

ELS MINERALS D'ARGILES

per

FELICIA PLANA

Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, Barcelona, CSIC

Dintre dels sòls, un dels principals components inorgànics són les argiles. Aquests són silicats hidratats de capes que constitueixen una gran part dels anomenats *fil·losilicats*.

Com a minerals que són, les argiles són substàncies químiques, inorgàniques, de composició química definida i estructura cristal·lina pròpia. Estan constituïdes per silici, alumini o magnesi, oxigen i hidròxils (OH), amb una variada presència de cations d'acord amb les nombroses espècies minerals a què donen lloc.

Els elements citats i els OH s'organitzen en dues estructures bidimensionals distintes, que anomenarem *capes*:

a) *Capa tetraèdrica*, de composició T_2O_5 , on T és un catió tetraèdric, bàsicament Si, amb un variat contingut de Al o Fe. El silici es localitza en el centre d'un tetràedre, que té quatre O en els seus vèrtexs. Aquestes tetràedres s'uneixen amb els veïns pels tres O de la base, i deixen lliure l'oxigen apical, que s'enllaçarà amb la capa octaèdrica (fig. 1).

a) *Capa octaèdrica*, que comprèn cations de grandària mitjana en el centre d'un octàedre en el qual els vuit vèrtexs estan ocupats per O (fig. 1). Aquests cations són normalment Al, Mg, Fe^{3+} i Fe^{2+} . Els octàedres s'uneixen, lateralment, amb d'altres octàedres i, verticalment, amb els tetràedres (fig. 2).

La unitat bàsica de la capa octaèdrica està constituïda per tres octàedres. Si els tres octàedres tenen cations en el seu bell mig (cations divalents com el Fe^{2+} i el Mg), la capa es diu *trioctaèdrica*, però si, dels tres, només estan ocupats dos, i el tercer està vacant (cations trivalents, com el Al^{3+} i el Fe^{3+}), la capa es diu *diocctaèdrica*.

L'estructura que resulta de l'acoblament d'una capa tetraèdrica amb una d'octaèdrica és la unitat bàsica estructural, en diem *làmina* o *estrat* i la notem 1:1, o bé T:O; s'uneixen mitjantçant els O apicals de la capa tetraèdrica que es comparteixen amb els de la capa octaèdrica i, a més a

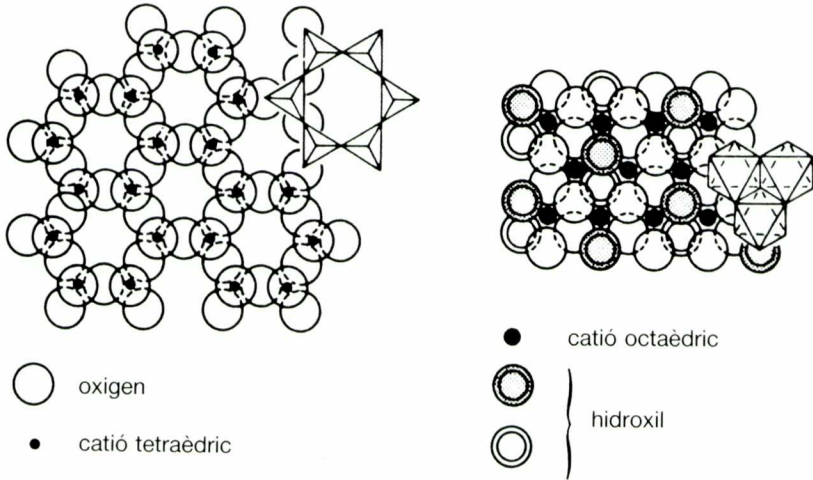


Figura 1. Estructura dels silicats laminars.

més, OH situats en el centre de cada anell senari de tetràedres (disposició hexagonal) (fig. 2).

Podem reconèixer, en les argiles, dos tipus principals de làmines o estrats: la làmina 1:1 que hem citat, corresponent a l'estructura de la caolinita, en la qual la capa octaèdrica els anions que no comparteixen O disposen de grups OH (fig. 2). L'altre tipus és el 2:1 o T:O:T, en el qual dues capes tetraèdriques invertides embolcalen la capa octaèdrica, els O apicals es comparteixen amb la capa octaèdrica, tal és l'estructura d'esmeccites i il·lites (fig. 2).

