

ALTERACIÓN, DURABILIDAD Y CONSERVACIÓN DE MATERIALES ROCOSOS

Tema 2. MÉTODOS DE ESTUDIO

2.2. Trabajo de laboratorio: métodos directos visuales



MÉTODOS DE ESTUDIO

➤ Trabajo de campo:

- objetivo, especificidad, relevancia: INSPECCIONES VISUALES, ENSAYOS IN SITU

- Toma de datos: materiales
- Toma de datos: ambiente
- Toma de muestras

Consideraciones:

- ✓ Información requerida
- ✓ Precisión requerida
- ✓ Técnica adecuada
- ✓ Toma de decisiones

➤ Trabajo de laboratorio

- criterios en la elección de TÉCNICAS DE ESTUDIO

- Análisis de la composición: mineral, químico...
- Análisis de la textura: fases sólidas, espacios vacíos...
 - *preparación de muestras, procedimiento de análisis...*

➤ Análisis de datos



TRABAJO DE LABORATORIO

OBJETIVOS DE ESTUDIO

- ♦ **COMPOSICIÓN** —————→ **QUÍMICA**
→ fases sólidas **MINERAL**
- ♦ **TEXTURA** —————→ **TAMAÑO**
→ fases sólidas **FORMA**
→ espacios vacíos **ISOTROPÍA**
HOMOGENEIDAD

NIVEL DE ESTUDIO

- ♦ **CUALITATIVO** —————→ *identificar, describir*
- ♦ **CUANTITATIVO** —————→ *cuantificar*

PROCEDIMIENTO

- ♦ **MÉTODOS DIRECTOS VISUALES (MACRO-MICROSCÓPICOS)**
- ♦ **TÉCNICAS ANALÍTICAS INSTRUMENTALES**
- ♦ **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (PROPIEDADES FÍSICAS)**



MÉTODOS DIRECTOS VISUALES

⇒ COMPOSICION + TEXTURA

a) OBSERVACIÓN (fotografías) —————> *cualitativos*

- Métodos macroscópicos: “DE VISU”
 - Métodos microscópicos:
 - ♦ LUPA BINOCULAR (Estereomicroscopio)
 - ♦ MICROSCOPIA ÓPTICA DE POLARIZACIÓN (MOP):
 - LUZ TRANSMITIDA
 - luz reflejada
 - ♦ MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA
 - ♦ MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL
 - ♦ MICROSCOPIA ELECTRÓNICA:
 - DE BARRIDO (MEB/SEM)
 - de transmisión (MET/TEM)
 - ♦ MICROSCOPIA ACÚSTICA...
- combinación de técnicas

Tamaño de la muestra

f (tamaño de componentes)

- VISU: > 1 mm
- POL: 1 mm a 10 µm
- SEM: < 10 µm

Preparación de la muestra

- evitar artefactos
- impregnar con resinas
- superficie plana / pulida
- superficie de fractura...
- superficie tratada

b) CUANTIFICACIÓN —————> *cuantitativos*

- Métodos estereológicos:

CONTADOR DE PUNTOS, OCULAR INTEGRADOR...
- Métodos informáticos:

PROCESO DIGITAL DE IMÁGENES

► Alonso F.J. (2006). *Técnicas de estudio de la porosidad*. Documento Interno. Dpto. Geología. Univ. Oviedo., 8 p.



MÉTODOS DIRECTOS VISUALES

METODOLOGÍA

- *composición mineral*
- *características texturales*
- *observación > cuantificación*

■ **Observación:** identificación

- Simple vista
- Lupa binocular (estereomicroscopio)
- Microscopía óptica
- Microscopía electrónica

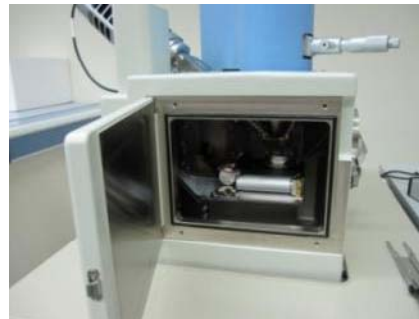


■ **Descripción:**

- Modelos de textura / sistema poroso
- Elementos texturales de los granos / vacíos
- Tipos de granos / espacios vacíos

