

# Fangos y Pelitas

## Sedimentos y Rocas clásticas de grano fino

- Formadas por más de un 50% de partículas tamaño fango (fango = limo+arcilla) o sea menores de 62  $\mu\text{m}$
- **Fangolita** es sinónimo de pelita
- En inglés = **mudrock, mudstone (mud) o shale** (aunque este último término puede aplicarse a pelitas con fisilidad, que en castellano se llaman **lutitas**)
- Forman un 50% del registro estratigráfico

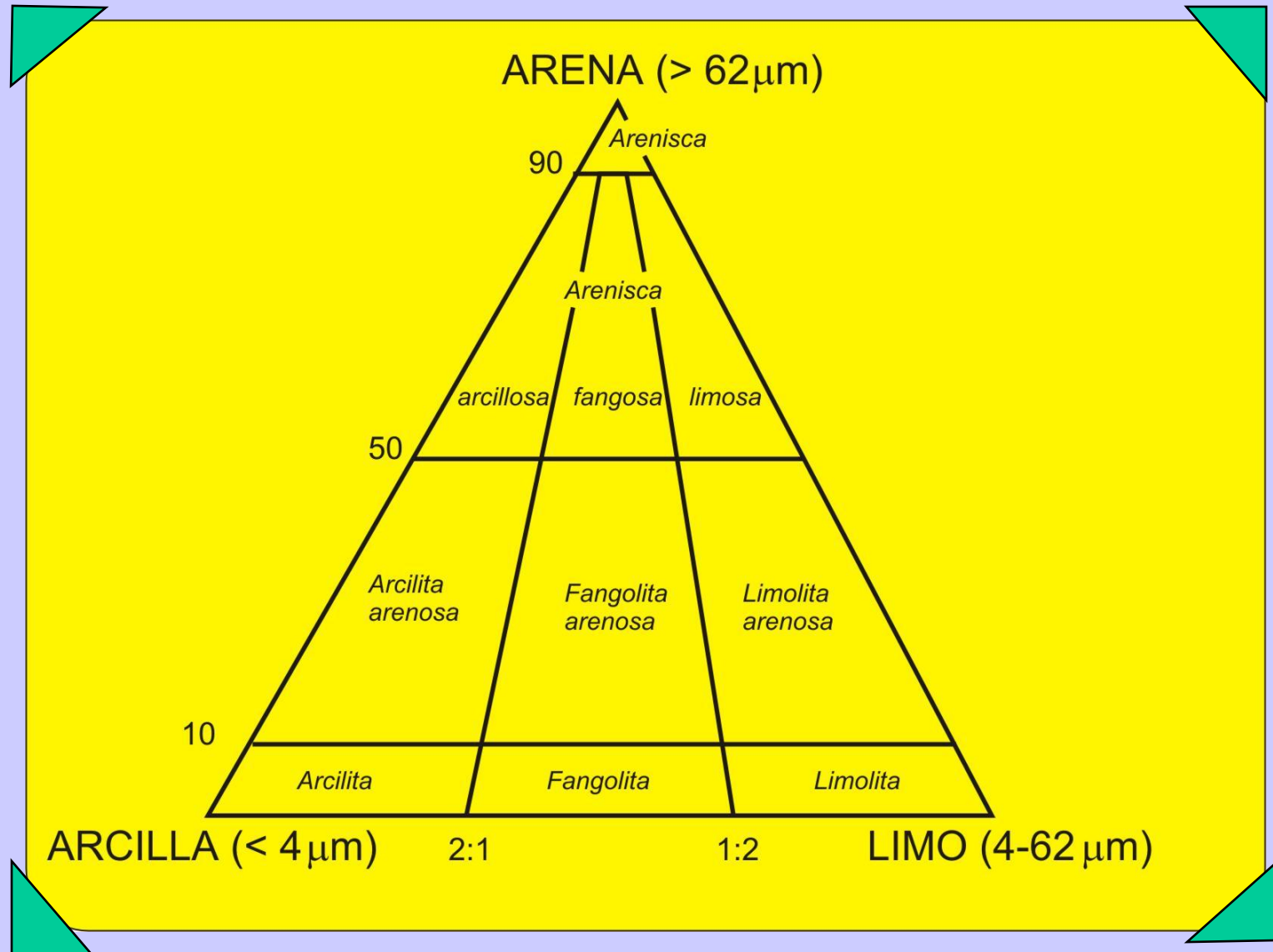
## **Composición promedio de los fangos actuales**

40% de arcilla

45% de limo

15% de arena

# Clasificación de Folk (para rocas)



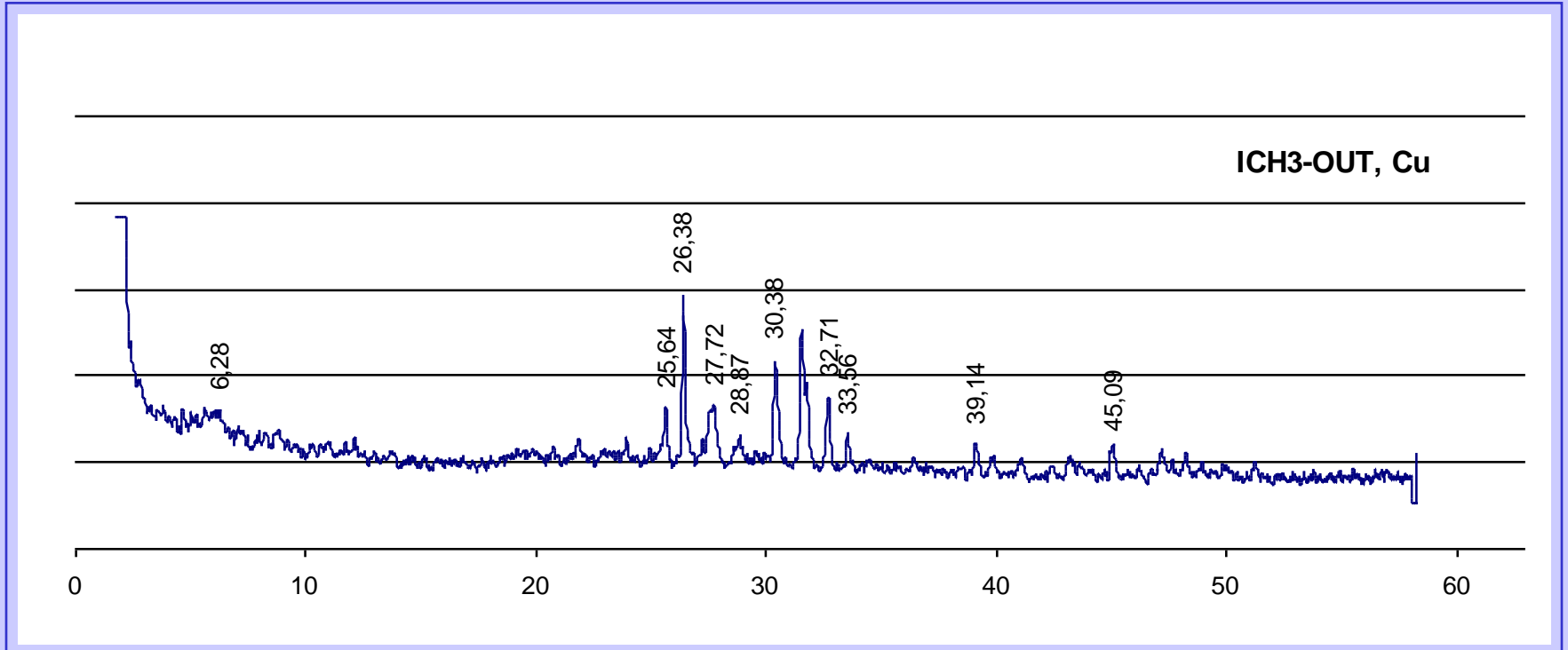
# Características Generales

- De menor dureza que las areniscas
  - De aspecto monótono o cubiertas
  - Escasas estructuras sedimentarias
- Su estudio es más difícil por el grano fino
  - Gran contenido de fluidos
- Incorporan M.O. en su estructura

# Técnicas de Estudio

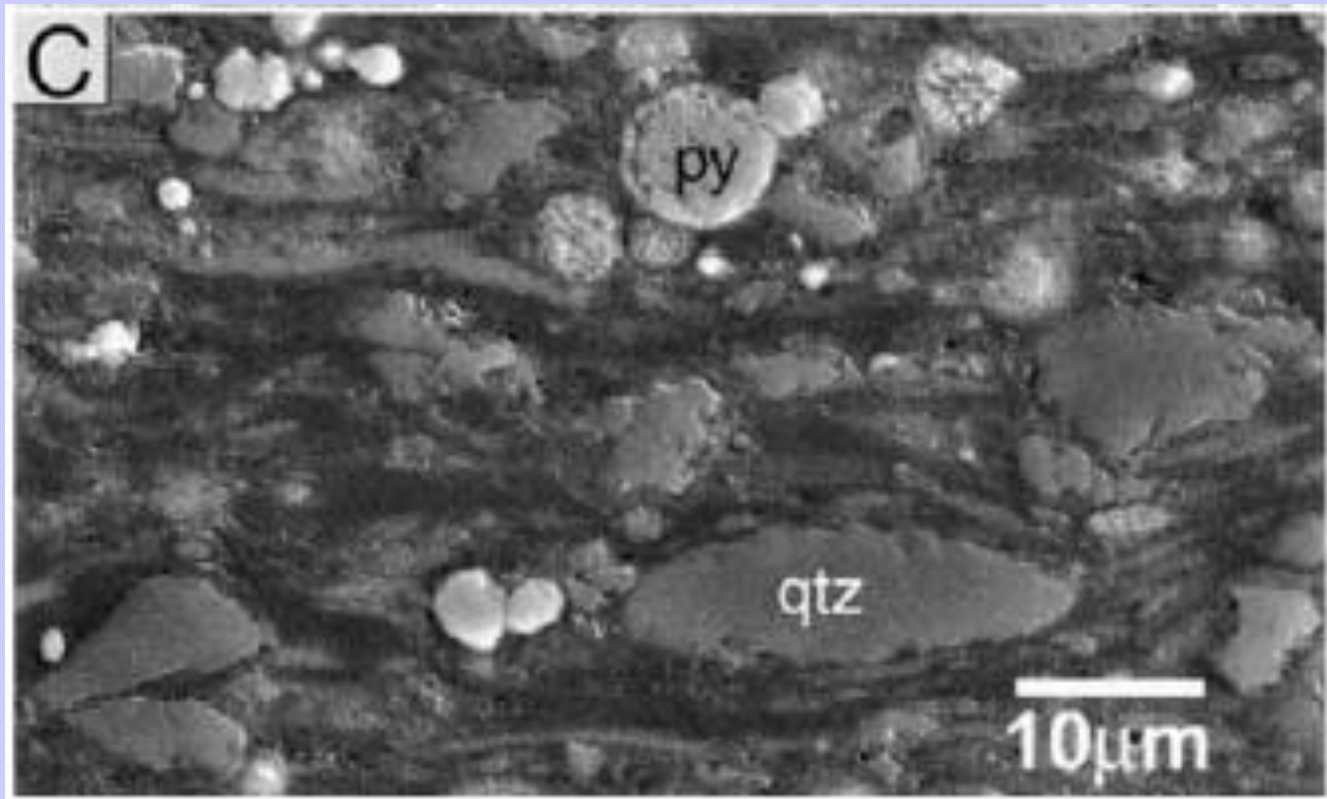
- El microscopio óptico resulta poco apropiado y hay que recurrir a otras técnicas como:
  - Difracción de rayos X
  - Microscopio Electrónico de Barrido
  - Análisis químicos
- El análisis de imágenes es una técnica reciente que ha probado tener mucho éxito para demostrar estructuras ocultas a simple vista.

