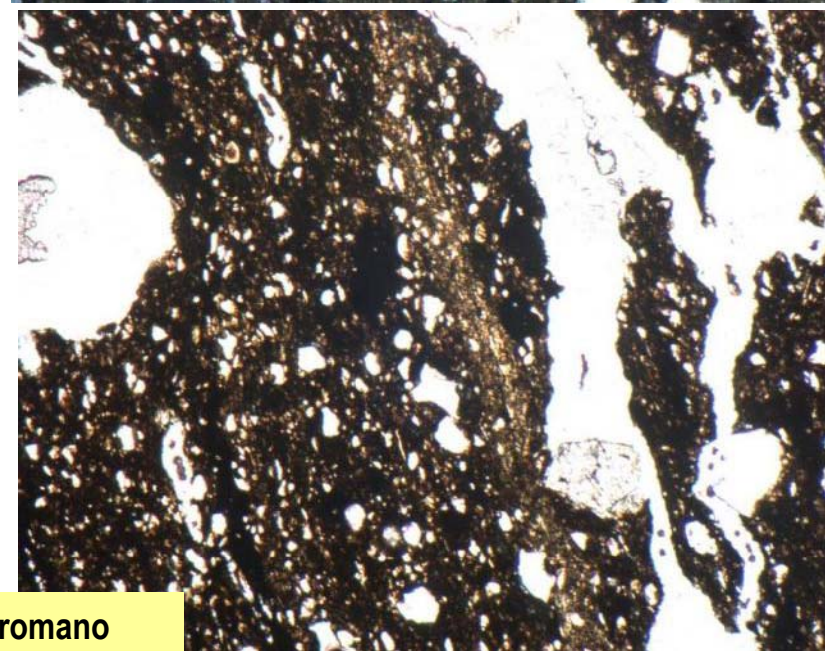
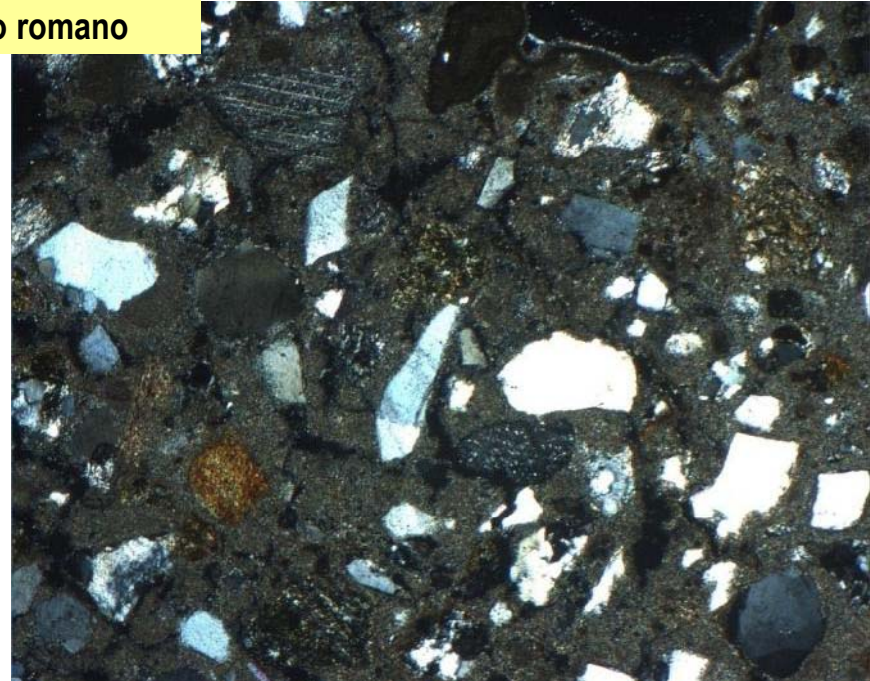
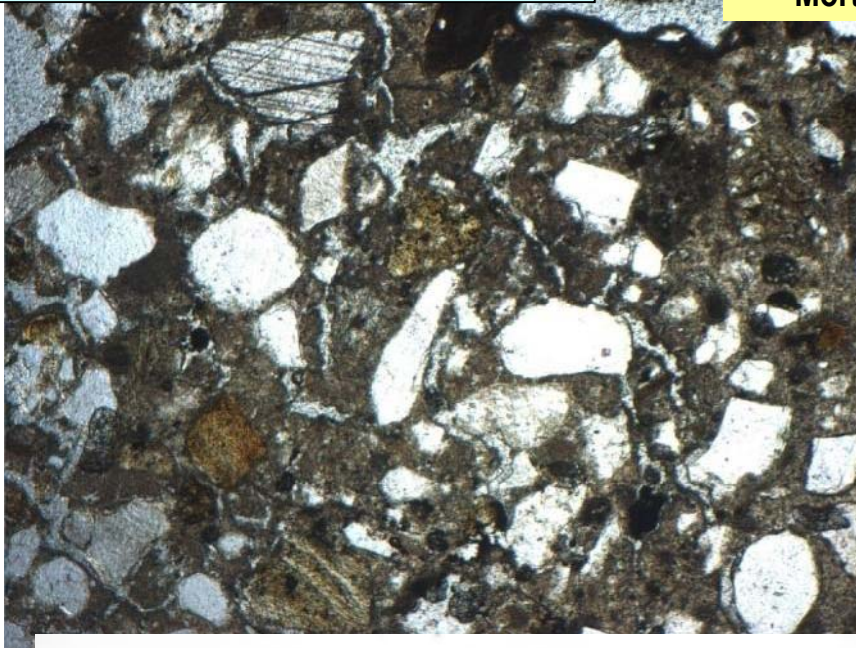
Caliza: Laspra (Oviedo)