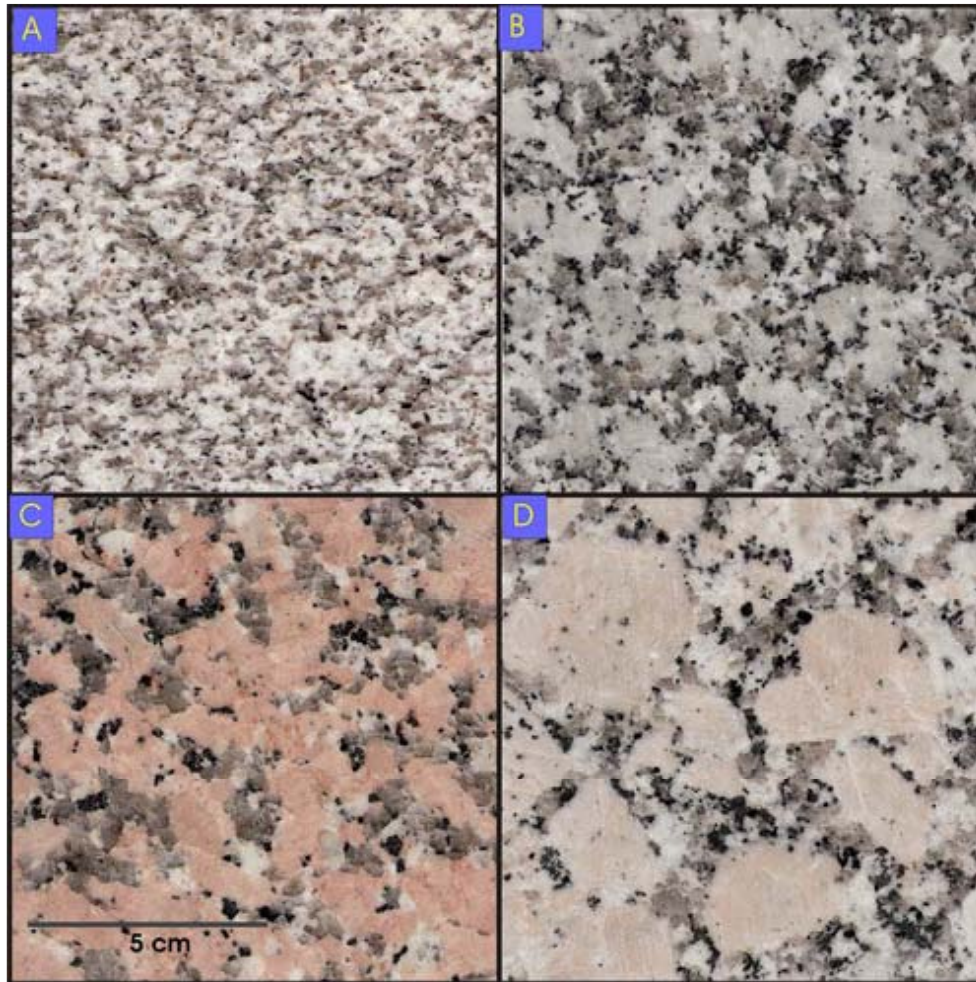
■ **Cuantificación:**

- Métodos manuales
- Métodos automáticos

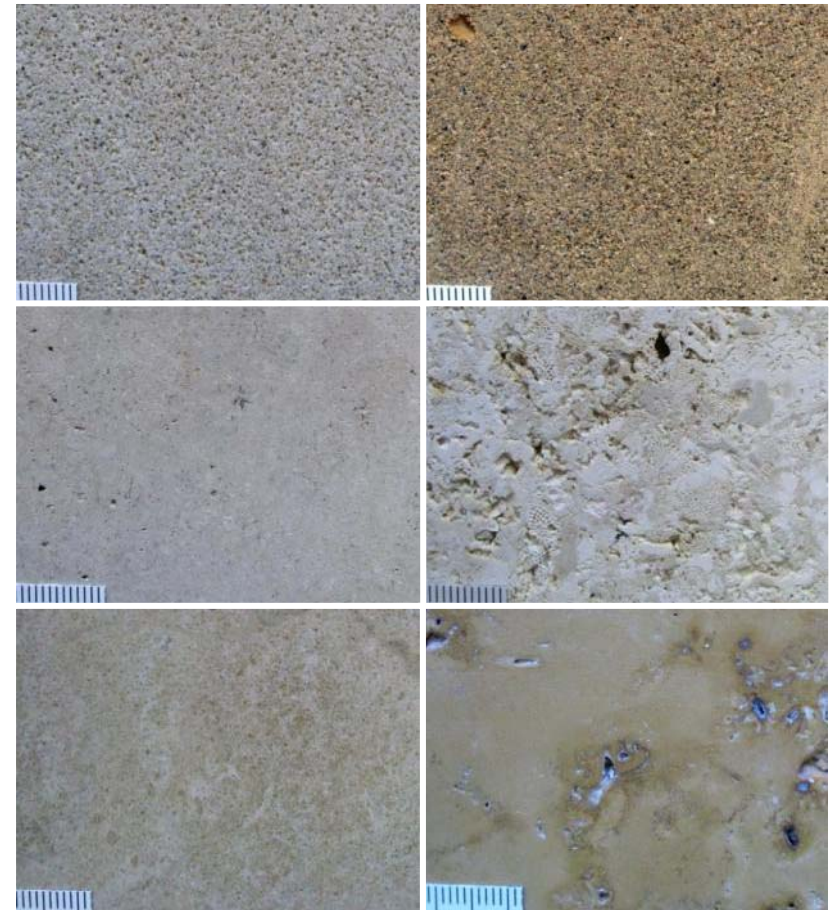


OBSERVACIÓN: Aspecto macroscópico

Rocas ígneas

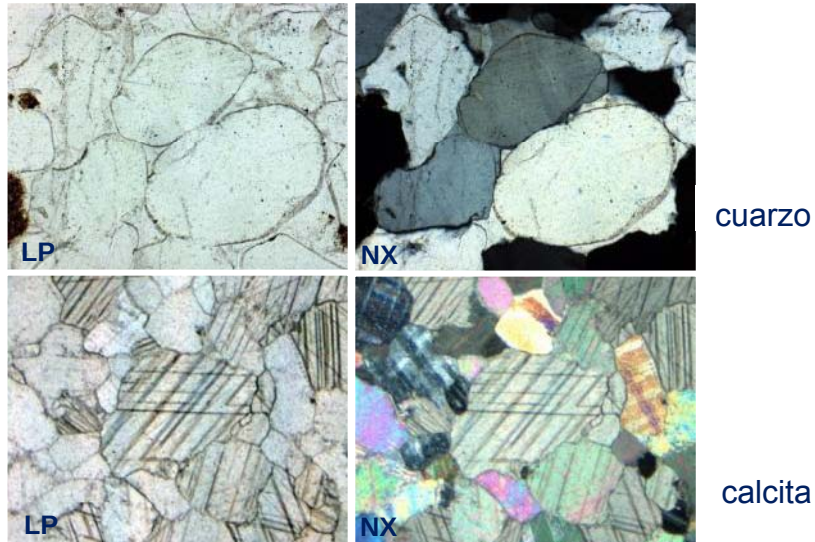


Rocas sedimentarias

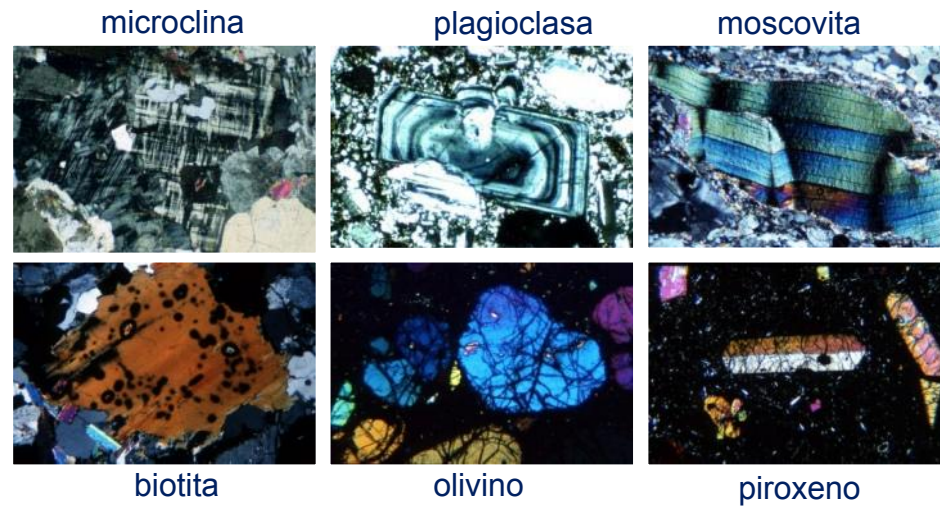
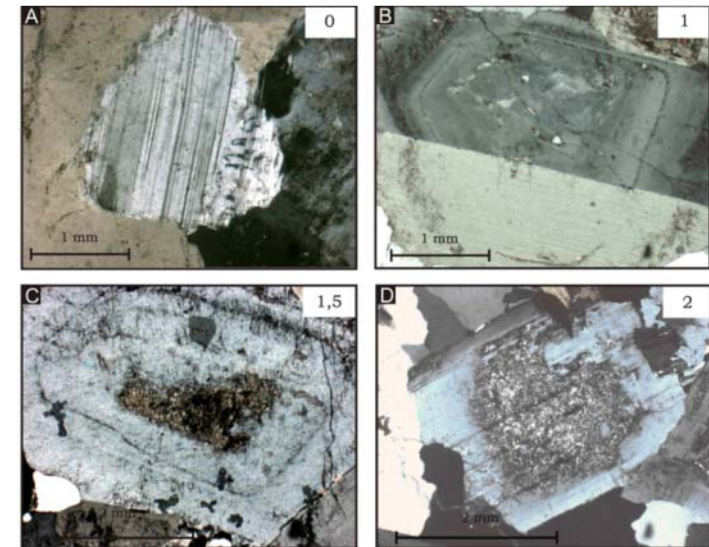


OBSERVACIÓN: Microscopía óptica de polarización (MOP)

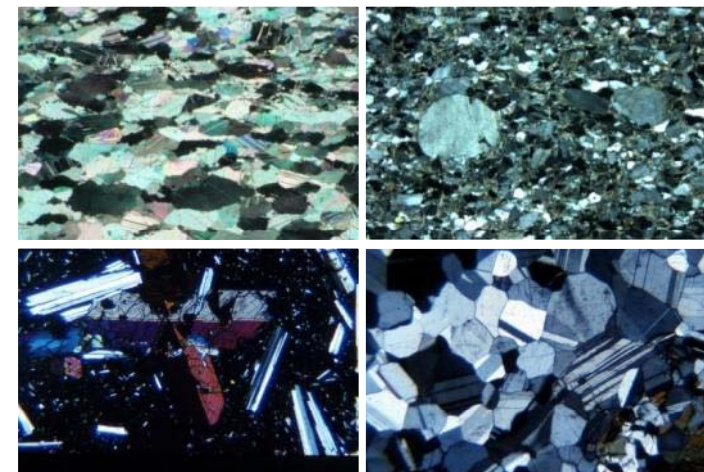
Composición mineral



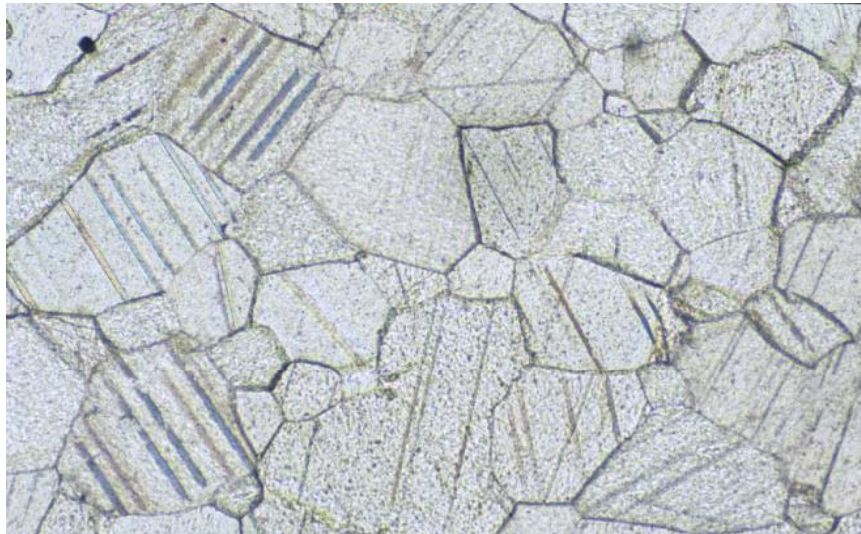
Grado de alteración mineral



Características texturales: tamaño, forma...



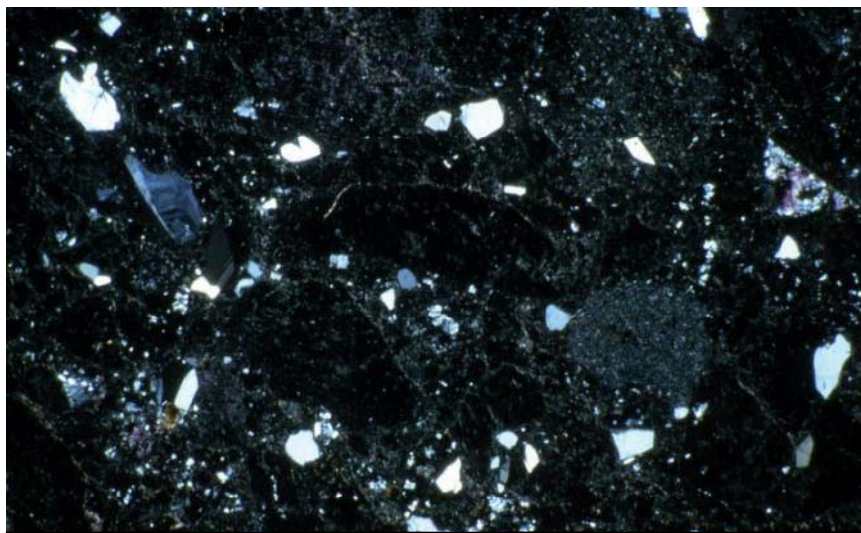
OBSERVACIÓN: Microscopía óptica de polarización (MOP)



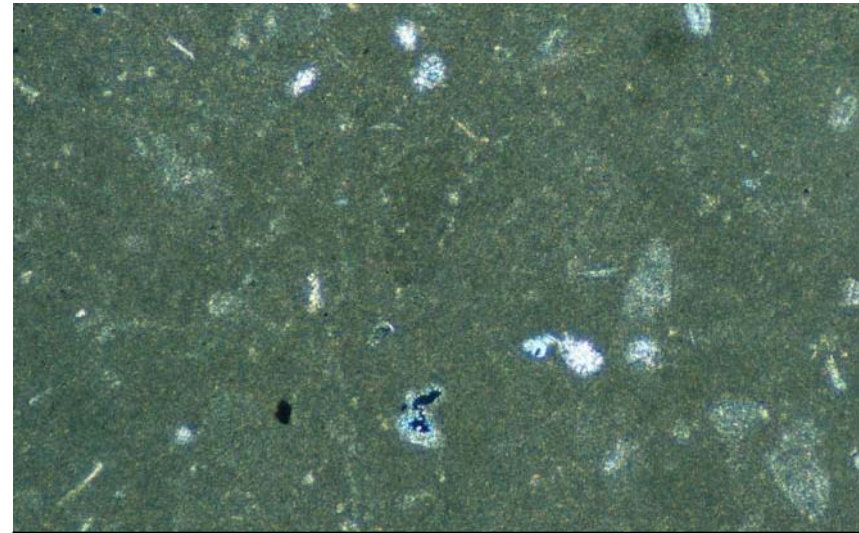
MOP, x100, LP (Luz Polarizada sin analizador)



MOP, x63, LP (Luz Polarizada sin analizador)



MOP, x10, NX (Nicoles Cruzados = luz polarizada con analizador)



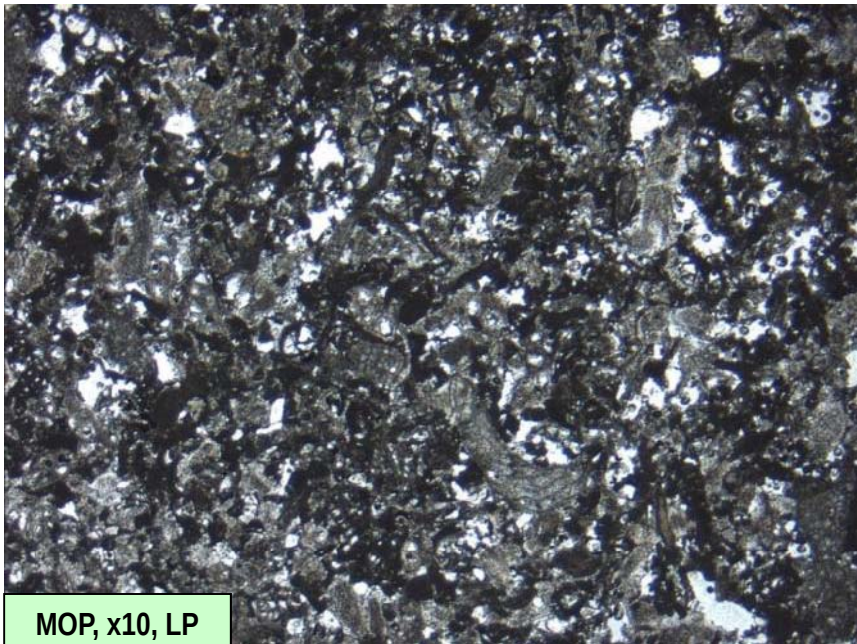
MOP, x100, NX (Nicoles Cruzados = luz polarizada con analizador)