# Difractograma, Difracción de Rayos X



Utiliza la difracción de los rayos X al atravesar la estructura cristalina de los minerales como medio para identificarlos  
Es una técnica clásica y ha sido muy trascendente para el estudio de los minerales de grano fino

Imagen de una pelita tomada mediante Microscopio  
Electrónico de Barrido







Secuencia muy bien  
estratificada de  
fangolitas y  
areniscas finas  
*Por la menor  
energía en el  
ambiente  
deposicional son  
“archivos” muy  
completos y reflejan  
pequeñas  
variaciones en los  
ambientes  
deposicionales*







**Fm. Roca (Coquinas y areniscas del Paleoceno)**

**Fm. Jagüel  
(Fangolitas)**

**Límite K-T en pelitas**



Por su menor resistencia a la meteorización y la erosión suelen estar cubiertas

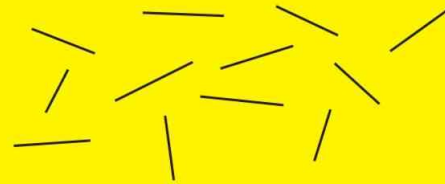


# Textura y Estructuras Sedimentarias de las Pelitas

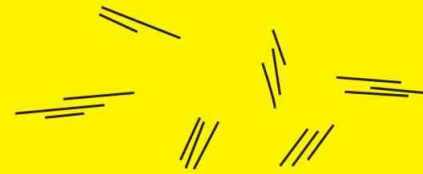
## Forma de los clastos

- Reproduce la forma y hábito de los cristales
- Son casi siempre angulosos
- Se orientan paralelamente al plano de estratificación y pueden desarrollar fisilidad

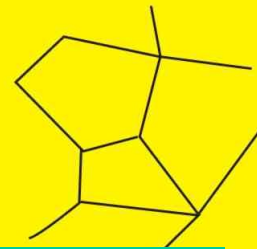
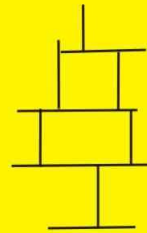
# Asociaciones de partículas en suspensiones de arcillas



Partículas Dispersas



Agregadas en dominios

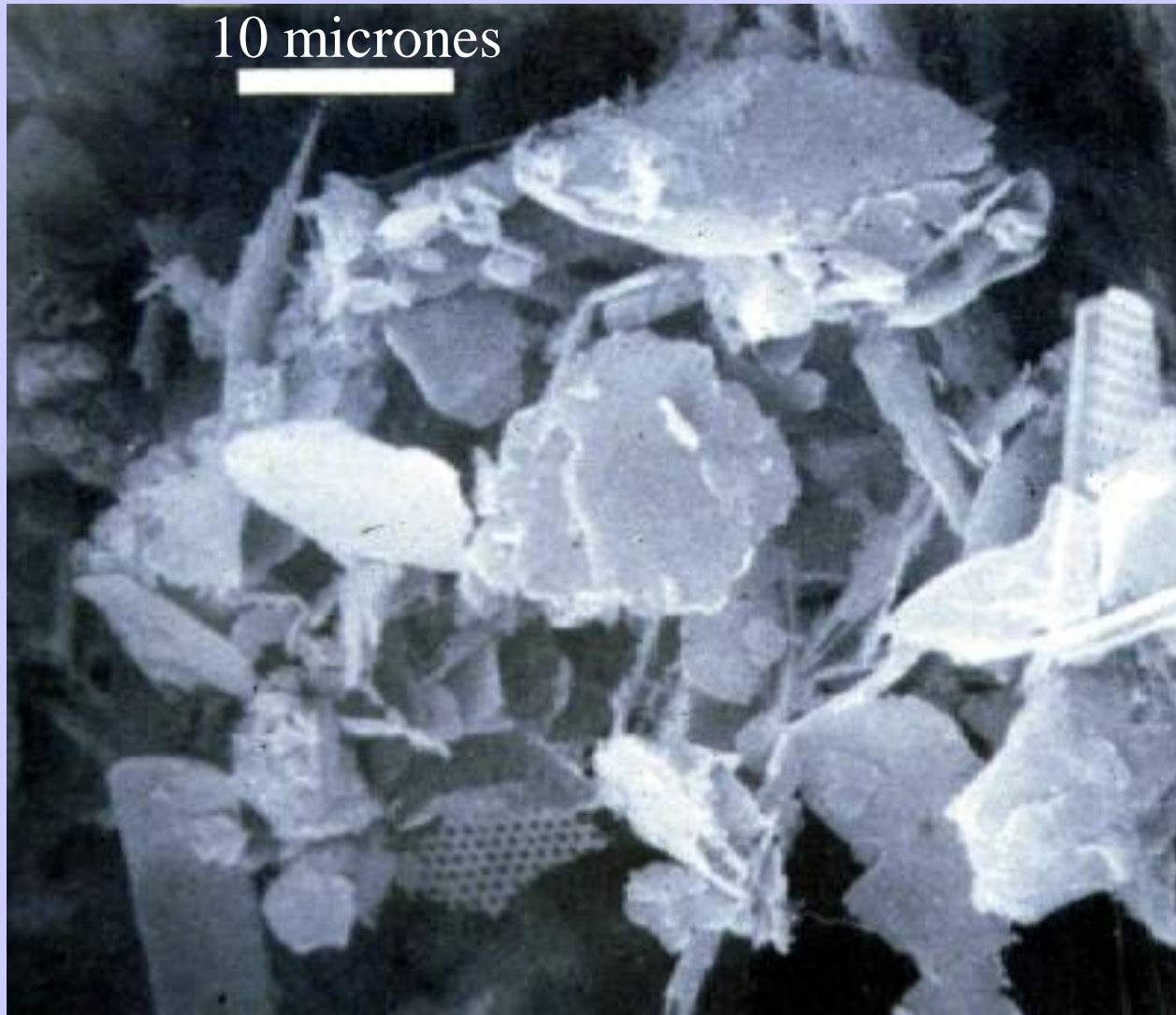


Dispersas floculadas



Dominios floculados

# Imagen de Microscopio Electrónico de Barrido de un flóculo tal como se deposita en el fondo del mar



Agregados físico-químicos, lo que aglutina a los componentes son las cargas residuales en las arcillas



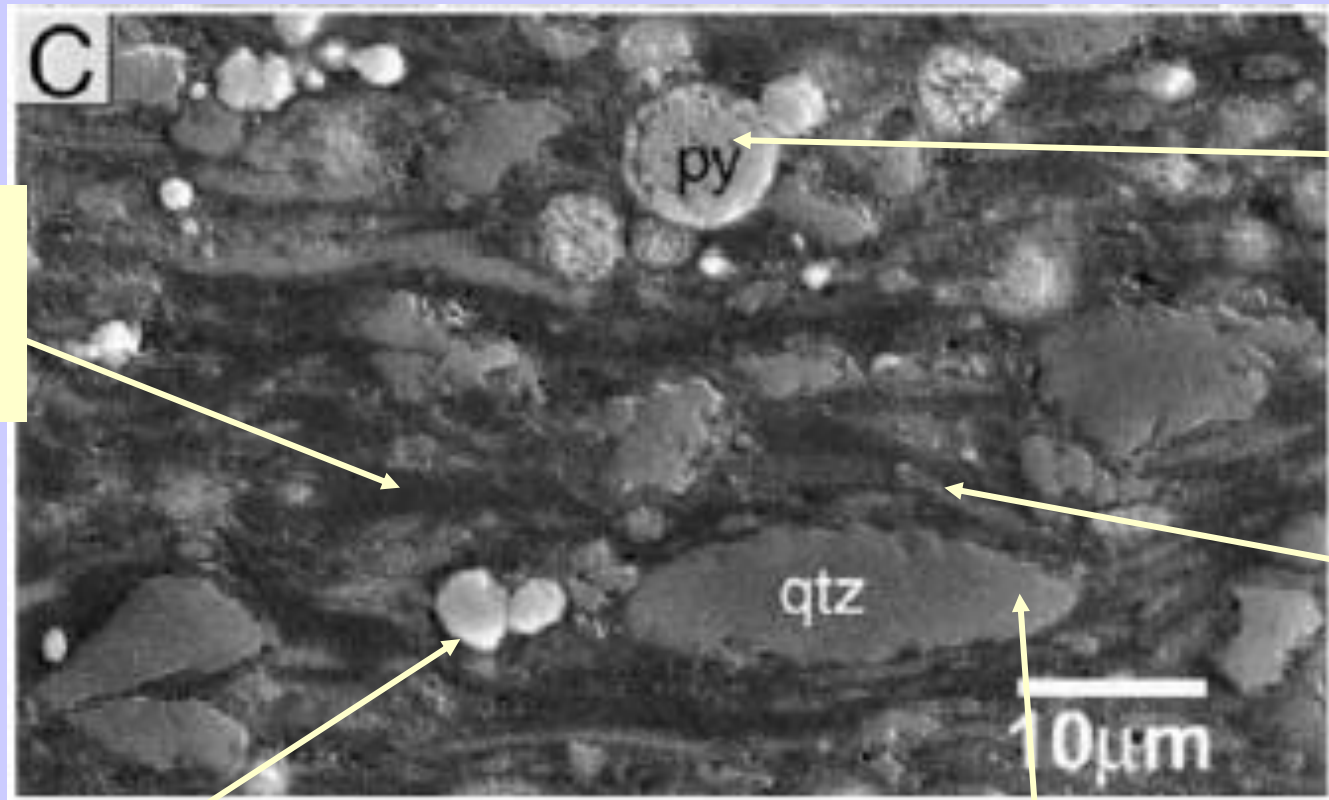


Agregados  
fecales, pasaron  
por el tracto  
digestivo de un  
organismo

---

30 micrones

Imagen de una pelita al Microscopio Electrónico de Barrido, electrones retrodifundidos, en corte pulido, no cubierto  
Hay componentes variados, algunos originales “clásticos”, otros diagenéticos



Materia  
orgánica  
(kerógeno)

Pirita

Arcillas

Opacos

Cuarzo



## Estructuras Sedimentarias más comunes

- Laminación horizontal
- Laminación heterolítica
- Masiva
- Concreciones en las pelitas

# Estructuras Sedimentarias

- Origen de la Laminación Horizontal
  - ✓ Variaciones estacionales
  - ✓ Variaciones en la productividad
  - ✓ Corrientes y Flujos gravitatorios (cizalla sobre los agregados)

# Varves Glaciares, laminación de origen climático





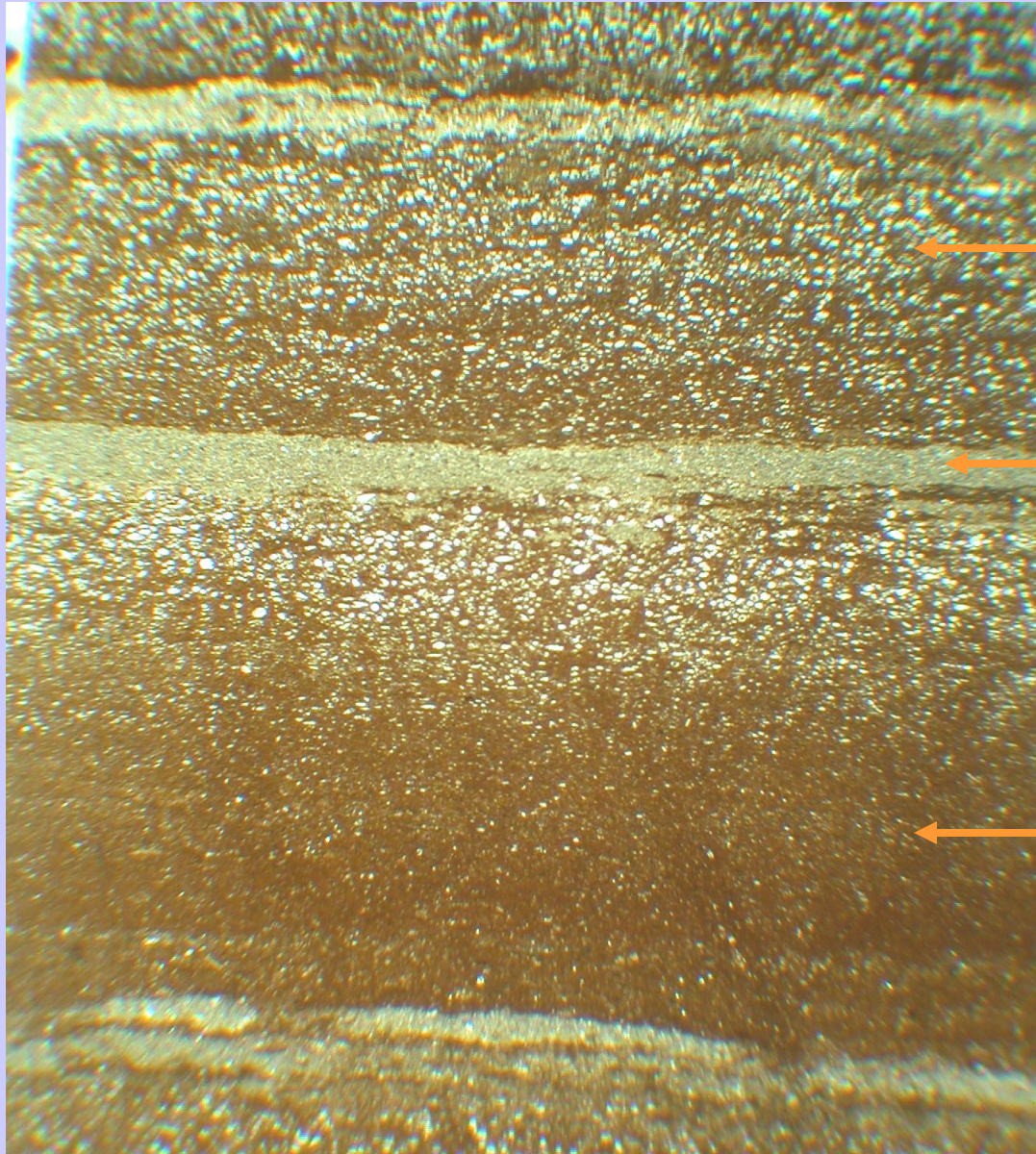


Imagen de un corte delgado. Laminación muy fina en fangolitas marinas de ambiente anóxico, Jurásico Superior, Antártida