Mortero: S.M. Lillo (Oviedo)



FISURAS: Retracción

Mortero romano



Ladrillo romano

MATERIALES CERÁMICOS

➤ CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

▪ Composición

- **minerales residuales:** cuarzo, feldespatos...
- **minerales neoformados:** gehlenita, mullita...
- **vidrio...**

▪ Componentes petrográficos

- **granos:** cuarzo, feldespatos, micas...
- **pasta:** arcillas, carbonatos, vidrio...

▪ Textura: flotante ± fluidal

- tipo: granular, flotante, masiva, vacuolar...
- no orientada, orientada: fluidal

▪ Porosidad (15-40%)

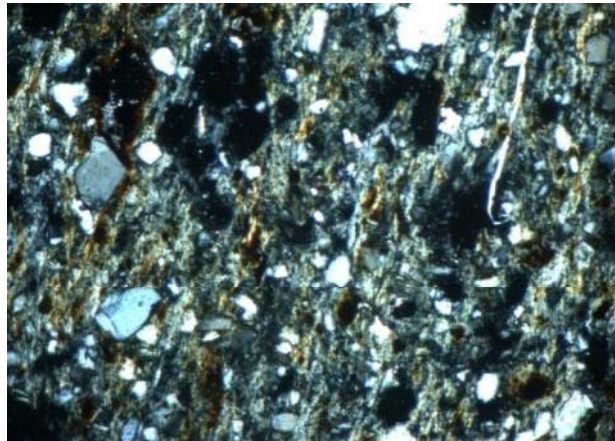
- aumenta con: carbonatos, materia orgánica...
- poros cerrados por vitrificación
- roturas por caliche