OBSERVACIÓN: macroscópica y microscópica

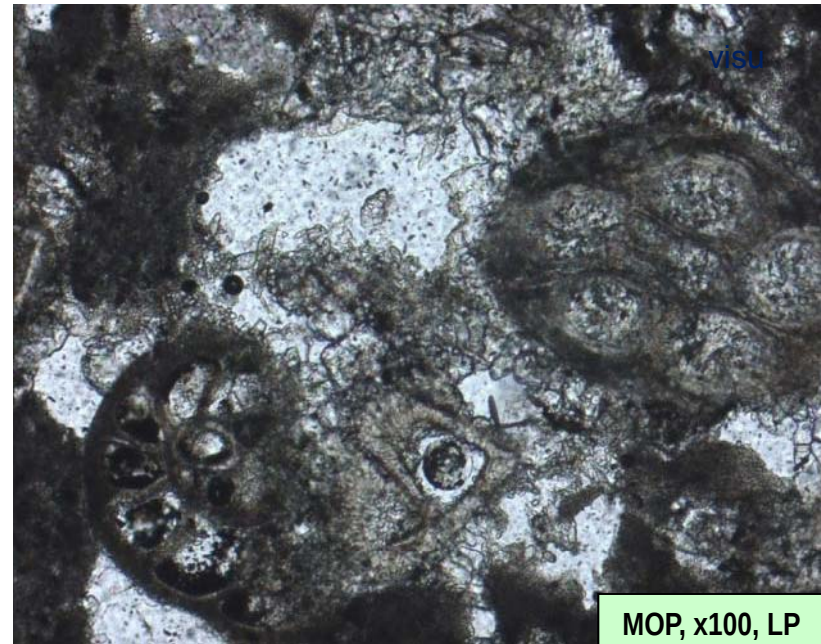
visu

Caliza: Sta. María de Irache (Navarra)

lupa



MOP, x10, LP

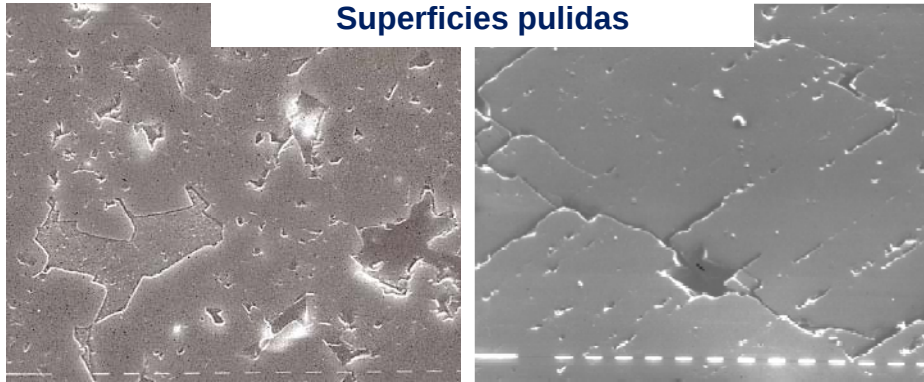


MOP, x100, LP

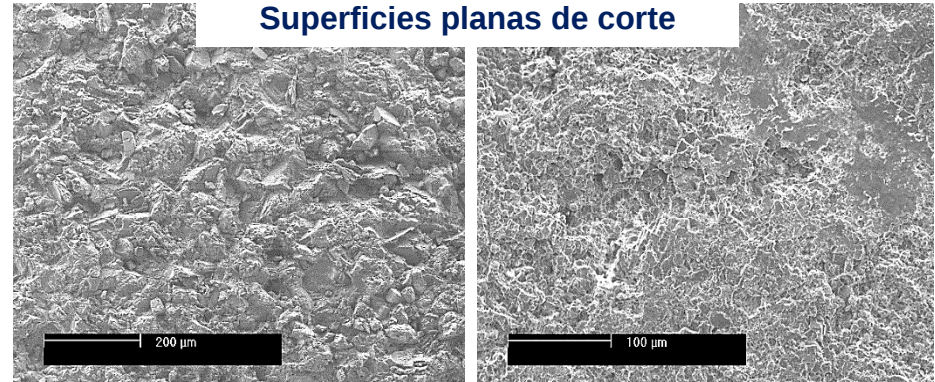


OBSERVACIÓN: Microscopía electrónica de barrido (MEB)

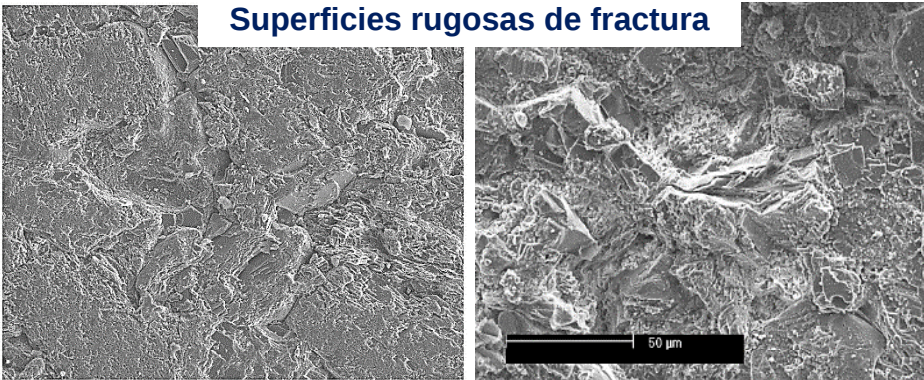
Superficies pulidas



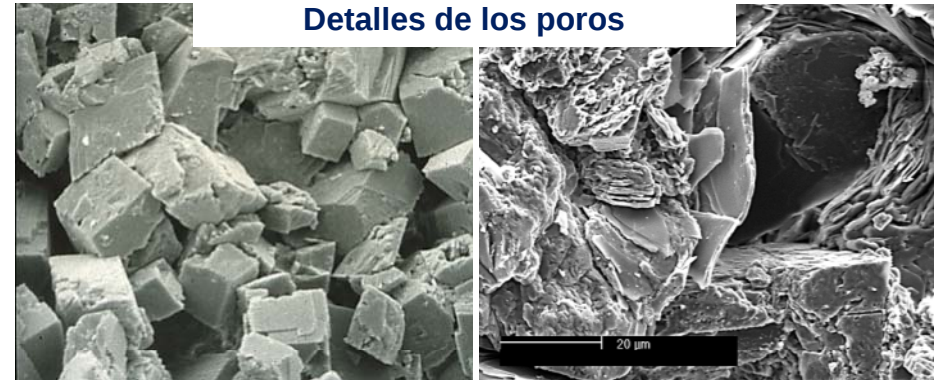
Superficies planas de corte



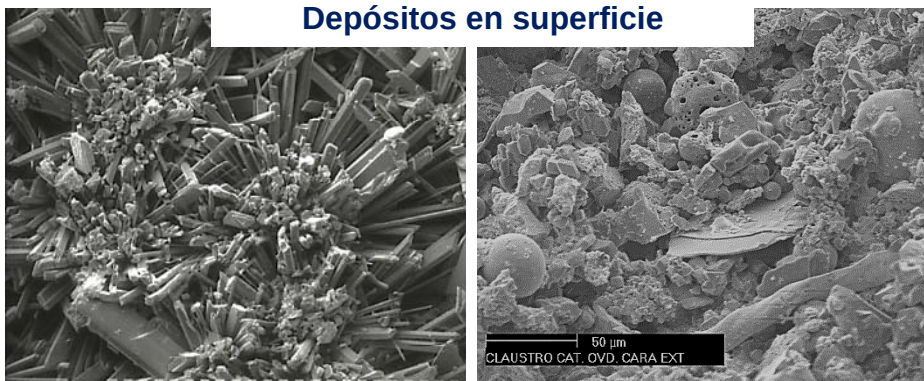
Superficies rugosas de fractura



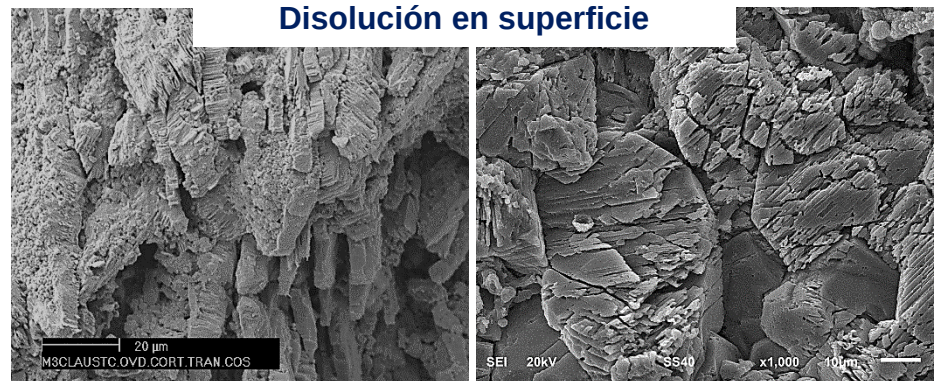
Detalles de los poros



Depósitos en superficie

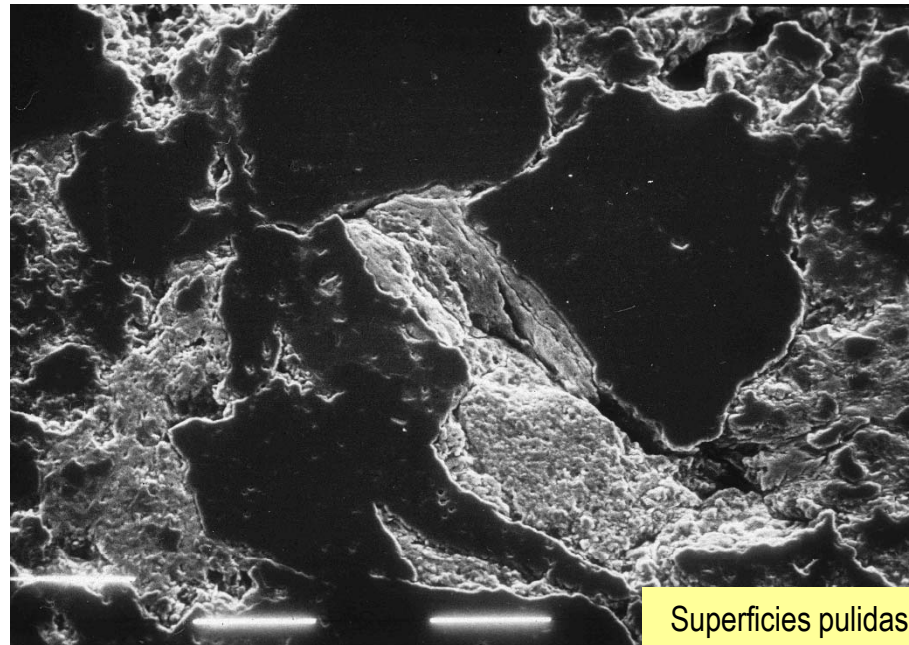
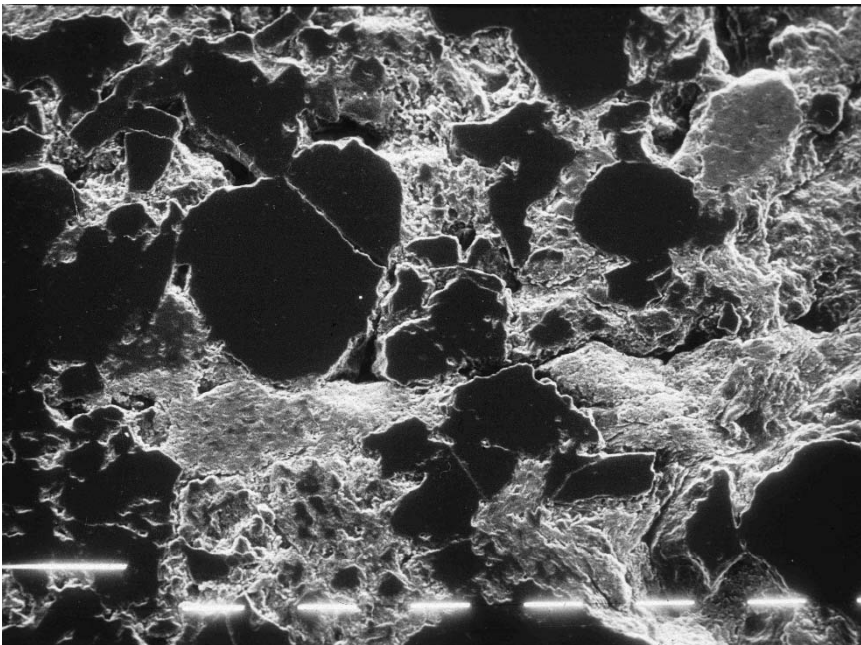
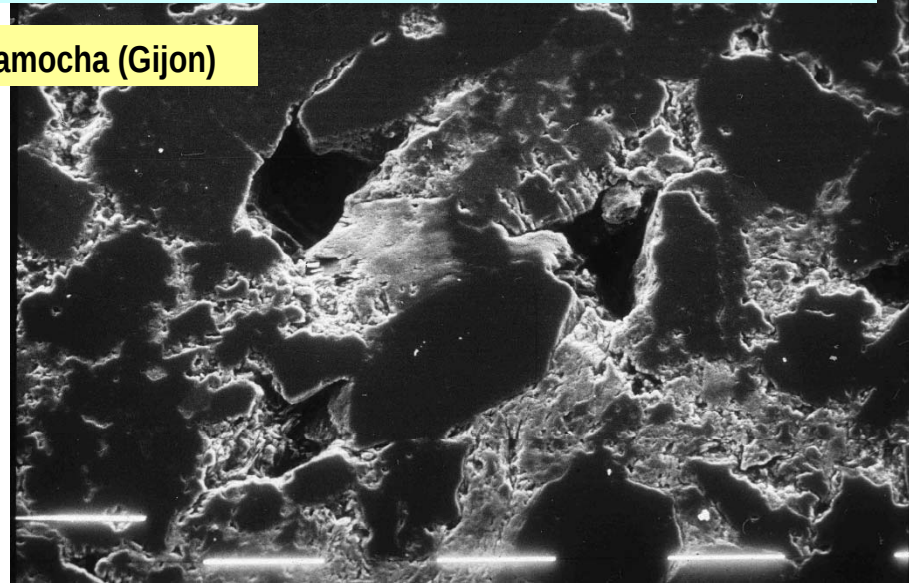
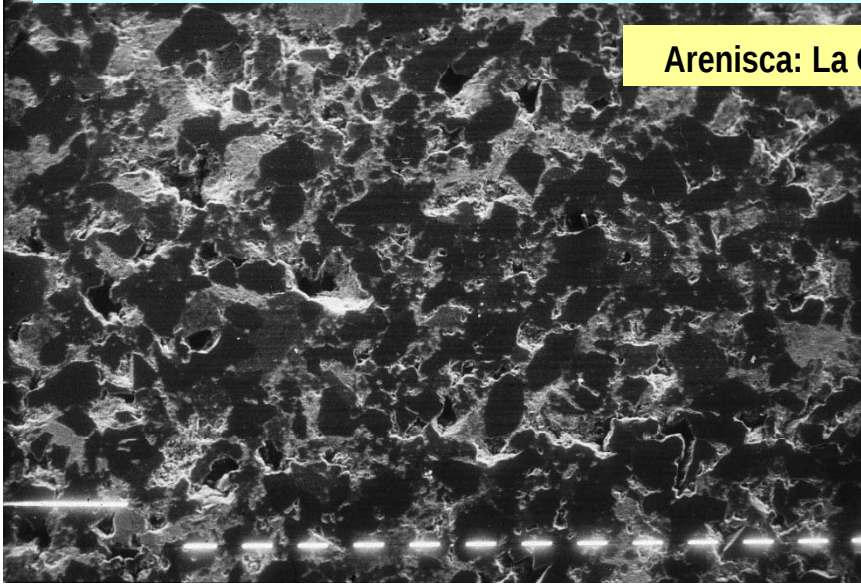