┃ 0,2 mm



# Laminación en fangolitas



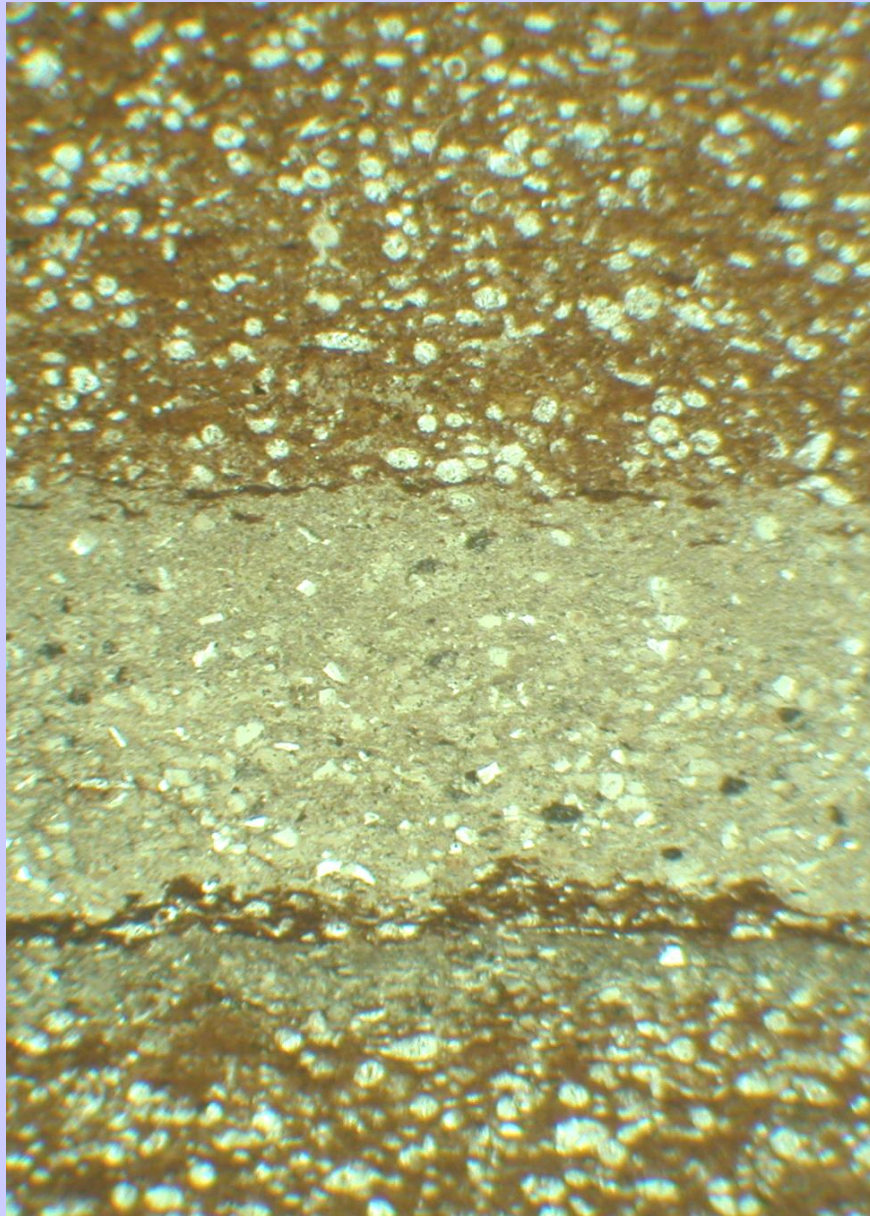
Mayor influjo biogénico

Evento (turbidita)

Mayor influjo clástico

0,2 mm





Pelitas con radiolarios

Turbidita (evento de  
flujo gavitatorio)

Pelitas con radiolarios

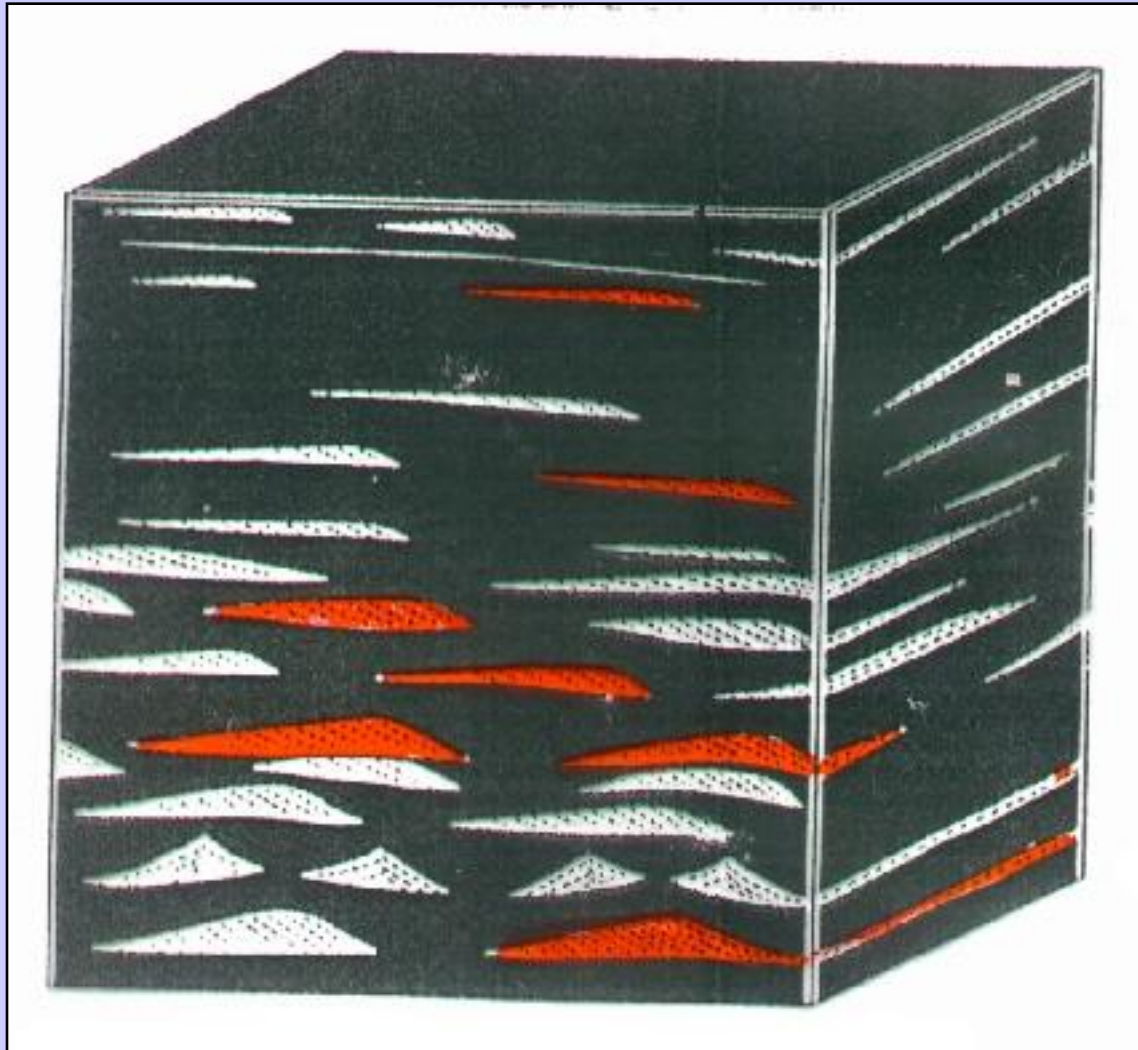
0,2 mm

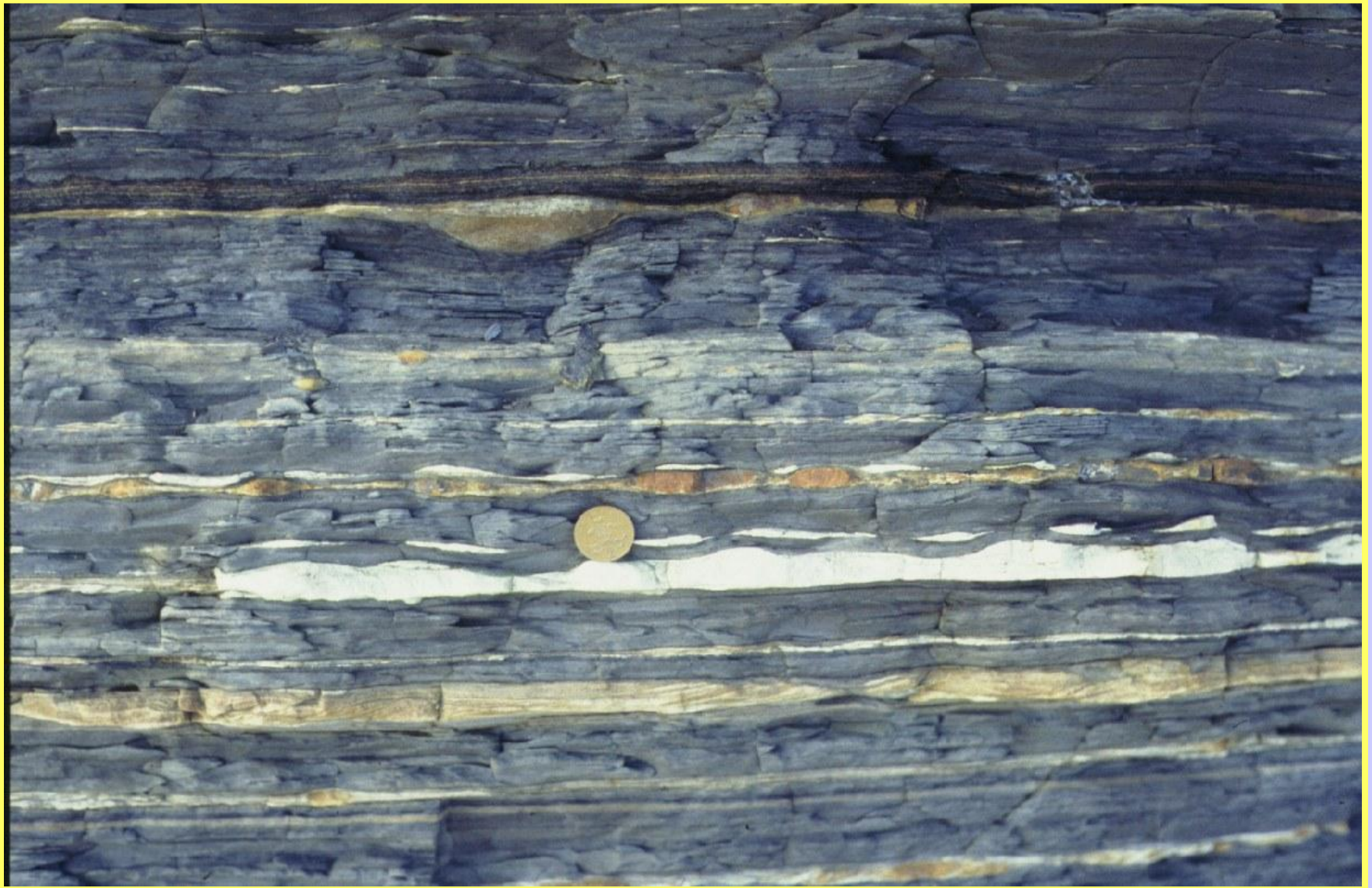
# Estructuras Sedimentarias

- Origen de la Laminación Heterolítica
  - ✓ Alternancia periódica de energía en el ambiente, por ejemplo de corrientes tractivas y decantación



Heterolítica con predominio de pelitas: Estratificación  
Lenticular, típica de un régimen mareal con gran cantidad de  
sedimento en suspensión





**Estratificación heterolítica (Ondulosa - Lenticular)**

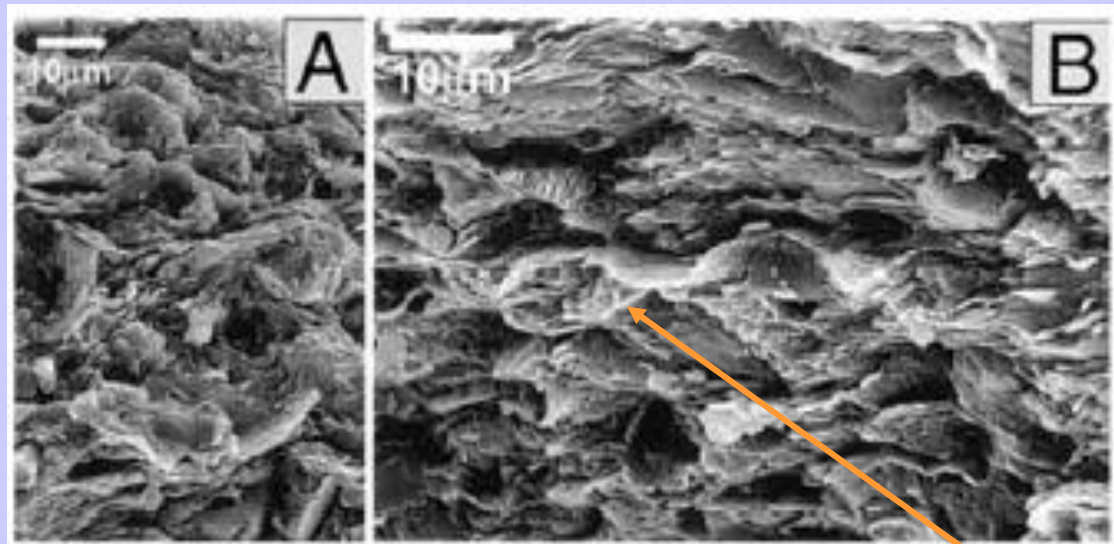
# Estructuras Sedimentarias

- Origen de la estructura masiva (o maciza)
  - ✓ Aporte ininterrumpido y homogéneo
  - ✓ Bioturbación
  - ✓ Deformación sindeposicional/postdeposicional



Imagen de una pelita al Microscopio Electrónico de Barrido,  
sobre un plano de fractura natural, perpendicular a la  
estratificación

Fangolita  
Bioturbada  
(se pierde la  
laminación)



Fangolita  
laminada

Arcillas

# Estructuras Sedimentarias

- Concreciones en las pelitas
  - ✓ Porqué se forman concreciones en pelitas (rol de la porosidad y de los fluidos)
  - ✓ Utilidad de las concreciones para comprender la físico-química de la diagénesis.