Aparición de fases minerales en función de la temperatura de cocción

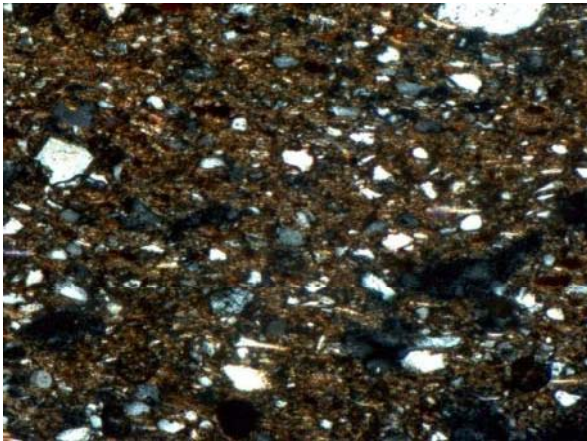
Tª (°C)	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Dolomita	— —							
Calcita	— — — —	—						
Illita	— — — —		—					
Micas	— — — —		— — — —	— —				
Plagioclasa	— — — —		— — — —	— —				
Hematites	— — — —	— — — —	— — — —	— —	— —			
Gehlenita		— — — —	— — — —	—				
Anortita			— — — —	— — — —	—	—		
Mullita				— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	
Cristobalita				— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— —

MATERIALES CERÁMICOS

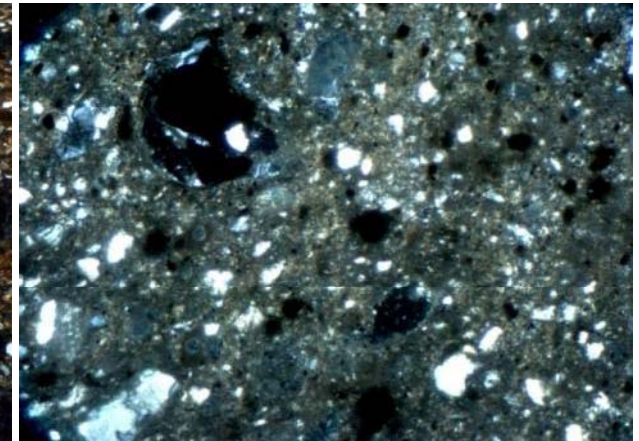
Cerámica Amarilla



Cerámica Roja



Cerámica Gris



MORTEROS

➤ CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

▪ Composición:

- **árido:** granos de tamaño arena
 - componentes mayoritarios: silicatos, carbonatos...
 - componentes minoritarios: fragmentos cerámicos, carbón...
- **ligante:** pasta aglomerante →
 - componente mayoritarios: cal apagada → calcita
⇒ f(grado de carbonatación)
 - componentes minoritarios: yeso, cemento portland...
⇒ morteros mixtos o bastardos

- Cal viva = Q = $\text{CaO} + \text{MgO}$
- Cal hidratada = S = $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Mg(OH)}_2$
- Cales cálcicas = CL = CaO ó Ca(OH)_2
- Cales dolomíticas = DL = Mg(OH)_2
- Cales hidráulicas naturales = NHL
- Cales hidráulicas naturales con aditivos = Z
- Las cales hidráulicas: contienen aluminatos y silicatos cálcicos, además de cal.

▪ Textura:

- **tipo textural:** granular, flotante, masiva...
⇒ f(dosificación: ligante/árido)
 - granulometría y morfología de los áridos
 - distribución del ligante, presencia de grumos y pellas
 - tamaño de los cristales de calcita