Disolución en superficie



OBSERVACIÓN: Microscopía electrónica de barrido (MEB)

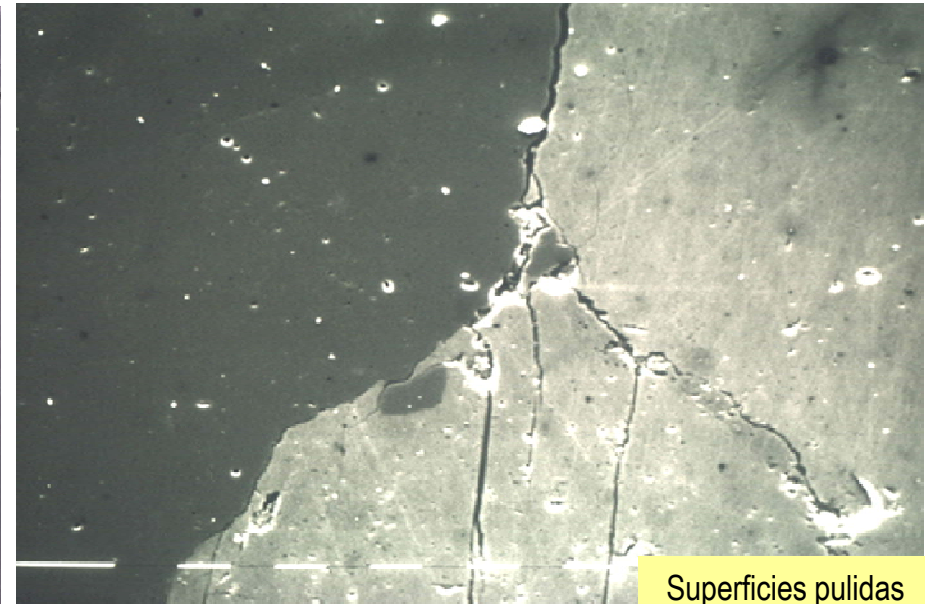
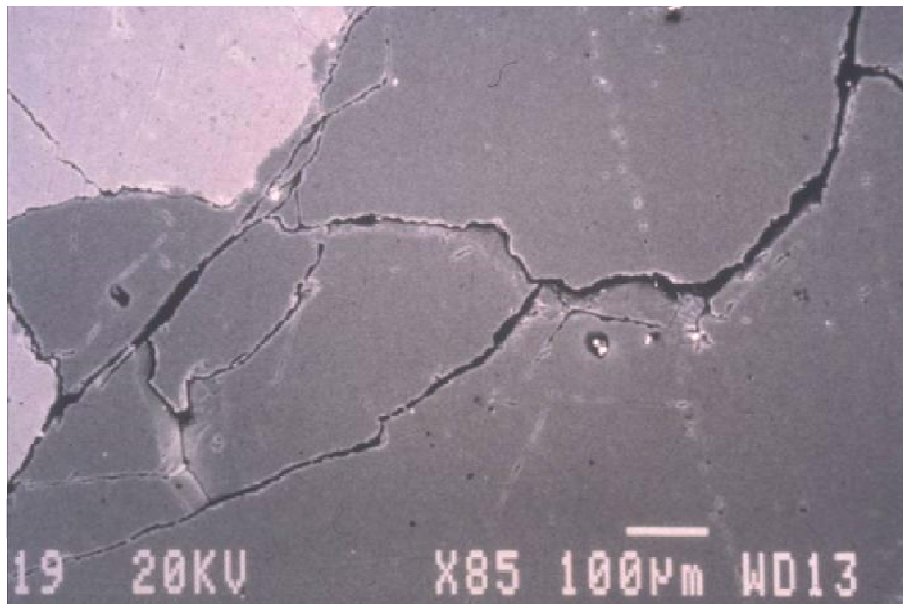
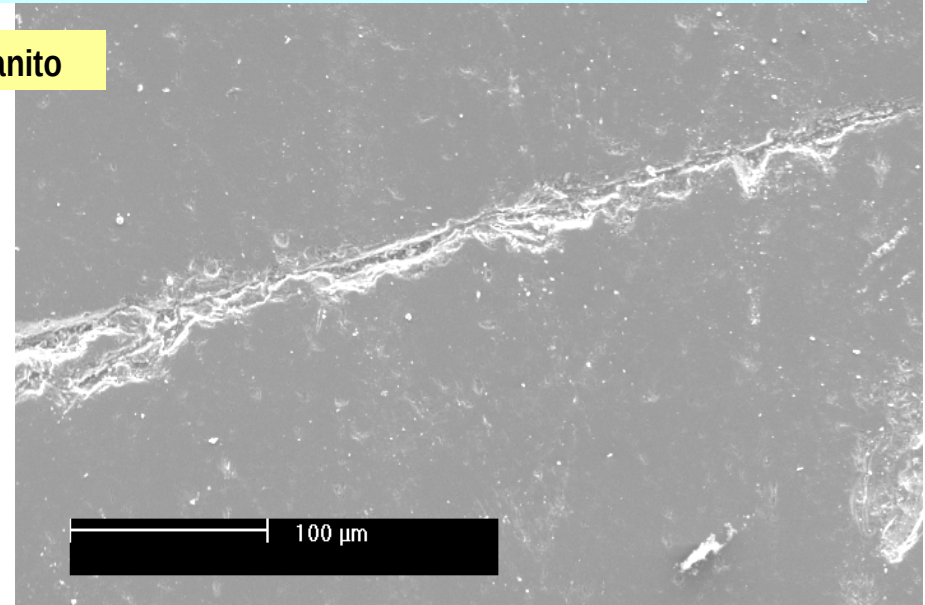
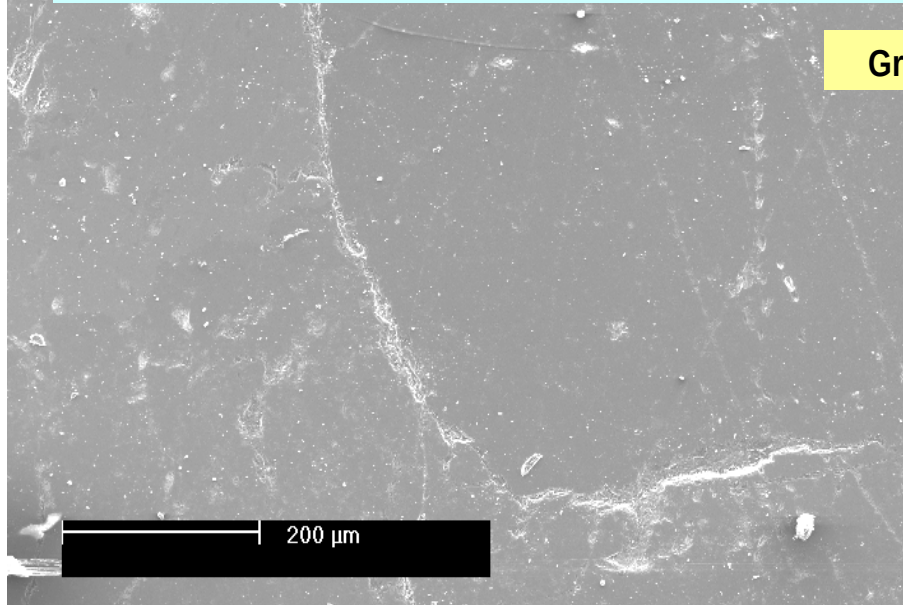
Arenisca: La Camocha (Gijón)