# Composición mineralógica % promedio de las pelitas

	%	Rango
Cuarzo	28,9	16,4 - 51
Feldespatos	10,7	Trazas - 30
Minerales de arcilla	50,8	25,0 - 63,9
Oxidos de hierro	1,4	Trazas - 5,6
Carbonatos	5,4	Trazas - 13,5
Otros minerales	2,3	Trazas - 11,4
Materia Orgánica	0,2	Trazas - 1

	%	Rango
Caolinita	14,4	trazas - 65,4
Esmectita	10,7	trazas a 40,8
Illita	34,2	20,0 - 62,0
Clorita	8,2	trazas a 22
Interestrat. de illita-esm.	13,0	trazas a 74
Caolinita/clorita	17,0	trazas a 61
Otros Interestrat.	2,3	trazas a 13,5

## Indice de Alteración química (CIA)

$$CIA = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO_{sl} + Na_2O + K_2O}$$

# Componentes minerales de las Pelitas

COMPONENTES	OBSERVACIONES
Silicatos	
Cuarzo	En promedio forma entre un 20 y un 30% de las pelitas; origen principalmente detrítico y biogénico (a partir de ópalo A y CT), domina en la fracción limo
Feldespatos	Menos abundante que el cuarzo. Más plagioclasa que feldespato potásico.
Ceolitas	Frecuentes en secuencias volcánoclasticas por alteración de vidrio volcánico. Phillipsita y clinoptilolita son comunes en sedimentos marinos actuales.
Minerales de Arcilla	
Caolinita	Se forma en condiciones de intensa lixiviación. En cuencas marinas se deposita cerca de la costa.
Esmectita-illita-muscovita	La esmectita es expandible y se forma comúnmente en suelos o por alteración del vidrio volcánico. Durante el soterramiento se transforma en illita que es el mineral de arcilla más abundante. La muscovita es mayormente detrítica pero se puede formar por transformación de la illita en la mesogénesis.
Facies verdes	Glauconita y otros minerales de ambiente marino
Cloritas	Es el segundo grupo de minerales en abundancia. Puede ser producto de transformación de otros minerales de arcilla durante la diagénesis.
Sepiolita y palygorskita	Son arcillas ricas en magnesio que se forman en condiciones especiales de las aguas porales, por ejemplo salmueras o lagos salinos.

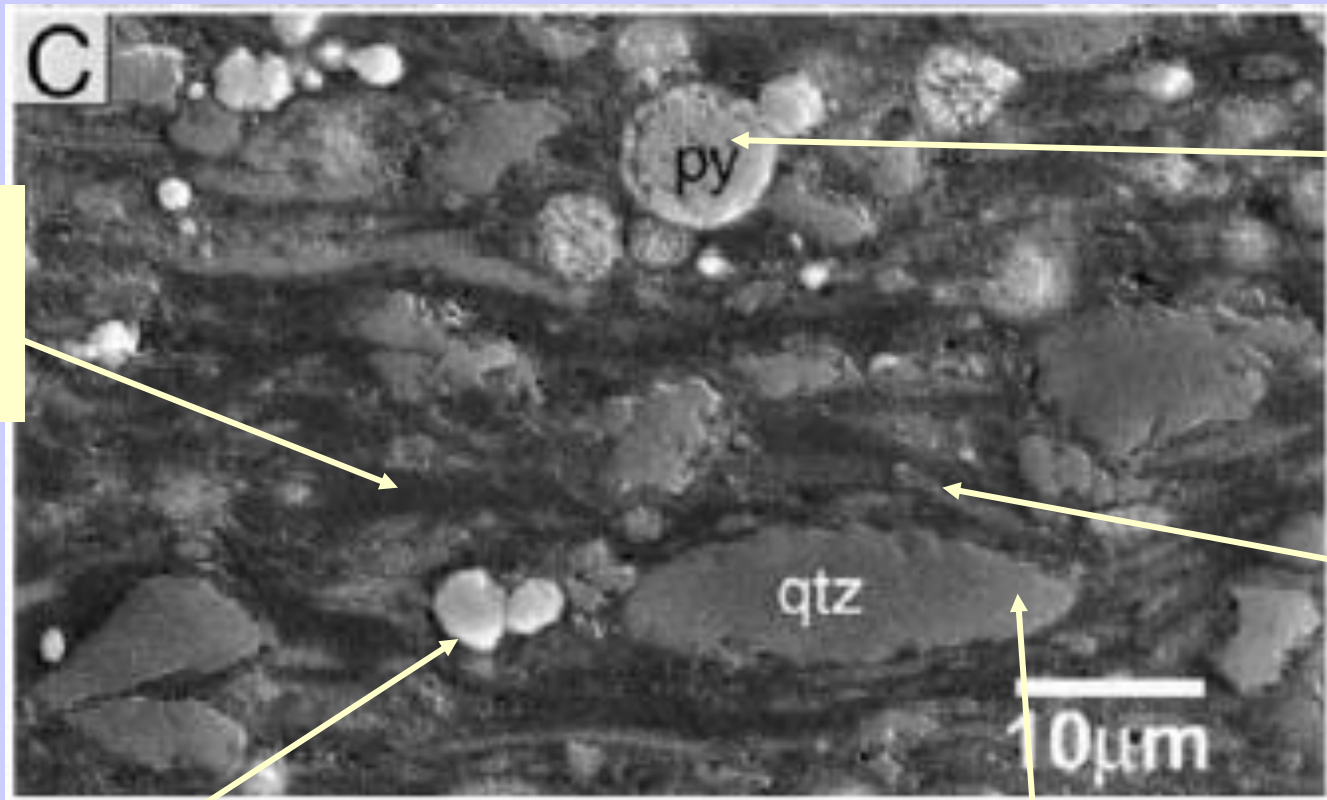


# Componentes minerales de las Pelitas (cont.)

Oxidos e hidróxidos		
Oxidos de hierro	La hematita es el más común en pelitas, aunque la goethita y la limonita pueden ser más abundantes en los fangos actuales. Durante la diagénesis se transforman en hematita (ambiente más oxidante) o en pirita (ambientes anóxicos).	
Gibbsita	Se forma por meteorización muy intensa en ambientes tropicales	
Carbonatos		
Calcita	Común en pelitas marinas. Origen principalmente biogénico. Importante como cemento y en concreciones	
Dolomita	Como cemento en algunas pelitas	
Siderita y anquerita	Como concreciones en la mayoría de los casos.	
Minerales de Azufre		
Sulfuros	Principalmente como pirita y marcasita, más frecuentes en ambiente marino e indicadores de condiciones reductoras.	
Sulfatos	Yeso anhidrita y baritina, pueden indicar condiciones hipersalinas durante la sedimentación de las pelitas.	
Otros constituyentes		
Apatito y Francolita	Se forman en condiciones marinas de alta productividad orgánica y baja tasa de sedimentación. En general como nódulos.	
Vidrio volcánico	Común en pelitas cercanas a áreas de actividad volcánica. Se transforman en esmectita o ceolitas durante la diagénesis	
Minerales pesados	Presentes en baja cantidad.	
Sustancias orgánicas		
Partículas estructuradas	Palinomorfos y fragmentos carbonosos.	
Kerógeno	En poca cantidad en casi todas las pelitas salvo los bancos rojos.	



La “roca” pelita incluye elementos originales y elementos diagenéticos



Materia  
orgánica  
(kerógeno)

Pirita

Arcillas

Opacos

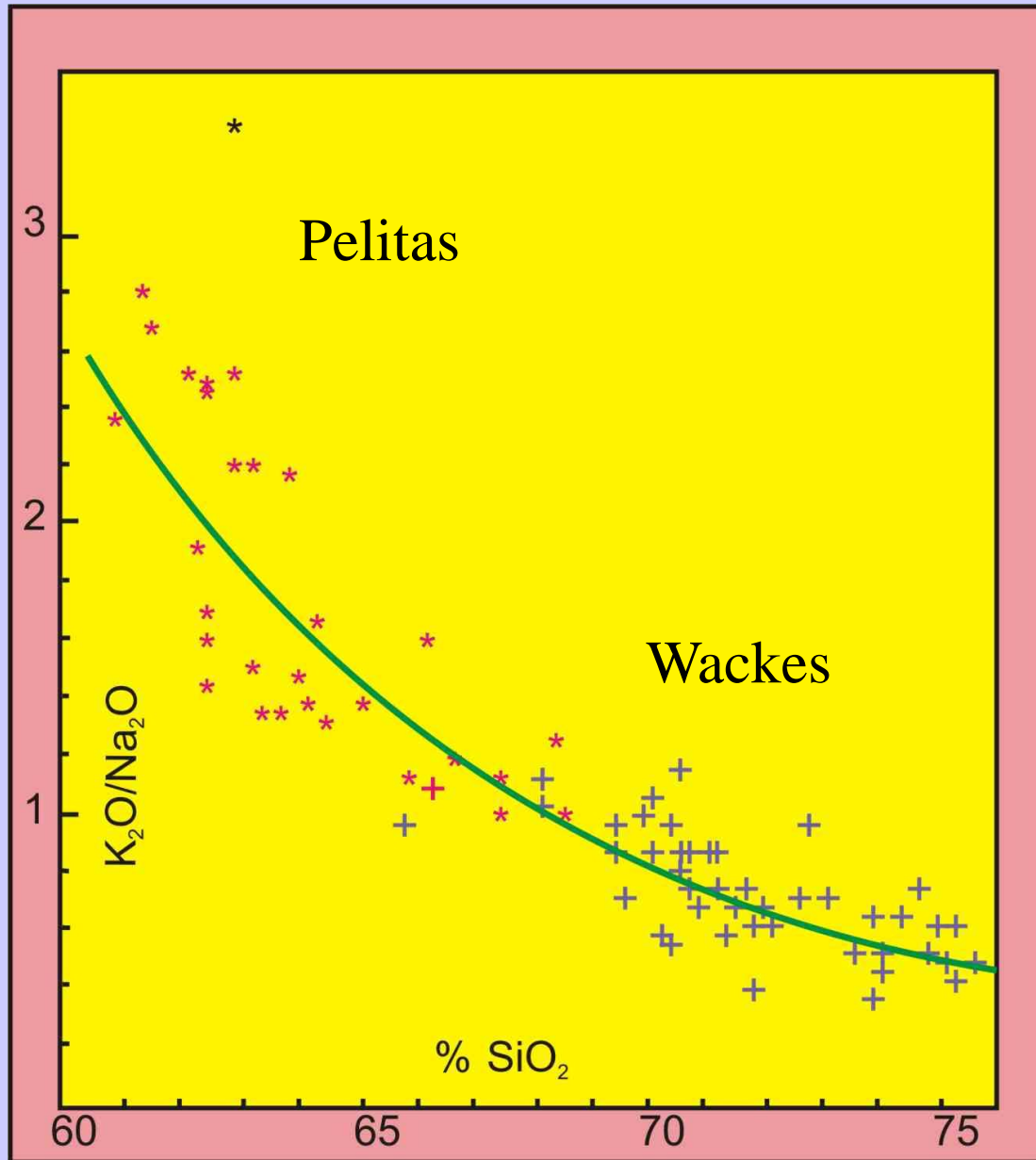
Cuarzo

## Composición química de las pelitas

	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	64,80	59,75	67,78	64,12	63,31	55,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,90	17,79	16,59	17,70	17,22	13,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				2,70	0,82	4,00
FeO	5,66	5,59	4,11	4,05	5,45	1,70
MgO	2,86	4,02	3,38	2,65	3,00	2,70
CaO	3,63	6,10	3,91	1,88	3,52	6,00
Na <sub>2</sub> O	1,14	0,72	0,98	1,91	1,48	1,80
K <sub>2</sub> O	3,97	4,82	2,44	3,60	3,64	2,70
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,98	0,70	0,86	0,81	0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,12	0,10		0,10	0,20
MnO	0,06				0,06	
PPC	-----	-----	-----	-----	-----	11,70
Total	99,85	99,89	99,99	99,47	99,41	100,50

Valores promedio y promedio general (5)

# Composición de pelitas y wackes en una secuencia de Flysch



# El color en las Pelitas

## Colorantes

- Óxidos de hierro (rojo, púrpura-amarillo-verde)
- Materia orgánica (negro, gris)
- Agua e hidratación (grises)
- Pirita (negro)
- Clorita y Glauconita (verde a castaño ox.)

## Significado del color



Fangolitas Negras, Formación Cacheuta, Triásico de Mendoza  
(lago anóxico que luego se torna oxidante)



Pelitas verdes de ambiente marino normal y rojas continentales del Cretácico superior y Neógeno de Neuquén





# Pelitas castañas y rojas del Cretácico superior de Chubut (pasaje de un ambiente marino a uno continental)





# Pelitas castañas y amarillentas de ambiente transicional-deltaico





Pelitas rojas, ambiente lacustre clástico efímero.  
Neógeno, La Rioja



# **Análisis de las arcillas dentro de las pelitas**

- Estructura de las arcillas
- Origen de las arcillas en los suelos
- Madurez mineralógica de arcillas y pelitas
- Transporte y sedimentación de materiales clásticos finos en los océanos



## **Minerales de arcillas**

Forman la mayor parte de la fracción granulométrica arcilla  
(menos de 4 micrones)

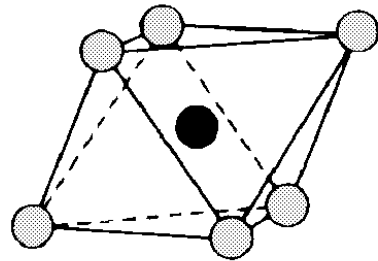
### **Estructuras:**

A) Láminas formadas por Tetraedros (T) donde 1 átomo central de Si se coordina con 4 de oxígeno

B) Láminas formadas con cationes (Al, Mg, Fe) en coordinación octaédrica (O) con iones oxígeno y oxidrilos

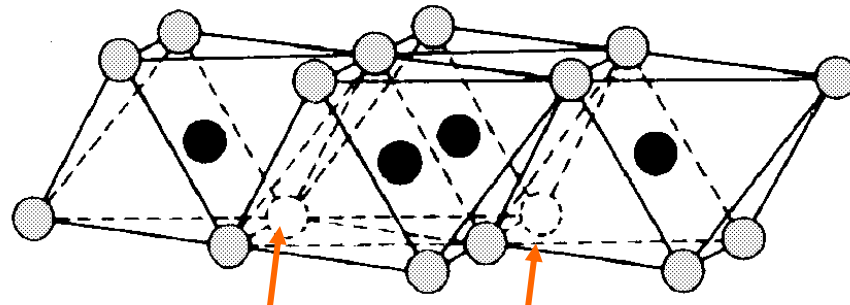
Las láminas T y O pueden unirse para formar arcillas en relación 1:1 (TO) y 2:1 (TOT)

# Estructura de los minerales de arcilla



(a)

● y ○ = oxhidrilos

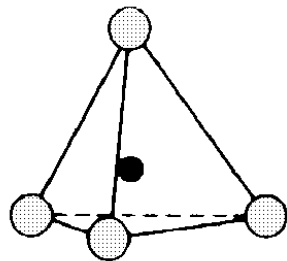


(b)

● = aluminios, magnesios, etc.