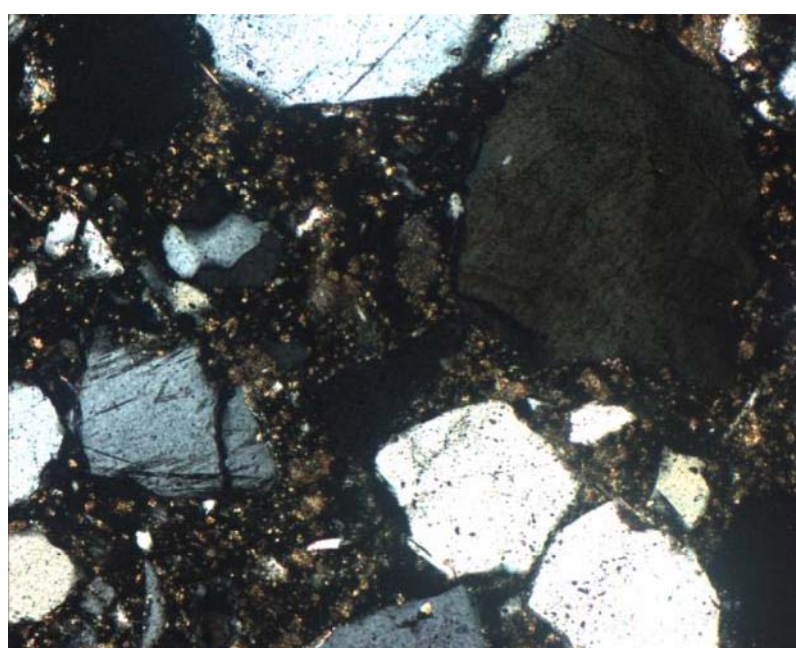
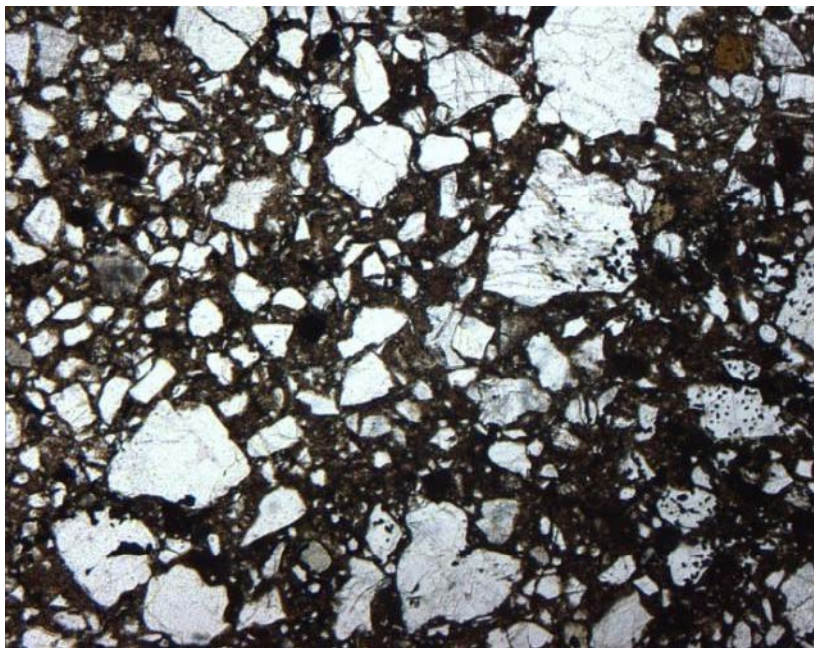
▪ Porosidad: (10-40%)

- poros intergranulares, (móldicos, vacuolares...)
- poros matriciales → microporosidad en el conglomerante
- grietas de retracción → en grumos y pellas