Superficies pulidas

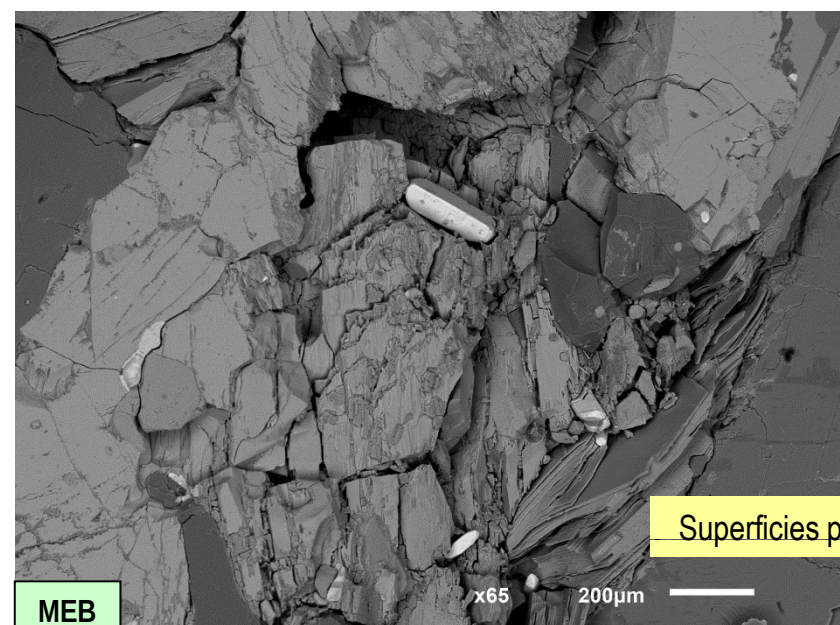
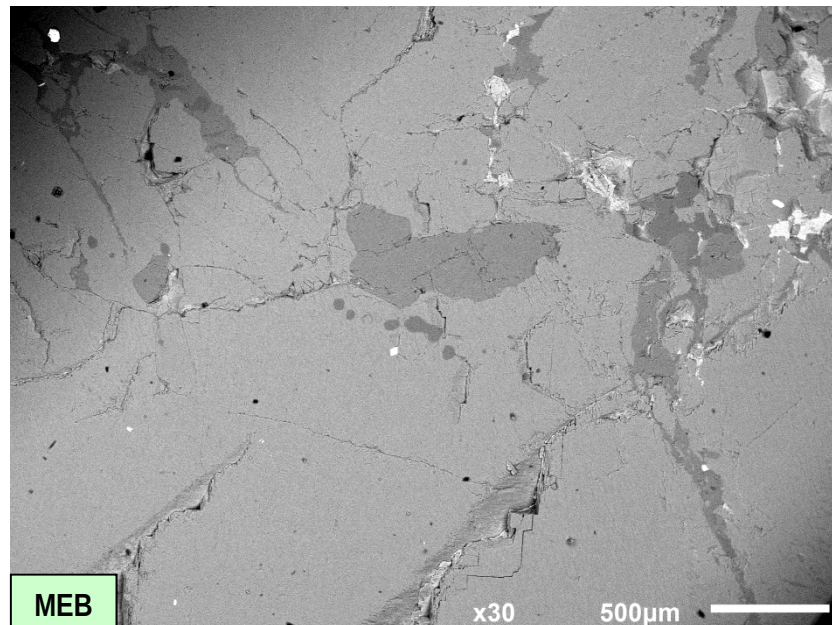
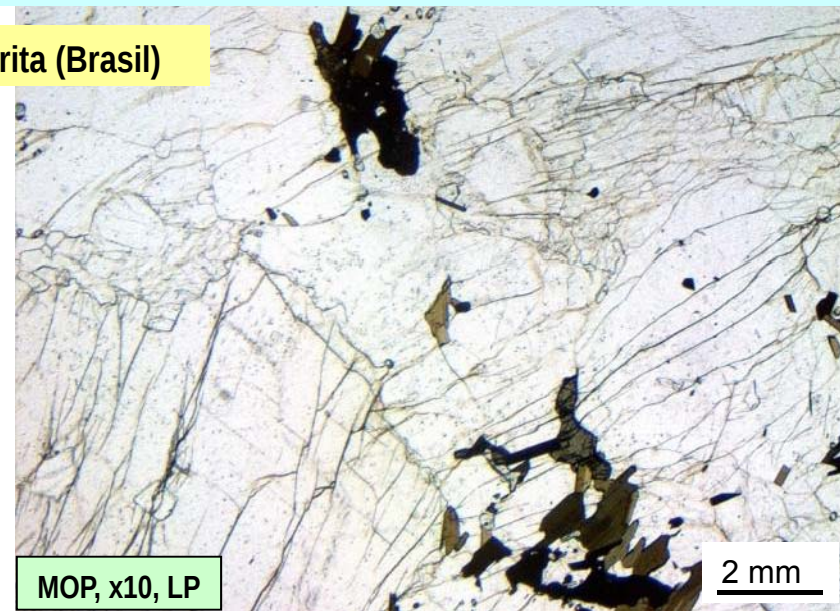
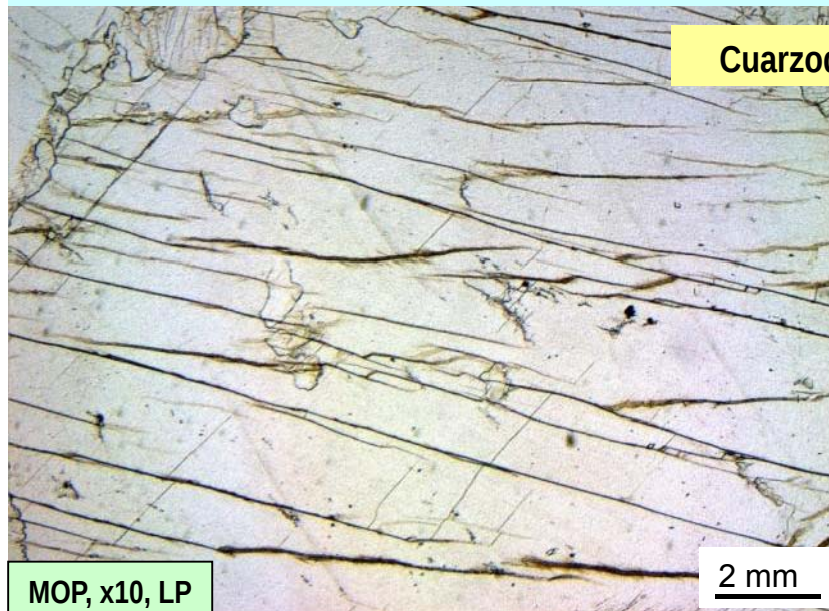
OBSERVACIÓN: Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Granito

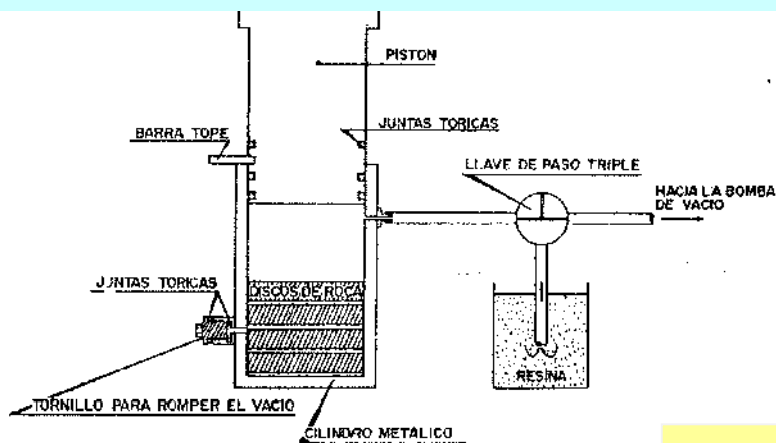


Superficies pulidas

OBSERVACIÓN: microscopía óptica (MOP) y electrónica (MEB)



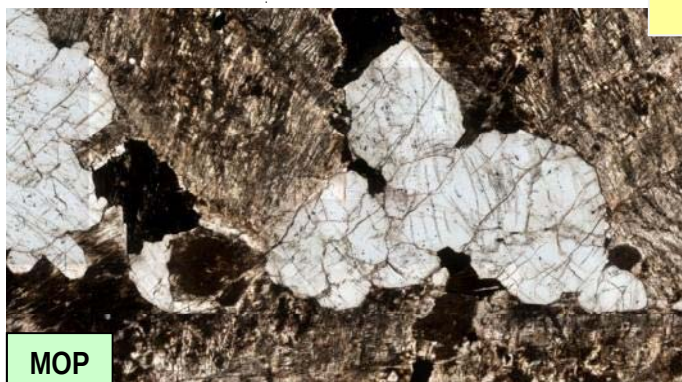
OBSERVACIÓN : Microscopía de fluorescencia