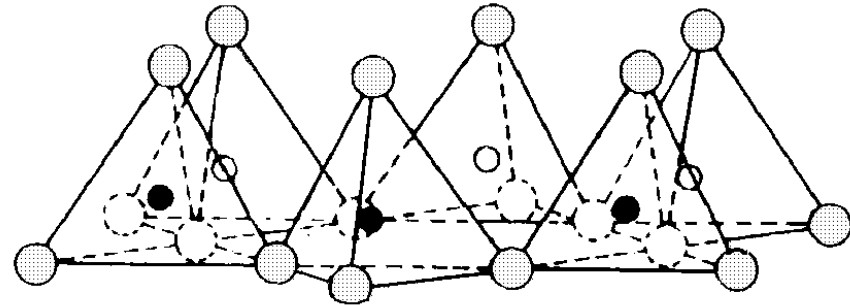
Capa O

->  $2\text{Al}(\text{OH})_3$   
Gibbsita



(c)

● y ○ = oxígenos



(d)

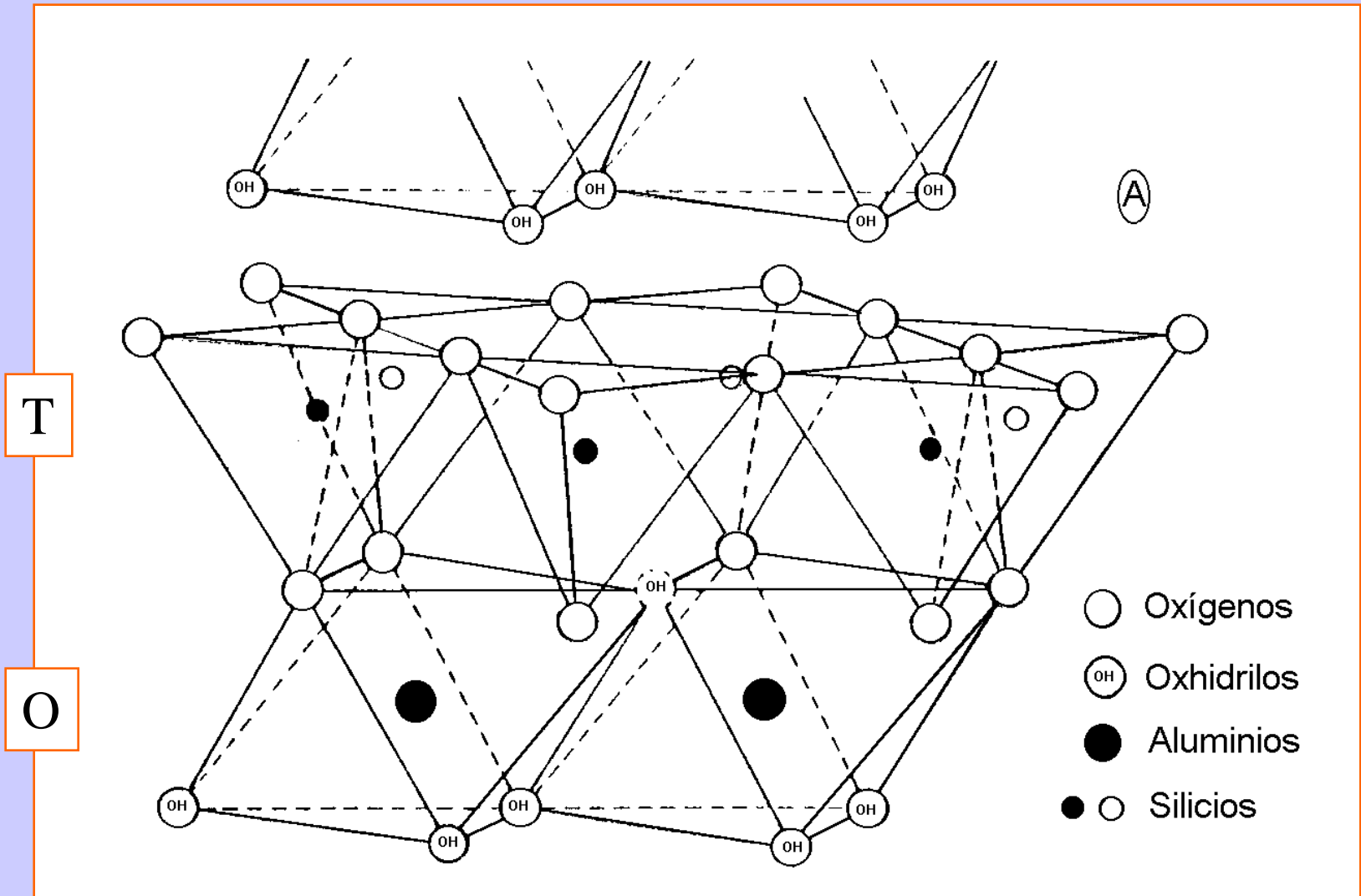
○ y ● = silicios

Capa T

# Principales grupos de arcillas

- 1) Grupo de la Caolinita: estructura TO y carga de capa nula
- 2) Grupo del talco: estructura TOT con carga de capa nula
- 3) Grupo de las esmectitas: Con carga de capa débil ( $<0,6$ ) y estructura TOT. Los iones intercapas son Na, K, Ca, agua
- 4) Grupo de las vermiculitas: estructura TOT con carga de capa  $> 0,6$
- 5) Grupo de las micas: estructura TOT con carga de capa = 1 (muscovita, glauconita, illita y sericita)
- 6) Grupo de las cloritas: estructura TOT con lámina intercapa ocupada por una lámina octaédrica (TOTO) con Mg y Fe

# Caolinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$





# Origen de los minerales de arcilla por meteorización)

ORTOSA	FASE MINERAL	EN SOLUCION
$2,3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{K} + 8,4\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow \text{K}_{0.3}\text{Al}_2(\text{Si}_{3.7}\text{Al}_{0.3})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ Beidellita de Al	$+ 3,2\text{Si}(\text{OH})_4 + 2(\text{K},\text{OH})$
$2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{K} + 11\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ Caolinita	$+ 4\text{Si}(\text{OH})_4 + 2(\text{K},\text{OH})$
$2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{K} + 16\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3$ Gibbsita	$+ 6\text{Si}(\text{OH})_4 + 2(\text{K},\text{OH})$

HIDROLISIS	BI-SIALITIZACION	MONO-SIALITIZACION	ALI-TIZACION
Nº de láminas tetraédricas	2	1	0
Remoción de Sílice	Incompleta	Incompleta	Completa
Remoción de Bases	Incompleta	Completa	Completa
Principales minerales sec.	Arcillas 2:1	Arcillas 1:1	Hidróx. de Al.
Ejemplo	Beidelita	Caolinita	Gibbsita
Cationes intercapa	Na,K,Ca	-	-

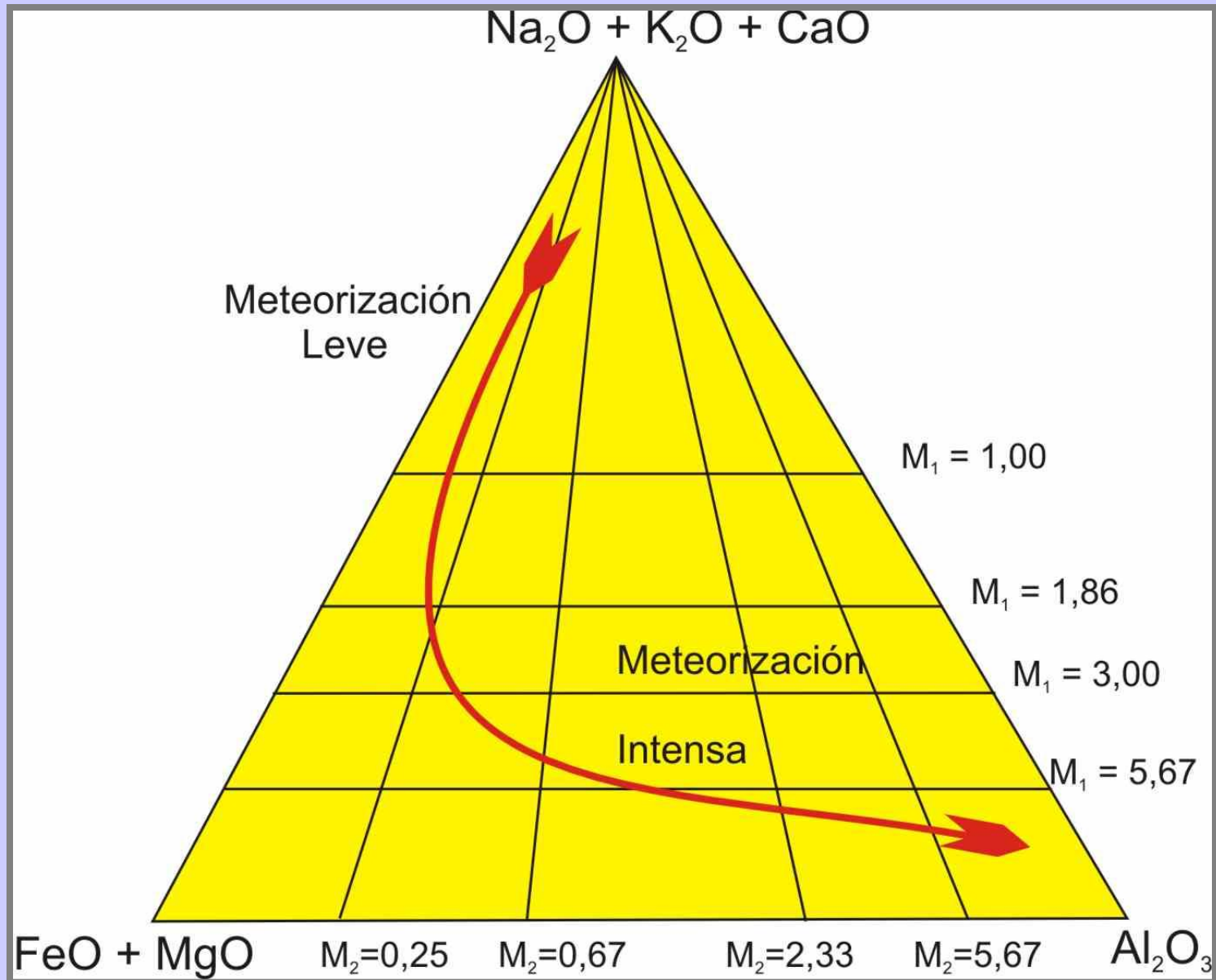
## Composición química de las pelitas

	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	64,80	59,75	67,78	64,12	63,31	55,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,90	17,79	16,59	17,70	17,22	13,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				2,70	0,82	4,00
FeO	5,66	5,59	4,11	4,05	5,45	1,70
MgO	2,86	4,02	3,38	2,65	3,00	2,70
CaO	3,63	6,10	3,91	1,88	3,52	6,00
Na <sub>2</sub> O	1,14	0,72	0,98	1,91	1,48	1,80
K <sub>2</sub> O	3,97	4,82	2,44	3,60	3,64	2,70
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,98	0,70	0,86	0,81	0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,12	0,10		0,10	0,20
MnO	0,06				0,06	
PPC	-----	-----	-----	-----	-----	11,70
Total	99,85	99,89	99,99	99,47	99,41	100,50

Valores promedio y promedio general (5)