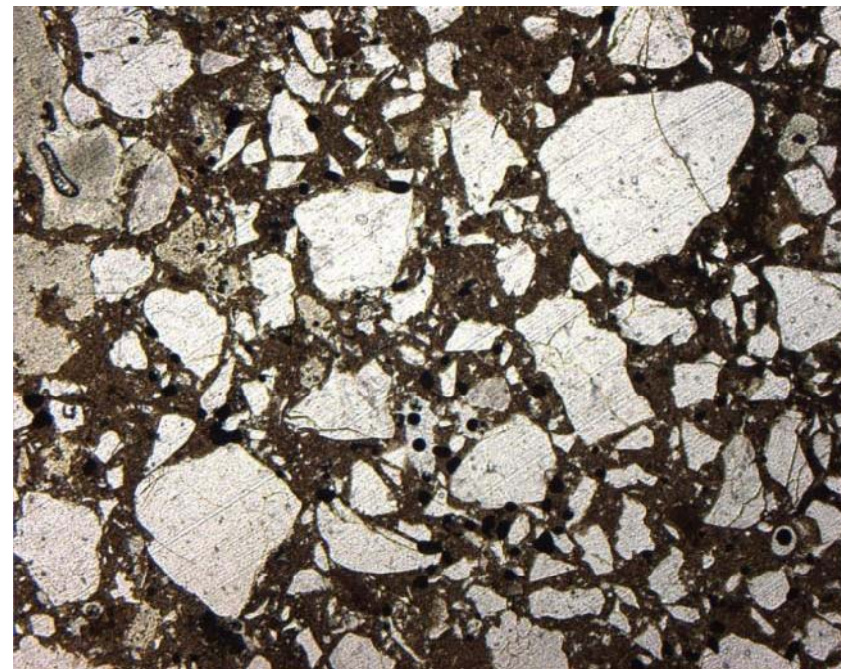
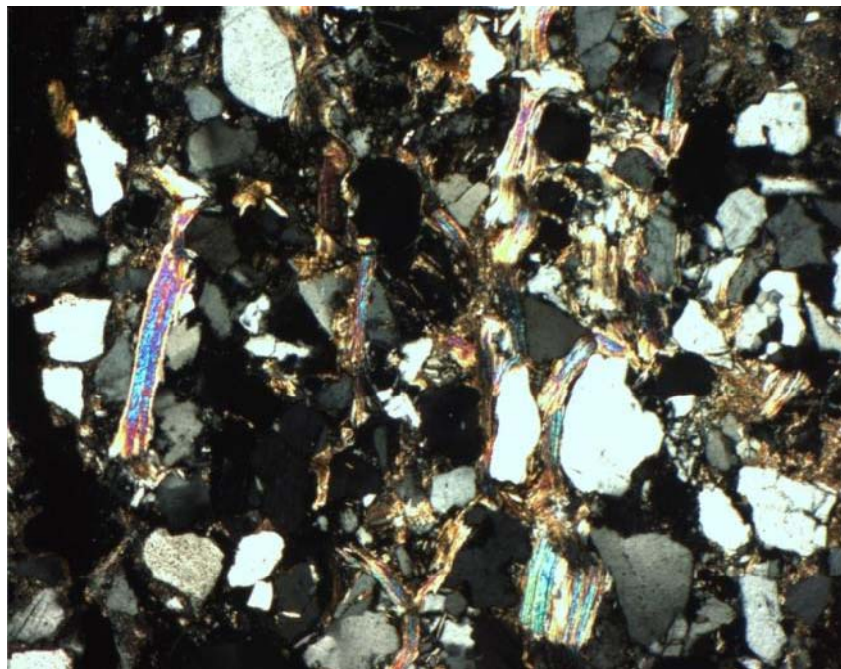
► Alonso F.J. et al. (2010). *Caracterización petrográfica de morteros del conjunto medieval de la ciudad de Oviedo*. Trabajos de Geología (Univ. Oviedo) 30, 337-349.



MORTEROS



MORTEROS



CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA: Informe

UNE-EN 12407:2007. Métodos de ensayo para la piedra natural. Estudio petrográfico, 11 p.

- Establecer su clasificación petrográfica.
- Destacar las características que influyen en el comportamiento.
- Determinar si ha lugar la procedencia de la piedra.

Considera:

Preparación de láminas delgadas y probetas pulidas

- tinción de feldespatos, tinción de carbonatos

Descripción macroscópica → lupa, cartas de colores

- muestra (de suficiente tamaño para ser representativa)

Descripción microscópica → MOP, contador de puntos

- láminas delgadas (en nº suficiente para ser representativas; orientadas, impregnadas o pulidas cuando sea necesario)

Datos adicionales (sobre todo en rocas de grano muy fino, volcánicas....)

- ensayos químicos (RI...), físicos (porosidad...)



CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA NATURAL: Informe

CEN/TC346/WG2. Caracterización de la piedra natural con fines de conservación

- Definir la litología y las propiedades físicas y mecánicas
- Evaluar el estado de conservación
- Entender los procesos de deterioro
- Atender a su conservación (piedra de sustitución)
 - ⇒ Realizar por profesionales experimentados en ciencia de materiales
 - ⇒ Utilizar por arquitectos, arqueólogos, conservadores, ingenieros...