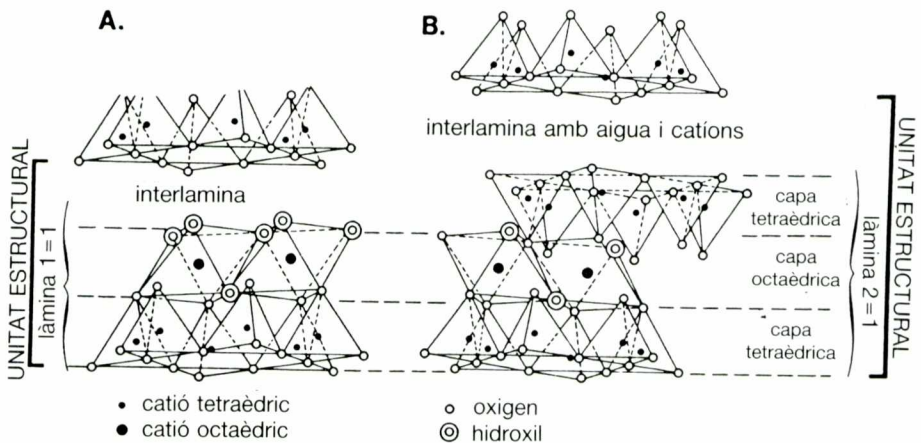


Figura 2. Esquema tridimensional de l'estructura de la caolinita (A), esmeccita (B).

L'espai situat entre dues làmines o dos estrats és la *interlàmina*; aquest espai és buit si les làmines 1:1 i 2:1 són electrostàticament neutres (cas en el qual els cations estructurals estan compensats per hidroxils o oxígens); però en el cas que els cations estructurals no estiguin completament compensats, es dona un excés de carga negativa, força freqüent en les argiles, i aleshores cal neutralitzar aquesta càrrega situant cations, cations hidratats o grups octaèdrics hidratats a la interlàmina. Els cations de la interlàmina solen ser monovalents (K, Na) o divalents (Mg, Ca) (fig. 2).

Quan a la interlàmina es situen hidròxils, sovint formen una capa octaèdrica addicional (capa brucítica), i donen lloc a una estructura 2:1:1 o bé T:O:T:O, que caracteritza la família de les clorites.

La unitat estructural en els minerals d'argila és el paquet format per la làmina (1:1 o 2:1) i la interlàmina (amb els cations interlaminars, si n'hi ha).

El gruix d'aquesta unitat va des dels 7 Å per al tipus 1:1, 10 Å per al 2:1, i 14 Å per al 2:1:1 (fig. 3).

La qualitat cristal·lina de les argiles és, generalment, dolenta, fa que l'ordre estructural es veu força minvat per restriccions cristal·logràfiques i químiques, sobretot si es comparen les argiles amb altres grups mineralògics.