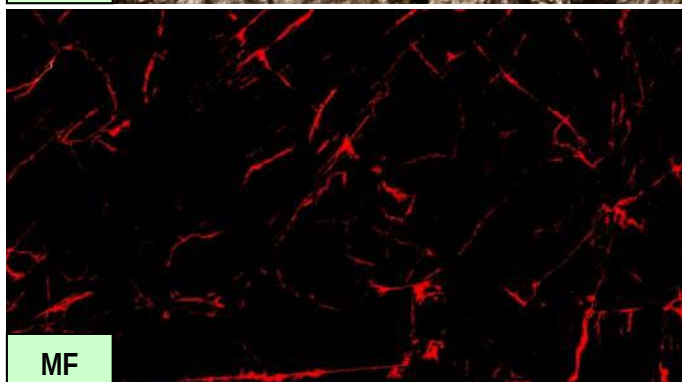
Granito



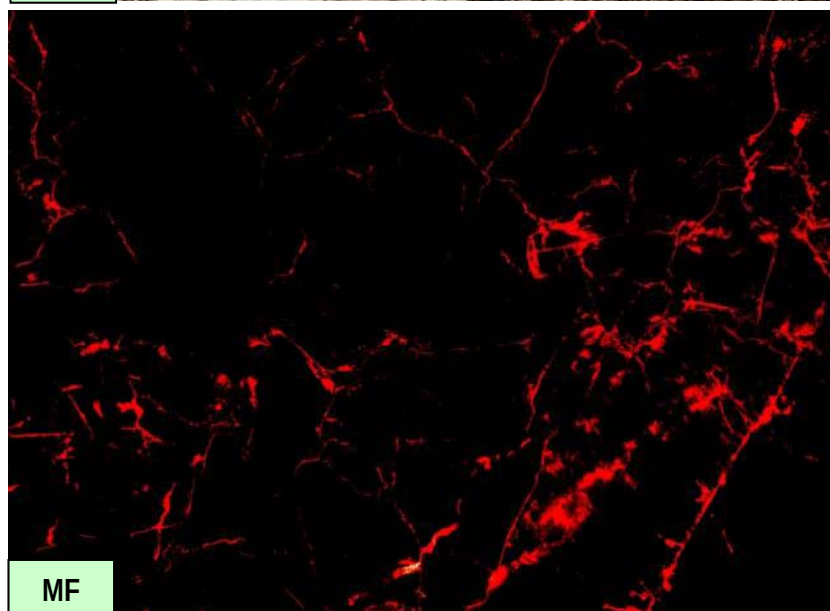
MOP



MOP

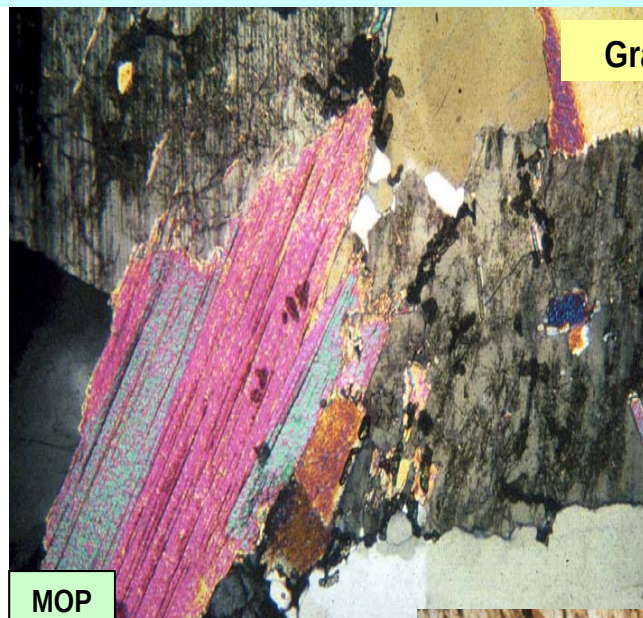


MF

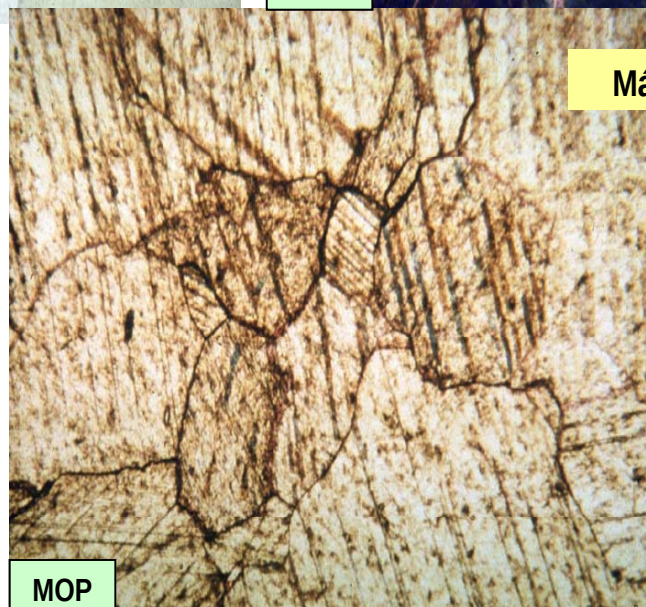
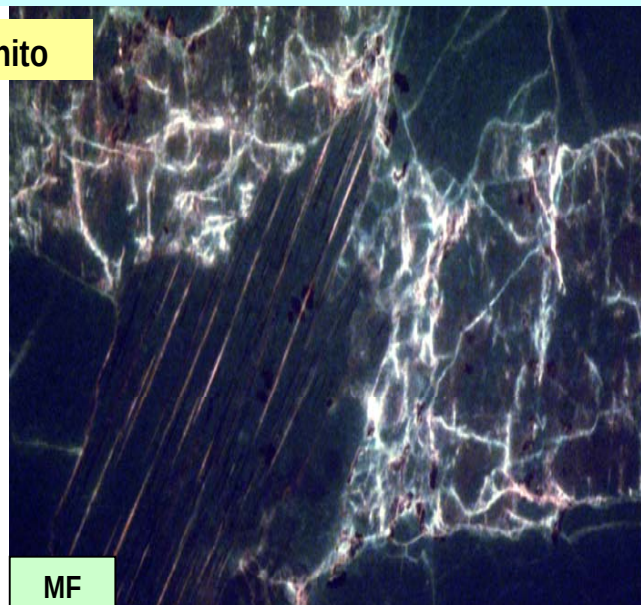


MF

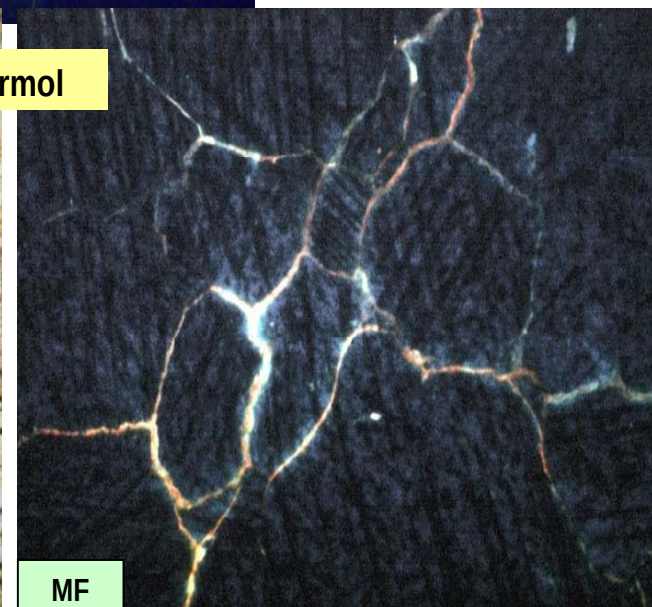
OBSERVACIÓN : Microscopía de polarización y fluorescencia



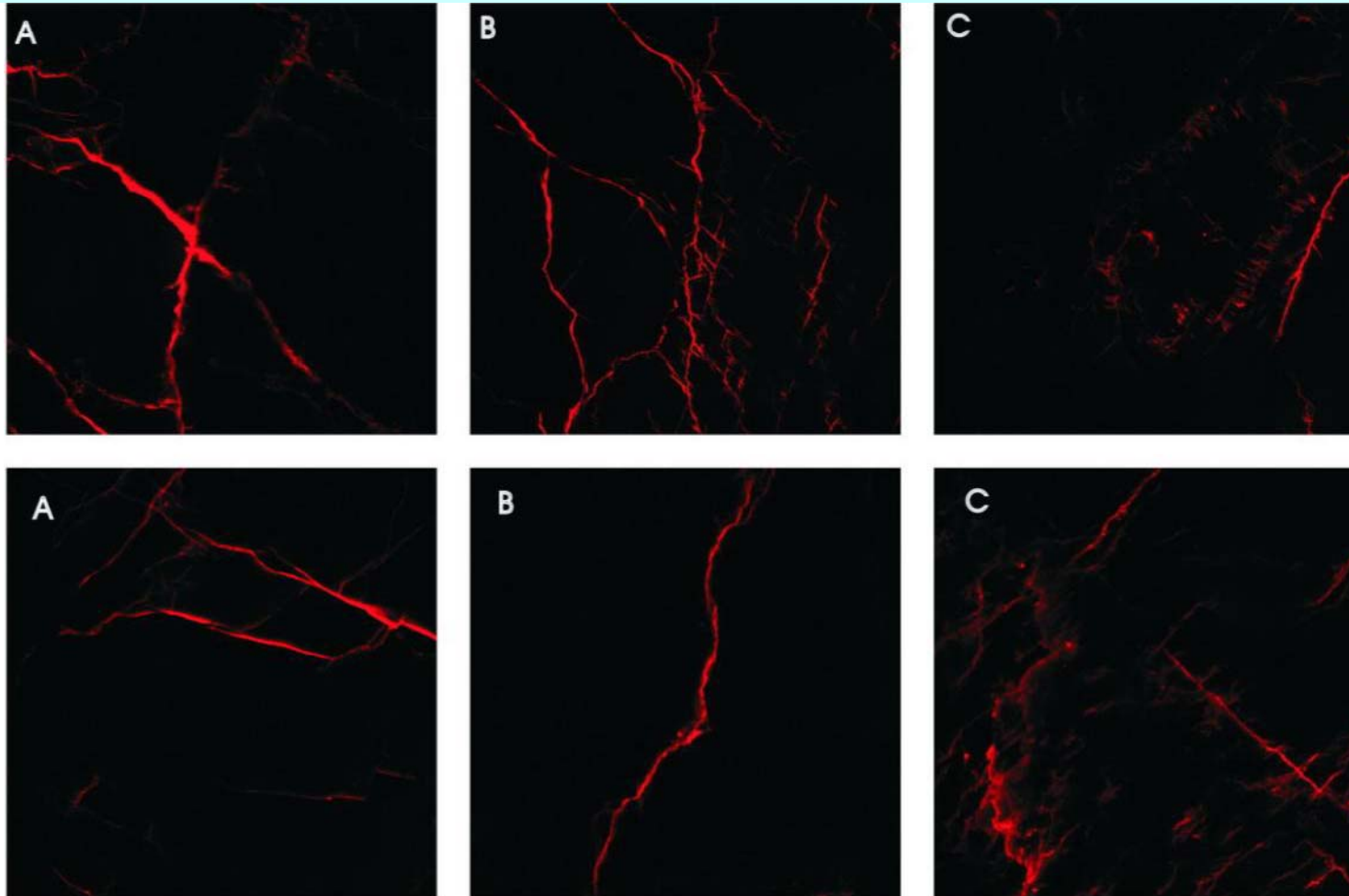
Granito



Mármol



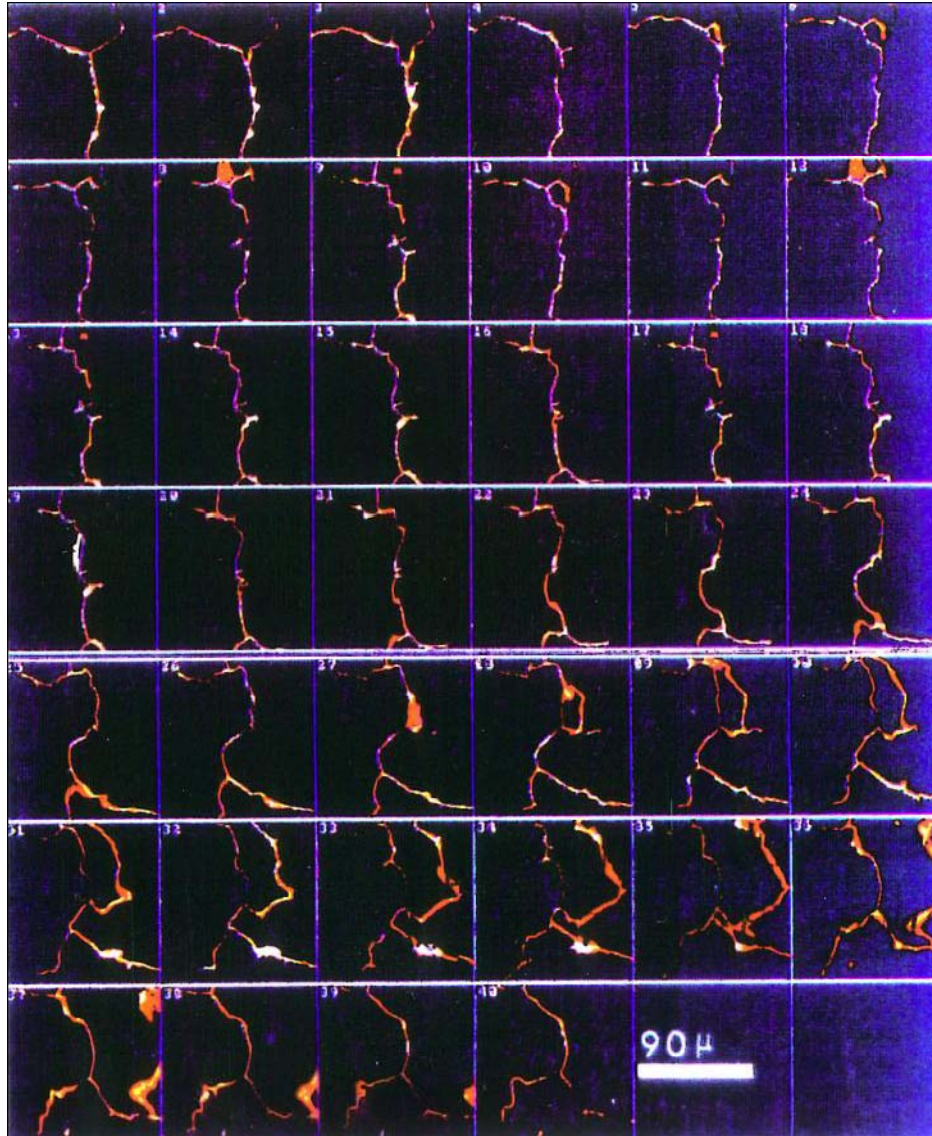
OBSERVACIÓN: Microscopía confocal



Elimina la luz de los planos fuera de foco: las imágenes son de mayor nitidez y contraste. Series de imágenes permiten el estudio tridimensional de la muestra.

► Vázquez P. et al. (2010). *Ornamental granites: Relationships between P-wave velocity, water capillary absorption and crack network*. Construction and Building Materials 24, 2536-2541.