Observaciones “in situ” en edificios/monumentos (EN 16095**):

- Distinguir fases de construcción
- Distinguir tipos de piedra y presencia de otros materiales
- Entender los procesos de deterioro
 - como actúan los agentes sobre las características de la piedra
- Seleccionar áreas de muestreo

Inspección visual: gran interés, utilidad ⇒ *Usar lupa, variar iluminación*

- color, brillo; textura, rugosidad
- marcas y acabado de la superficie
- características del deterioro
- métodos y herramientas de construcción

Toma de muestras en edificios/monumentos (EN 16085**):...



CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA NATURAL: Informe

UNE-EN 16515:2014. Recomendaciones para caracterizar la piedra natural utilizada en el patrimonio cultural, 10 p.

a) Examen visual: simple vista y lupa binocular

estudio petrográfico (EN 12407*), color y sus variaciones, tamaño y forma de los grano, poros, fisuras, vetas, estructuras, bandeados, discontinuidades, fósiles, nódulos, alteraciones....

b) Examen de láminas delgadas al microscopio petrográfico: MOP

estudio petrográfico (EN 12407*), composición (tipo y abundancia), textura (tamaño, forma, orientación), micro-estructuras, discontinuidades, venas, fisuras, poros, grado de alteración....; materiales sanos, alterados, estratigrafía, capa externa, adhesión entre capas... ⇒ Cuidar la preparación de la muestra.

c) Análisis mineral por difracción de rayos X: XRD

minerales dudosos, arcillas, eflorescencias, fases de unión en texturas clásticas...

d) Análisis micro-estructural o morfo-químico: SEM + EDS / WDS

morfología, microestructura, morfometría; superficies externa o secciones, naturales o pulidas; con análisis elemental cualitativo o cuantitativo, puntual o zonal, cartografía de elementos en superficie...

e) Análisis químico: SEM + EDS/WDS, XRF, ICP, ICP-MS, NAA, FTIR, Raman

informa de la alteración, naturaleza y distribución de los productos de alteración (sales solubles...) entender los procesos de deterioro... ⇒ Distinguir entre análisis de muestra total, de fracciones (matriz...), de áreas puntuales (manchas...), de soluciones...



CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA NATURAL: Informe

UNE-EN 16515:2014. *Recomendaciones para caracterizar la piedra natural utilizada en el patrimonio cultural*, 10 p.

f) Propiedades físicas:

- Densidad, porosidad y tamaño de poro (EN1936*; porosimetría Hg, absorción N)
- Absorción de agua (EN 13755*, EN 15801**) y secado (prEN 16322**)
- Permeabilidad al vapor de agua (EN 15803**)
- Color (EN 15886**)
- Propiedades mecánicas:
 - Resistencia a la compresión (EN 1926*)
 - Resistencia a la flexión (EN 12372*)
 - Módulo de elasticidad estático (EN 14580*)
 - Módulo de elasticidad dinámico (EN 14146*)
 - Velocidad de ultrasonidos (EN 14579*)

Dureza (martillo Schmidt), Resistencia a la abrasión (EN 14157*)...

⇒ **INFORME DE CARACTERIZACIÓN**

** Métodos de ensayo de Piedra Natural*

*** Métodos de ensayo de Conservación del Patrimonio Cultural*



CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

Características a considerar en las descripciones (de acuerdo con UNE-EN 12407 y UNE-EN 16515)

MACROSCÓPICAS	COMPOSICION*	MICROSCÓPICAS
- Aspecto general	- Granos / Cristales	- Tipo de textura
- Color	- Fase de unión	- Tamaño: grano/cristal
- Compacidad	- matriz	- Forma: grano/cristal
- Coherencia	- cemento	- Fase unión / Borde cristales
- Discontinuidades	- Otros componentes	- Vacíos: tamaño y forma
- Orientación		- Discontinuidades
- Homogeneidad		- Orientación
- Estructuras	- Espacios vacíos	- Distribución
- Alteración	- poros	- Estructuras
- Otras características	- fisuras	- Alteración
		- Otras características

* Naturaleza y porcentaje de los componentes

► Alonso F.J. (2010). *Ficha: Descripción petrográfica*. Documento interno, Dpto. Geología. Univ. Oviedo, 4 p.