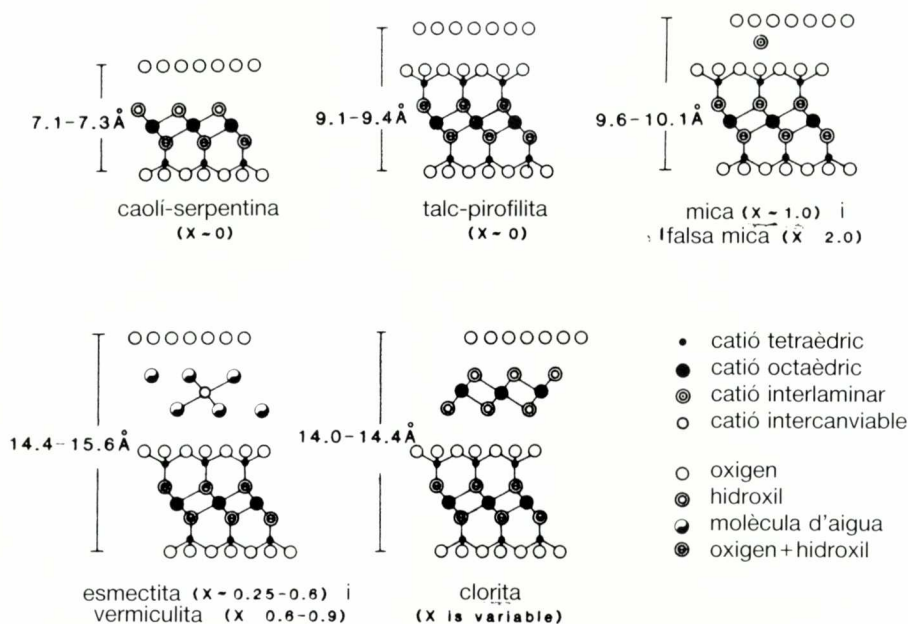


Figura 3. Esquema dels estrats tipus en els grups dels minerals d'argila.

En primer lloc, tenim que les dimensions laterals de les capes tetraèdriques i octaèdriques no són iguals, ambdues capes no encaixen d'una manera exacta mitjantçant els O que comparteixen. Aquest desajust provoca distorsions en el pla d'unió i una alteració de la mida, la forma i l'estructura dels cristalls. En segon terme, ens trobem que les argiles presenten substitucions parcials de Si^{4+} tetraèdric per Al^{3+} , i de Al^{3+} i Fe^{3+} octaèdric per Mg^{2+} i Fe^{2+} . Això fa que hi hagi un dèficit de càrrega positiva i un excés de negativa entre les làmines, a causa doncs, de la substitució de tetravalents per trivalents a la capa tetraèdrica i de trivalents per divalents a l'octaèdrica. Aquest desequilibri de càrrega és neutralitzat per la presència de càrregues positives a la interlàmina (cations, aigua, hidròxils).

Ara bé, aquestes addicions de cations a la interlàmina donen lloc a un major desordre cristal·lí i, en conseqüència, augmenta la inestabilitat.

Per tant, podem concloure que els desajusts estructurals i les deformacions que els cations de gran volum provoquen a la xarxa possibiliten els intercanvis catiónics respecte al mitjà on es troben les argiles, i, són aquestes substitucions iòniques les responsables d'algunes propietats característiques de les argiles: adsorció-desorció, expansibilitat i formació de complexos orgànics-metàl·lics.

Les argiles, les podem classificar en vuit grups diferents, atenent al tipus d'estrat i làmina que tenen, i també al nivell de càrrega. Una segona divisió s'estableix segons el tipus de capa octaèdrica, composició i geometria de la làmina i interlàmina; la taula I permet de veure aquesta classificació.

La X que defineix el nivell de càrrega, la definim com la càrrega del grup aniónic $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, que queda per compensar després de compartir càrrega amb els grups tetraèdric i octaèdric.

Grup talc-caolí

L'estrat d'aquest grup és 1:1 (T:O); els minerals dioctaèdrics, és a dir, els que tenen 2/3 dels octàedres ocupats per cations trivalents pertanyen al subgrup del caolí, de fórmula:



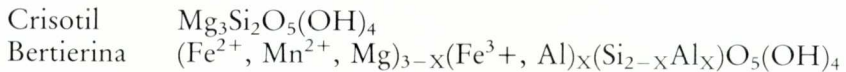
el seu nivell de càrrega és O, i no tenen cations interlaminars; el seu espaiat és molt estable.

Les espècies minerals trioctaèdriques tenen cations divalents a la capa octaèdrica, tals com Mg i Fe^{2+} ; són el grup de les serpentines. Poden