# Madurez química en las pelitas

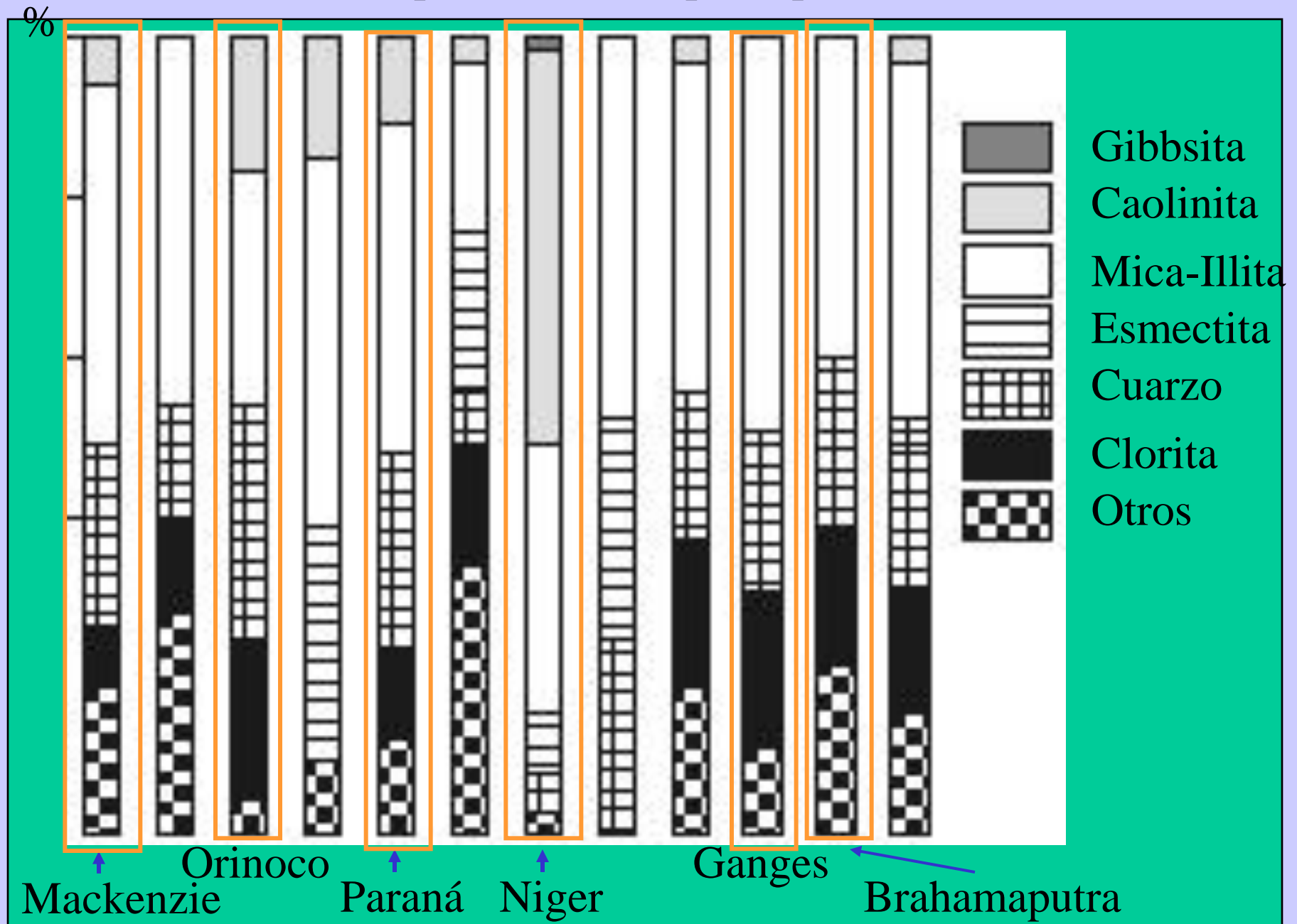
(se relaciona con la composición original de los fangos)



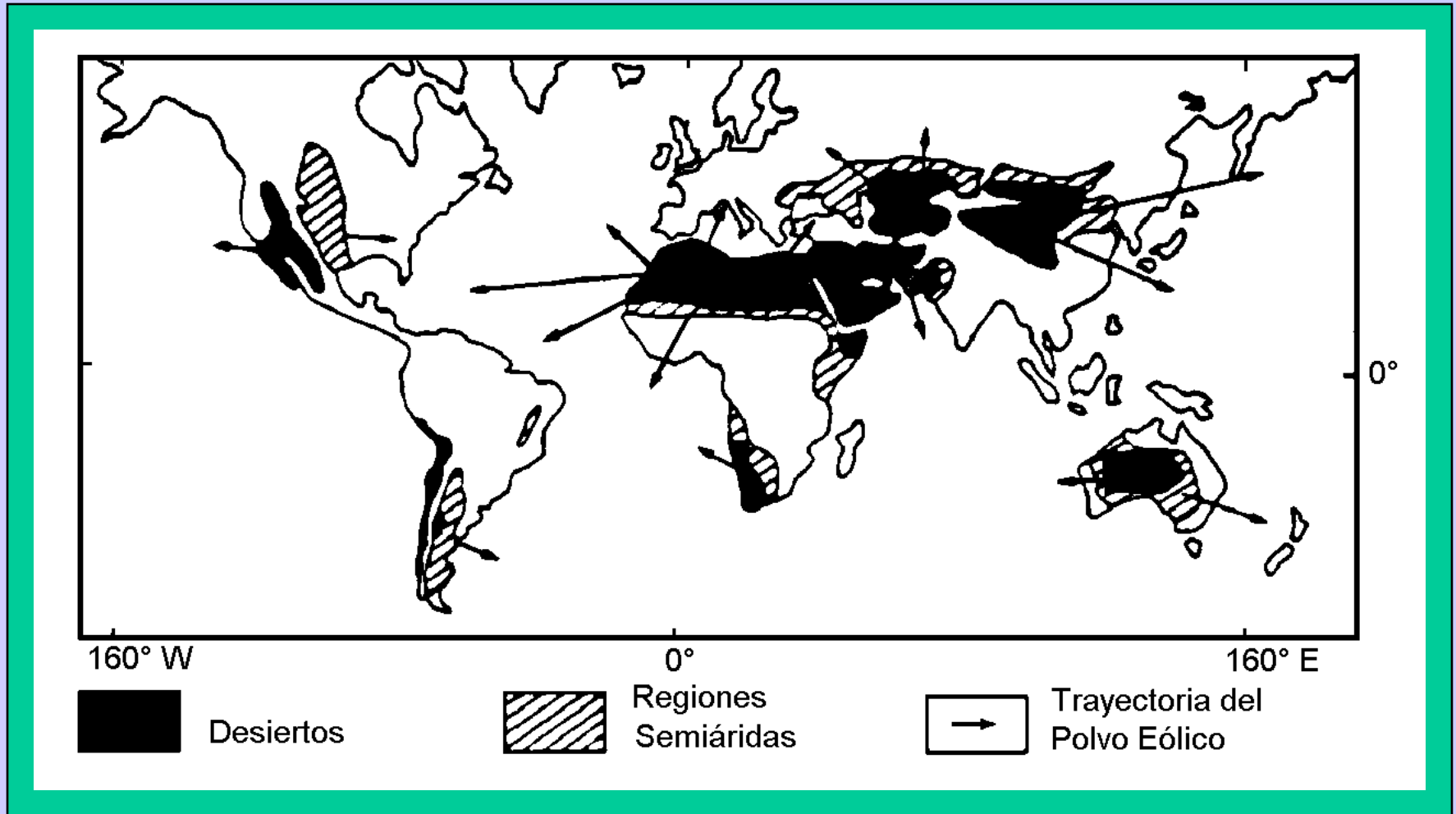
# Transporte y Sedimentación de materiales clásticos finos a los océanos



# Arcillas en suspensión en los principales ríos de la Tierra



# Aporte eólico de material fino a los océanos

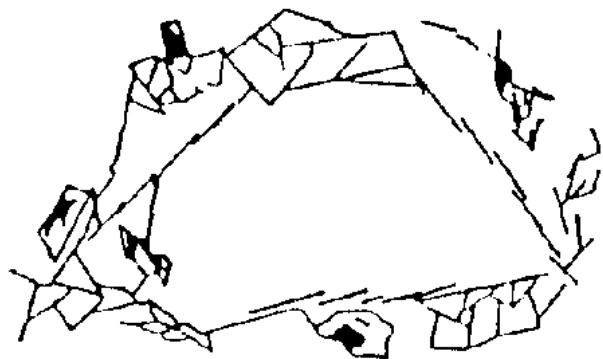


# **Efectos de la Diagénesis en Fangolitas**

- **Compactación (Eogénesis)**
- **Reorganización físico-química (Mesogénesis)**
- **Cambios mineralógicos (ej. esmectita-illita)**

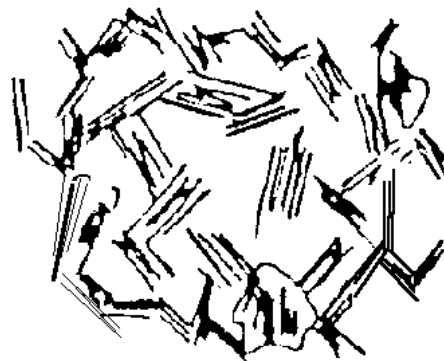
PLACAS Y FLÓCULOS  
SIMPLES

Cociente  
poros/sólidos  
↓



MUY  
ALTO  
( $>3$ )

Cociente  
poros/sólidos  
↓



MEDIANO  
A ALTO  
(1,5 - 2,5)



< de 1 m

ALTO  
( $>2,5$ )



BAJO  
( $<1,5$ )



MUY  
BAJO  
( $<1,2$ )

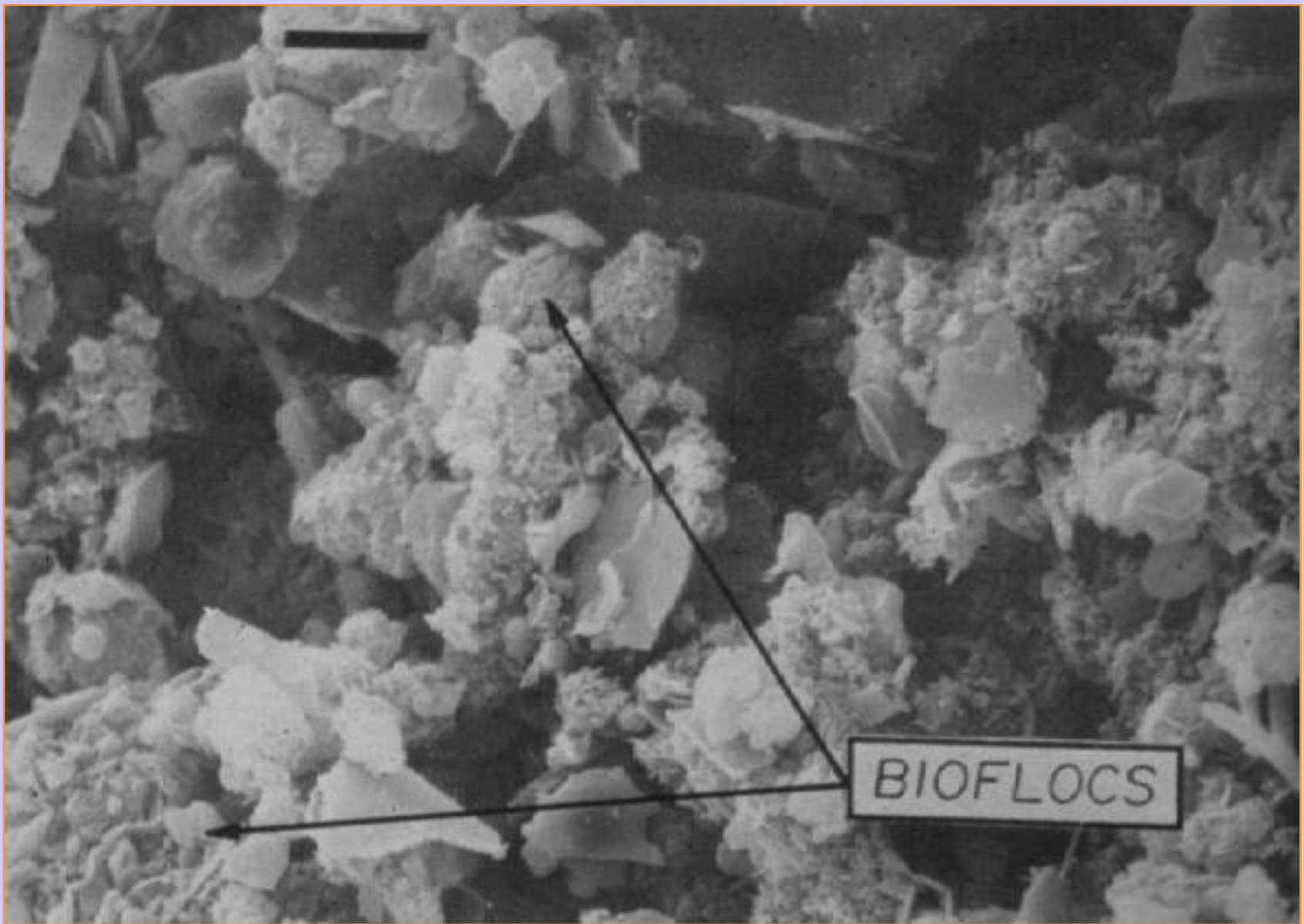
DOMINIOS AGRUPADOS EN FLOCULOS

100 m

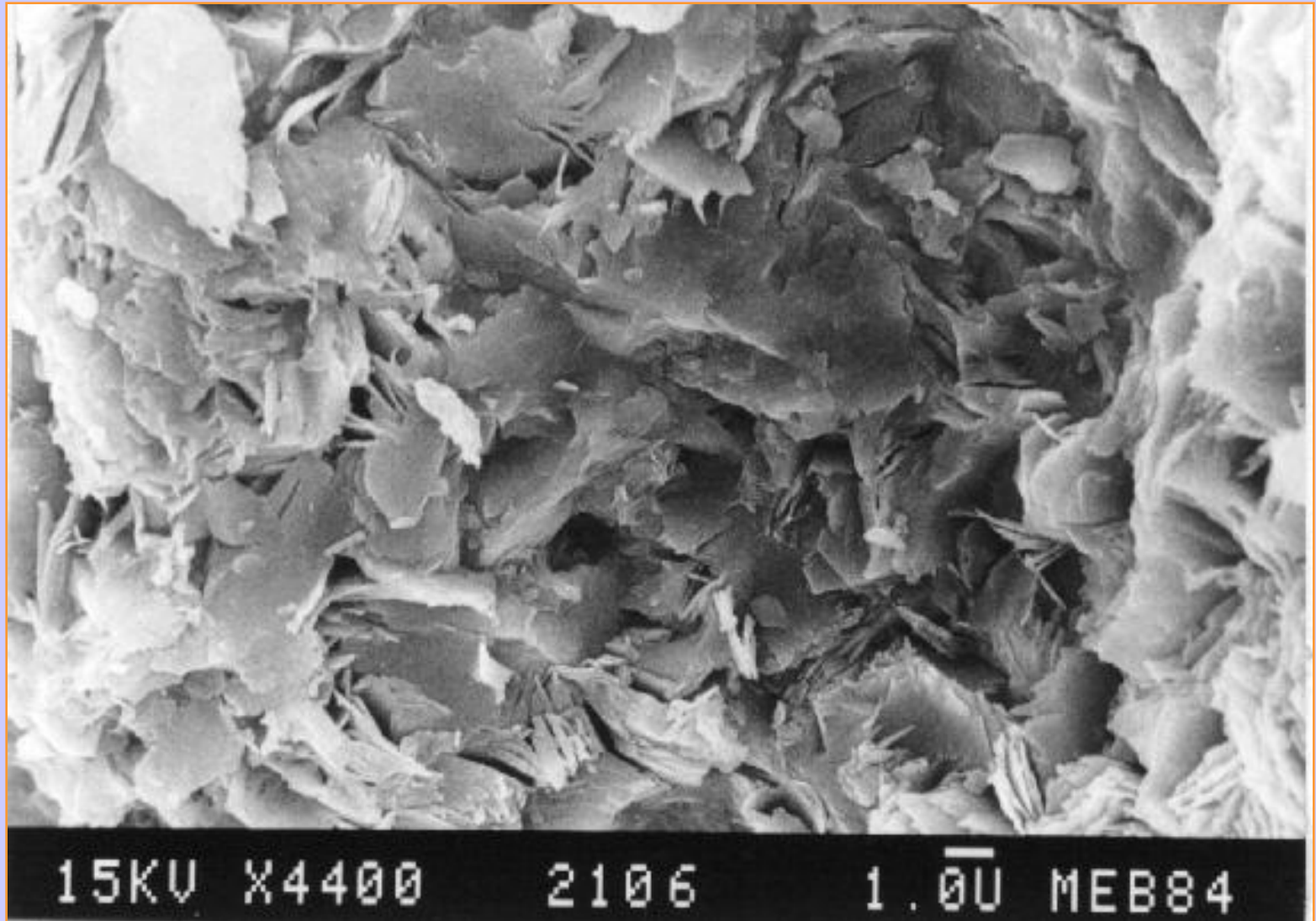




Agregados  
Fecales tal  
como  
decantan  
en un  
ambiente  
marino (sin  
compactación)