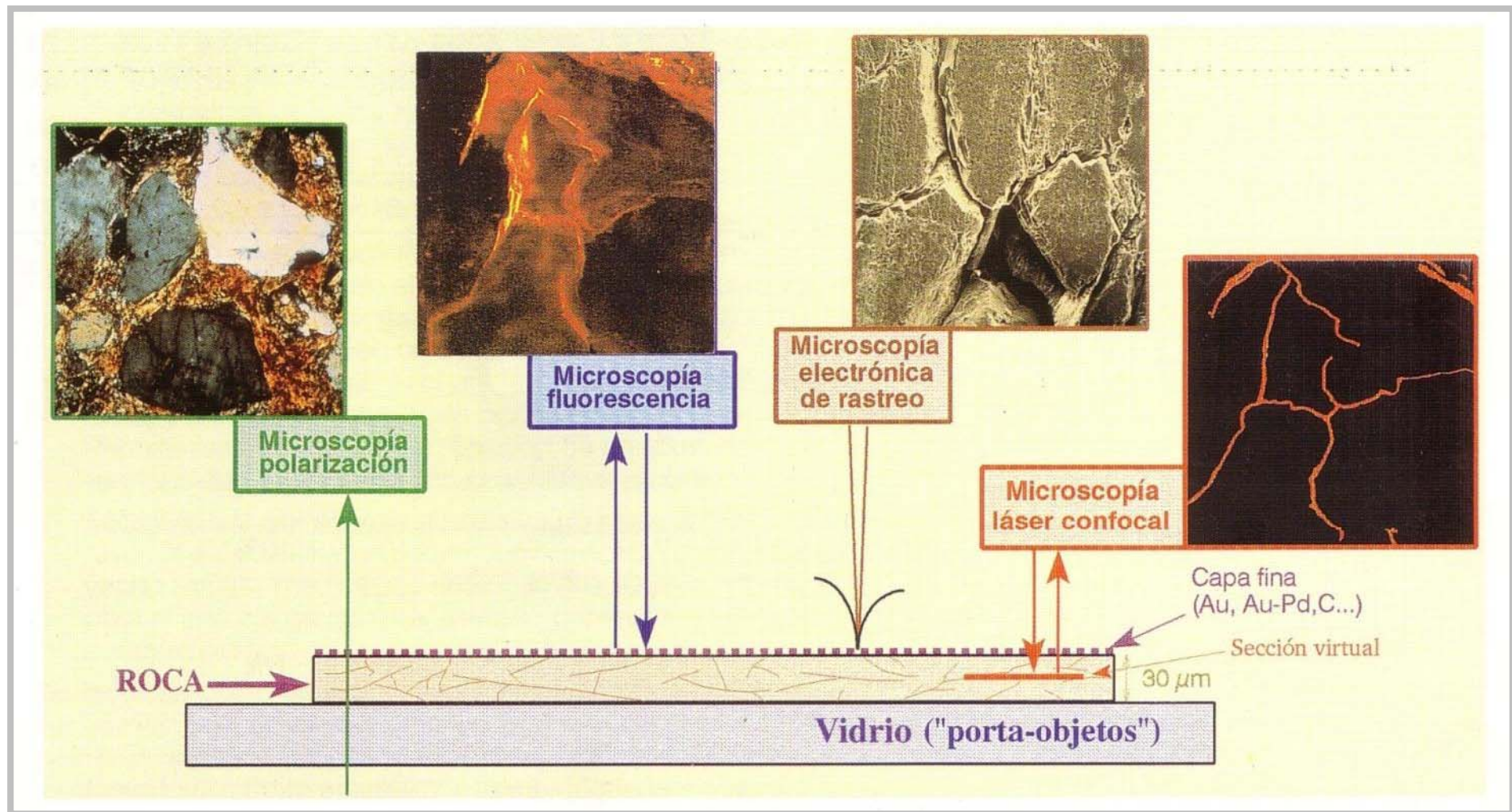
OBSERVACIÓN: Microscopía confocal



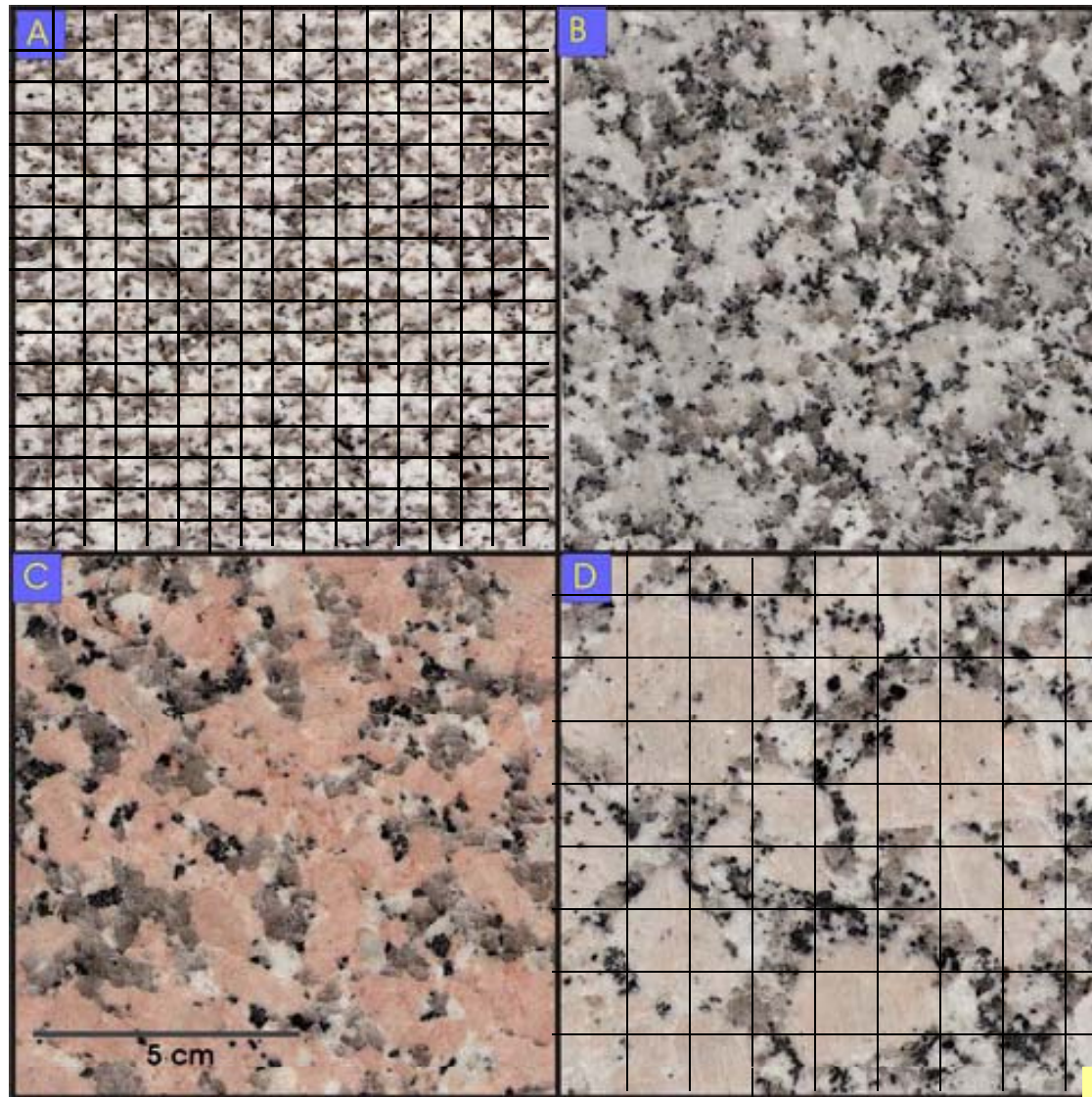
*Red de microfisuras en
el granito de El Berrocal.
40 imágenes XY
separadas $2,8 \mu\text{m}$.
Volumen escaneado:
 $125 \times 125 \times 112 \mu\text{m}^3$*

Mediante programas se
realizan reconstrucciones
3D y 4D a partir de series
de imágenes adquiridas
en un microscopio láser
confocal.