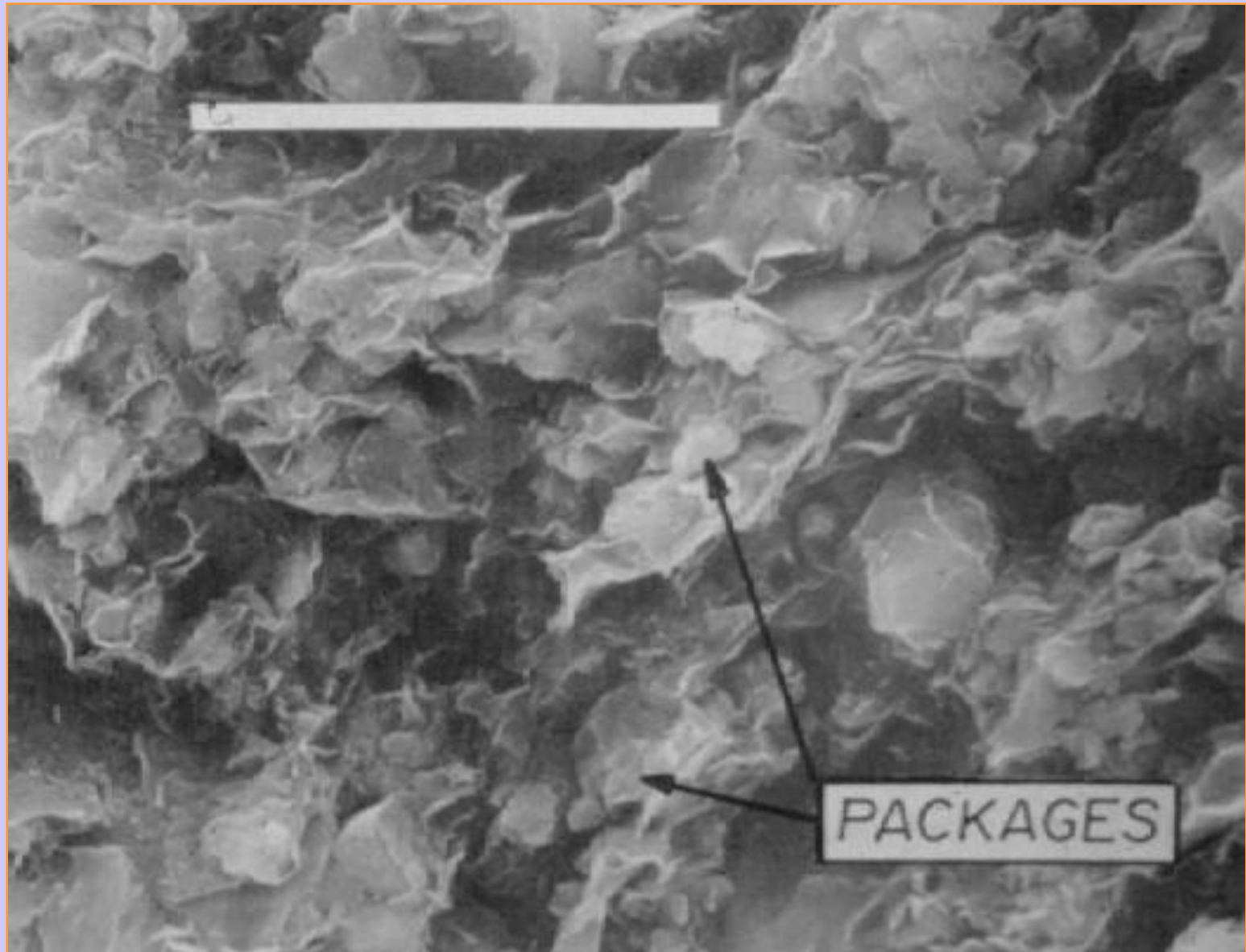


Agregados Fecales poco tiempo después de la acumulación  
(sin compactación)

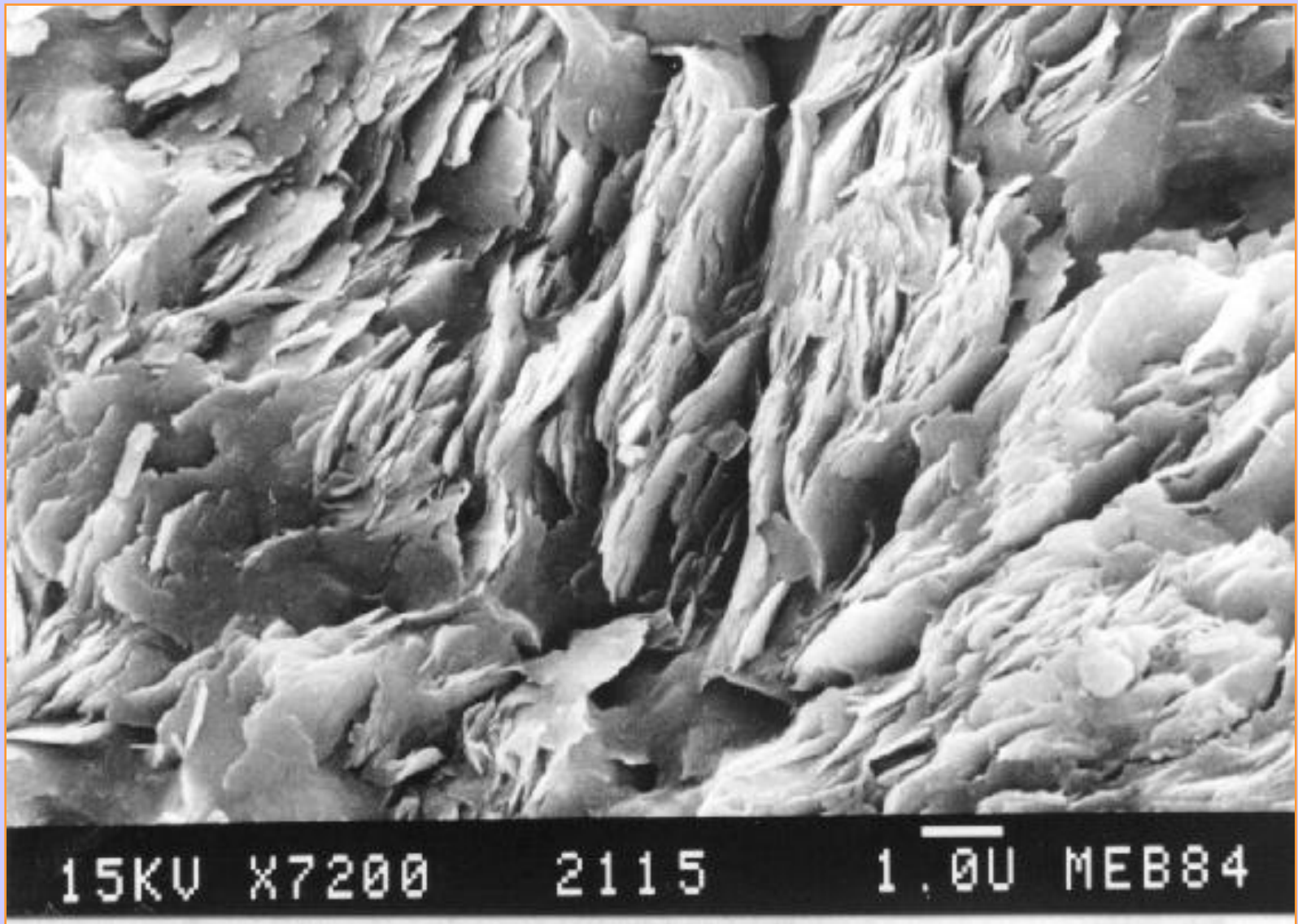


Fango ligeramente compactados

# Imagen de Microscopio electrónico de barrido de un fango consolidado

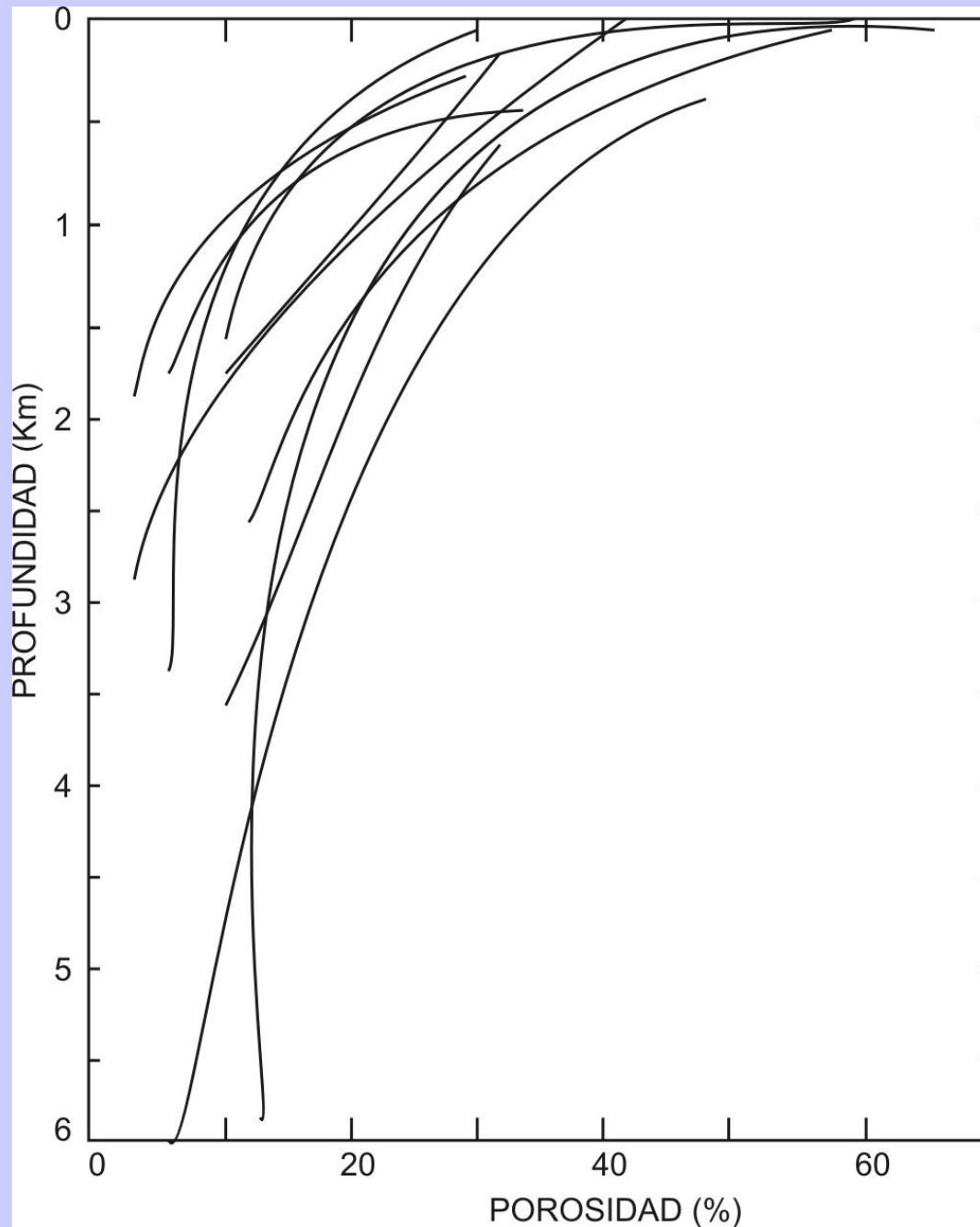






Fangolita consolidada y compactada

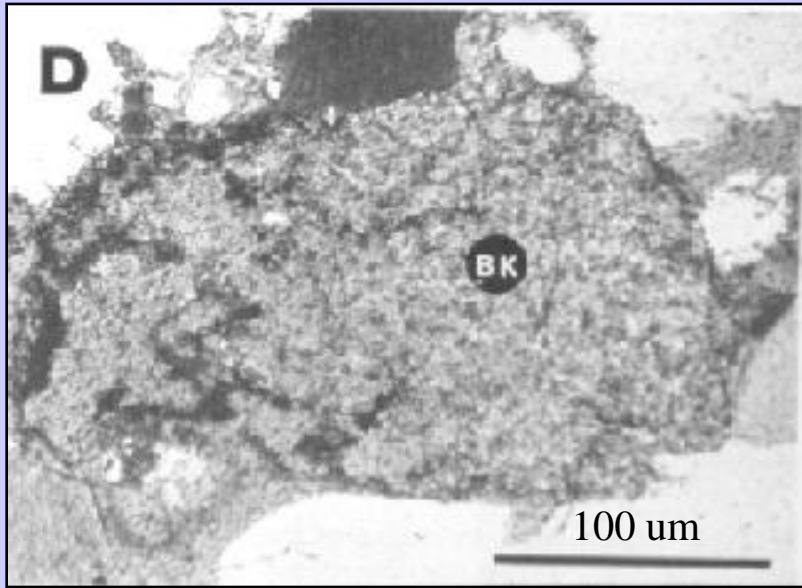




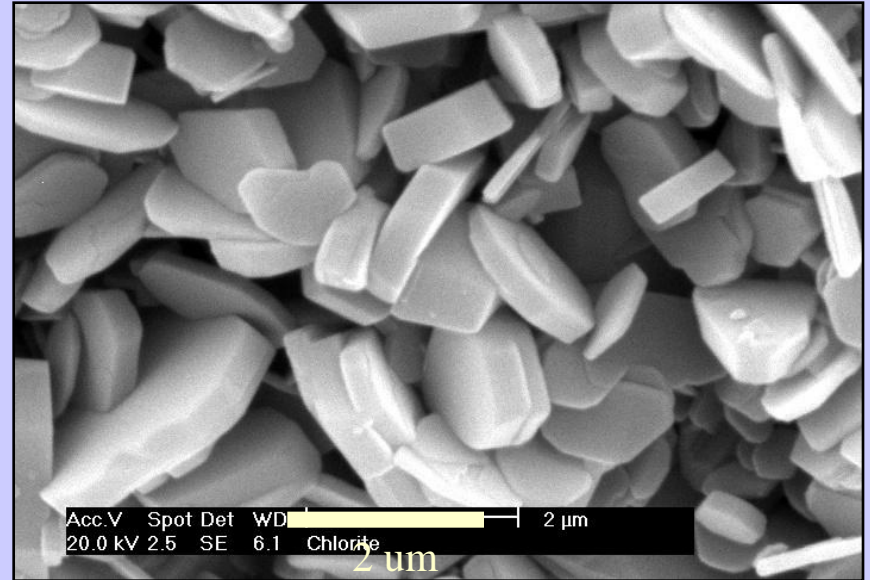
Disminución de  
la porosidad en  
pelitas  
soterradas  
Depende de:

- composición
- mineralogía de arcillas
- velocidad de enterramiento

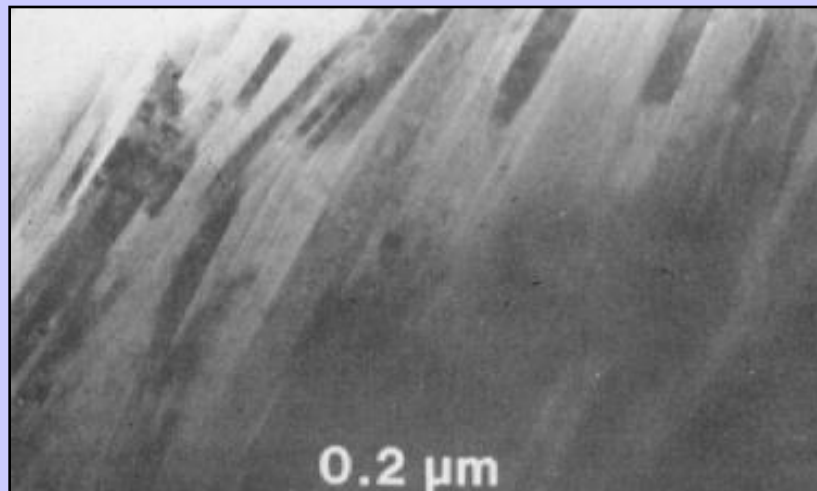
# Comparación de escalas y técnicas



Microscopio Óptico

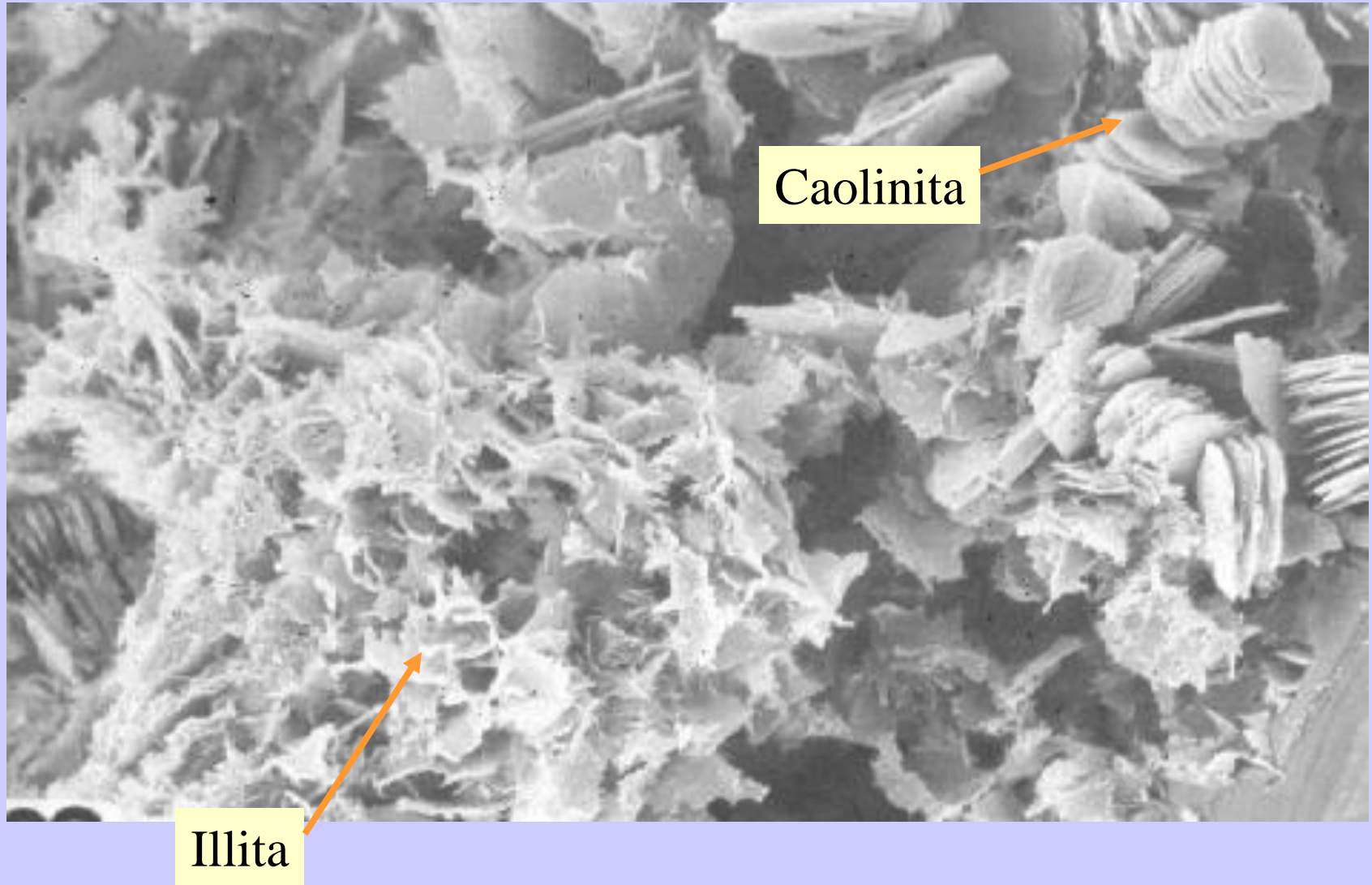


Microscopio Electrónico de Barrido

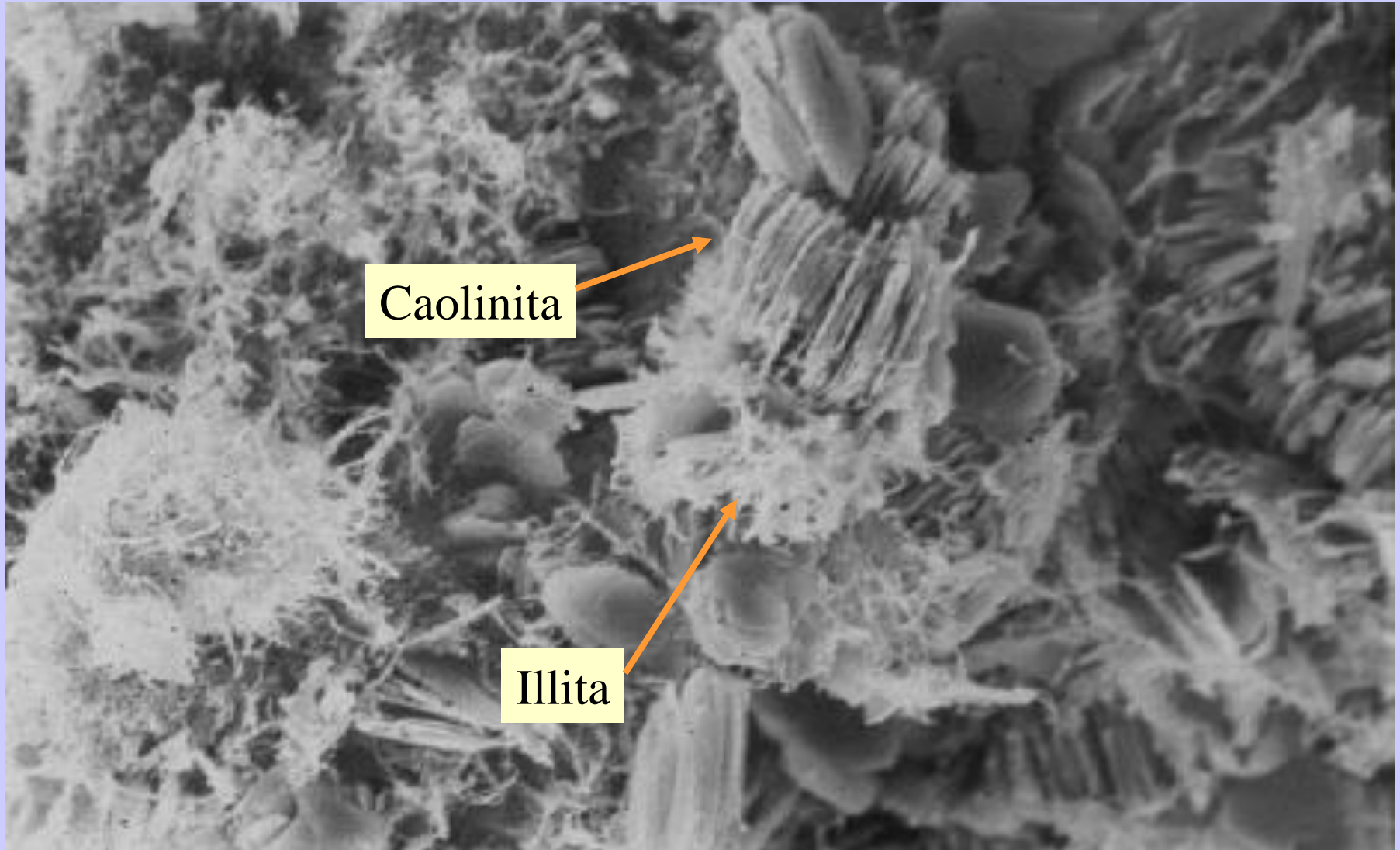


Microscopio  
Electrónico de  
Transmisión de  
Alta Resolución

Transformación de caolinita en illita a 3959,5 m de profundidad  
en los poros de una arenisca (Ehrenberg y Boassen, 1993)



Transformación de caolinita en illita a 4029 m de profundidad  
en los poros de una arenisca (Ehrenberg y Boassen, 1993)



# Pelitas ricas en Materia Orgánica

- Pelitas carbonosas
  - formadas a partir de Humus (M.O. fresca de los suelos)
  - formadas a partir de Turba (M.O. a partir de la vegetación de pantanos)
- Pelitas oleosas (o bituminosas)
  - ricas en Sapropel (M.O. acumulada a partir del fitoplancton en lagos o en el mar)



# Valle de Tierra Mayor, Tierra del Fuego





# Valle de Tierra Mayor, Tierra del Fuego









# Roca Madre, pelitas negras de la Formación Agrio y Roca reservorio del Miembro Avilé, Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina





La materia orgánica se transforma durante la diagénesis, se polimeriza y policondensa y forma hidrocarburos solubles y kerógeno (geopolímero), que es un compuesto insoluble en solventes orgánicos, de composición compleja.

## Composición del Kerógeno

GRUPO DE MACERAL	ORIGEN	LITOTIPOS (escala de muestra de mano)
Vitrinita	Madera	Vitrain Clarain (Vitrinita + Inertinita)
Inertinita	Tejidos (de maderas) Hongos Resinas polimerizadas	Fusain
Liptinita	Esporas Cutículas Resinas Algas	Durain (Liptinita + Inertinita)