OBSERVACIÓN: combinación de técnicas



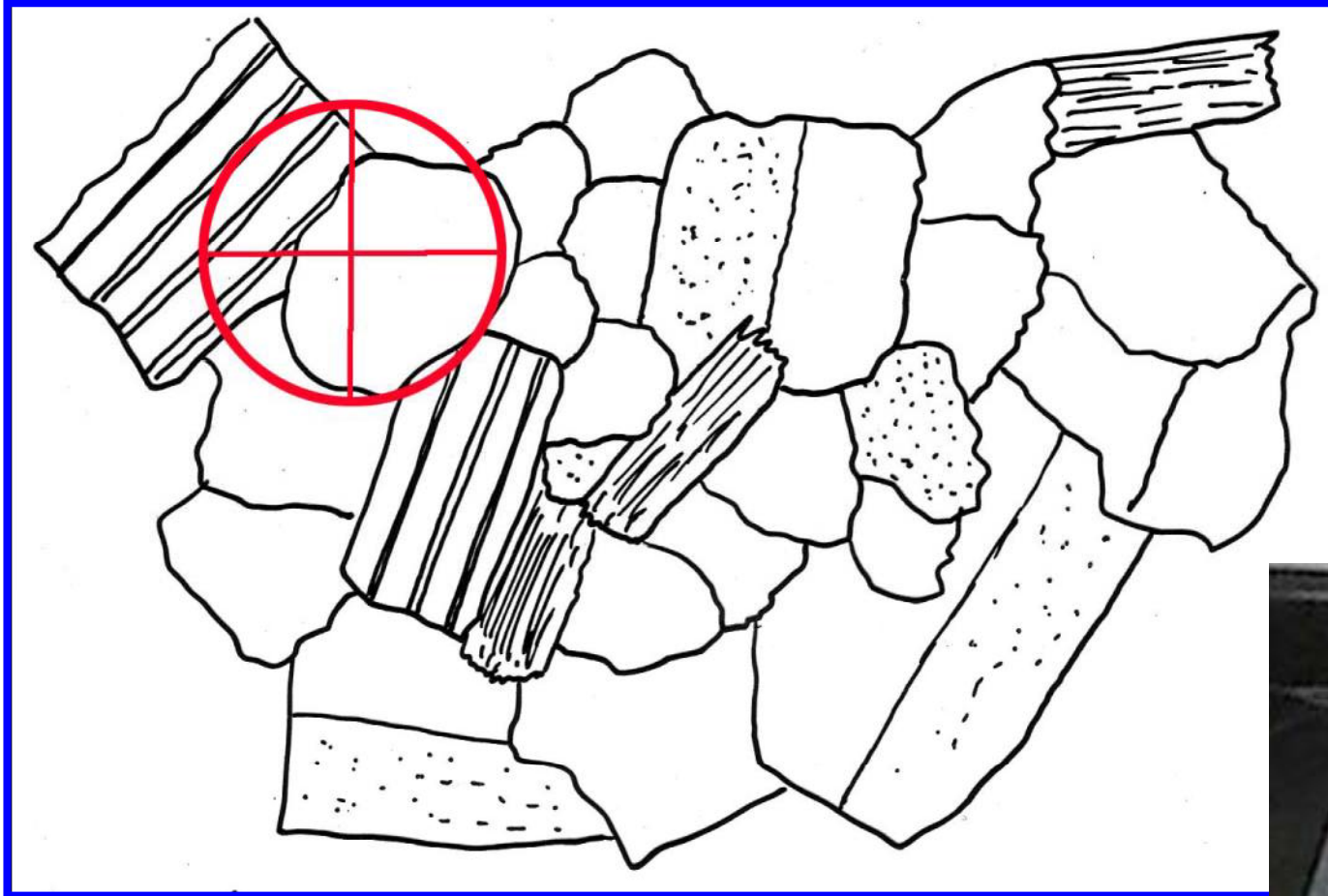
CUANTIFICACIÓN: conteo de puntos



Superficies pulidas

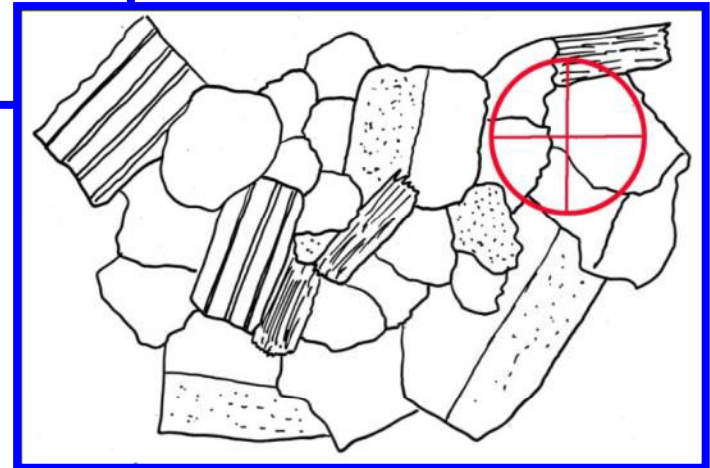
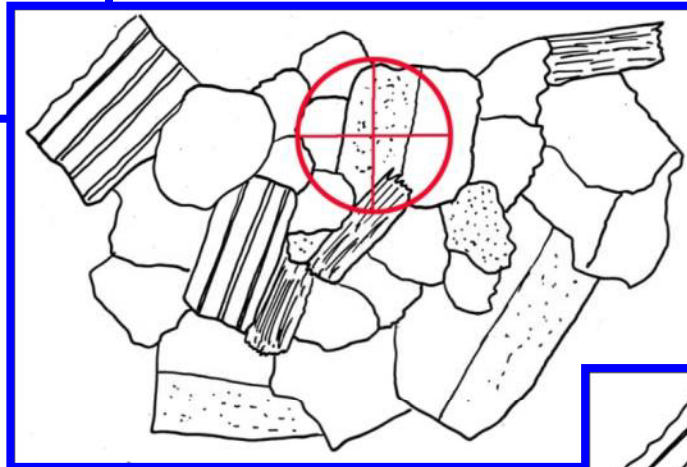
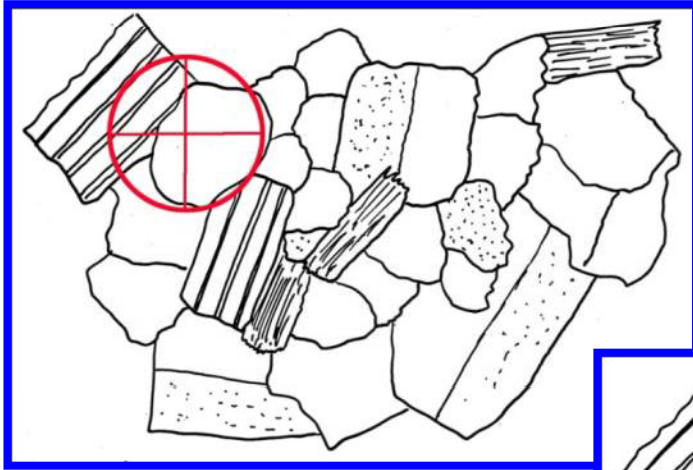
CUANTIFICACIÓN: Contaje de puntos

Método: Contador de puntos



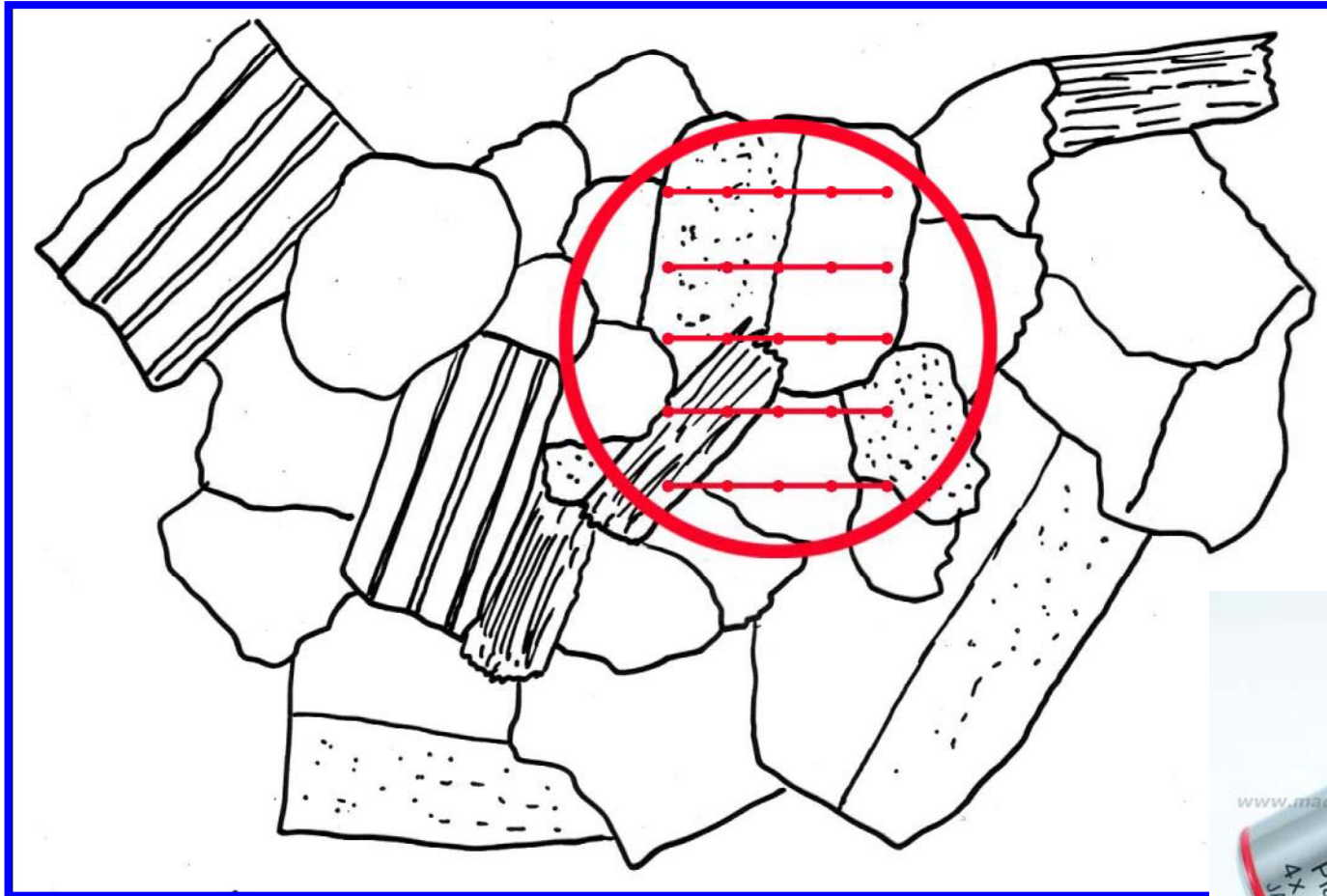
CUANTIFICACIÓN: Contaje de puntos

Método: Contador de puntos



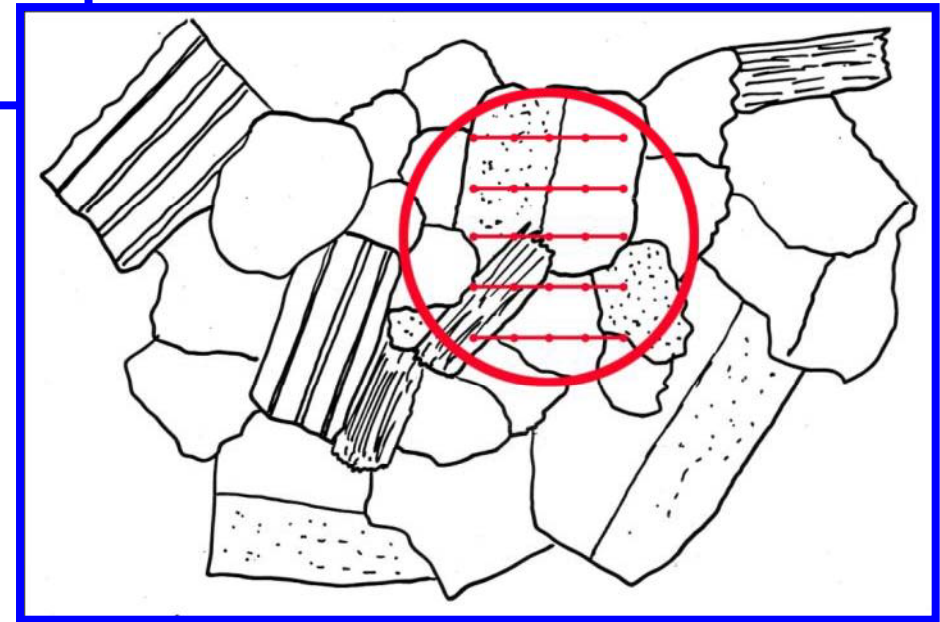
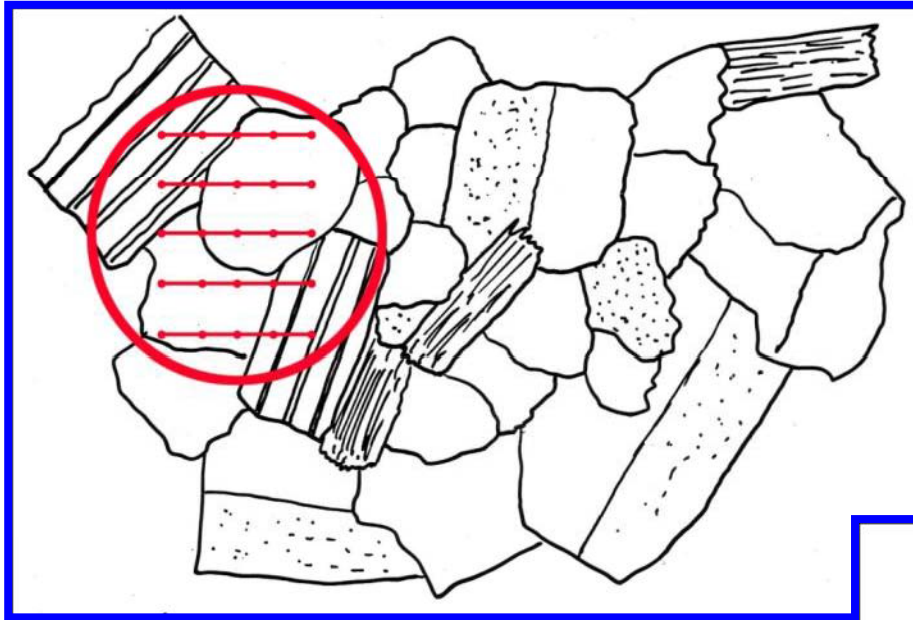
CUANTIFICACIÓN: Contaje de puntos

Método: Ocular integrador



CUANTIFICACIÓN: Contaje de puntos

Método: Ocular integrador



CUANTIFICACIÓN: Proceso digital de imágenes

- **Porcentaje en volumen de cada tipo de grano / vacío:**

$$V_v (\%) = (\sum \text{Pix}_{\text{grano}} / \sum \text{Pix}_{\text{total}}) \times 100$$

- **Superficie específica de granos / vacíos:**

- $S_v (\mu\text{m}^{-1}) = 4 \sum \text{Pix}_{\text{bordes}} / \pi \sum \text{Pix}_{\text{area}}$

- **Distribución de tamaños de granos / vacíos:**

- Diámetro medio de grano/poro (μm)
- Longitud/anchura de fisura (μm)

- **Factor de forma de los granos / poros**

- $FC = 4 \pi \sum \text{Pix}_{\text{area}} / \sum (\text{Pix}_{\text{borde}})^2$

- **Densidad lineal de fisuras**

- $DLC (\mu\text{m}^{-1}) = \text{N}^\circ \text{ de fisuras} / \text{Longitud}$

- **Orientación de los granos / fisuras**