Taula I

Tipus d'estrats	Grup	Subgrup	Minerals	
1:1	Caolí-serpentinae (X ~ O)	Caolins	Caolí, dickita, nacrita	
		Serpentinae	Crisotil·le, antigorita	
2:1	Talc-pirofilita (X ~ O)	Talcs	Talc	
		Pirofilita	Pirofilita	
		Esmectites	Esmectites (dioct.)	Montmorillonita, nontronita
		(X ~ O,2-0,6)	Saponites (trioct.)	Saponita, hectorita
		Vermiculites	Vermiculites (dioct.)	Vermiculites (dioct.)
		(X ~ O,6-0,9)	Vermiculites (trioct.)	Vermiculites (trioct.)
		Mica	Miques (dioct.)	Moscovita, il·lita
		(X ~ 1,0)	Miques (dioct.)	Moscovita, il·lita
		Falses miques	Falses miques (dioct.)	Margarita
		(X ~ 2,0)	Falses miques (trioct.)	Clintonita
2:1:1	Clorites (X, variable)	Clorites (dioct.)	Dombasita	
		Clorites (trioct.)	Clinocloro	
		Clorites (dioct. i trioct.)	Sudoita	
2:1 (fibroses)	Palygorskita (X, variable)	Palygorskita	Palygorskita. Sepiolita	

presentar dèficit de càrrega a la capa tetraèdrica per substitució de Si per Fe^{3+} o Al^{3+} , que és compensa per vacants o cations trivalents a la capa octaèdrica.



Grup talc-pirofilita

Aquest grup té els estrats de tipus 2:1, amb nivell de càrrega 0, és a dir, sense cations interlaminars. La pirofilita és el membre dioctaèdric i el talc, el trioctaèdric.



Grup de les miques

El grup posseeix una estructura 2:1, amb substitucions de cations tetravalents pels trivalents, en posicions tetraèdriques, de divalents i trivalents per monovalents i divalents en les posicions octaèdriques, i amb

vacants en posicions octaèdriques; tot això porta a una marcada càrrega negativa ($X \approx 1$), que és neutralitzada per voluminosos cations monovalents a la interlàmina. En ocasions, aquests cations estan associats a molècules d'aigua.

El subgrup de les miques dioctaèdriques, és a dir, amb dos cations trivalents per cada tres octaèdres respon a la fórmula general:



en aquest grup es troben la moscovita, il·lita, sericita, glauconita i paragonita.

Les miques trioctaèdriques, posseeixen cations divalents a la capa octaèdrica, principalment Mg i Fe^{2+} ; la biotita, il·lita i lepidolita són espècies d'aquest grup.

Amb estructura 2:1 es troben també les anomenades *falses miques*, que es distingeixen de les miques en què el nivell de càrrega és d'aproximadament -2 , cosa que significa que en la interlàmina es troben situats cations divalents en lloc de monovalents; en aquest grup hi ha espècies dioctaèdriques i trioctaèdriques. Pertany a aquest grup la margarita, de fórmula:



Grup de la vermiculita

L'estrat bàsic és també 2:1 (T:O); a la interlàmina es troben en general cations associats a molècules d'aigua, fet que porta a un espaiat basal proper a 14 Å. L'aigua està situada a la interlàmina, amb forts lligams (el nivell de càrrega és alt, $X > 0,6$); això limita les possibilitats d'expandir-se.

En aquest grup es troben minerals tant dioctaèdrics com trioctaèdrics.

Grup de l'esmeclita

En aquest ampli grup, d'estructura 2:1, caracteritzat per un nivell de càrrega baix ($X < 0,6$), els enllaços entre els distints estrats són força febles, i això permet una fàcil expandibilitat. A la interlàmina es troben cations monovalents i divalents (Na, Li o Ca), i per un o diversos nivells d'aigua, això porta a un espaiat basal força variable, que pot anar des de 10 fins a 18 Å.

Dintre d'aquest grup es troben un nombre força alt de minerals de variada composició química, tant dioctaèdrics com trioctaèdrics, amb

substitucions octaèdriques freqüents i tetraèdriques també possibles. En general, el dèficit de càrrega de la capa octaèdrica és compensat a la interlàmina amb cations monovalents a la trioctaèdrica (presència de Li), o bé amb vacants a les dioctaèdriques.

Com a argiles d'aquest grup, tenim la montmorillonita, la montronita, la saponita i l'hectorita.

Grup de les clorites

Les clorites tenen una estructura 2:1, amb una interlàmina octaèdrica addicional d'hidròxids, i per això la seva estructura ha de definir-se 2:1:1, és a dir, T:O:T:O, en què alternant regularment capes trioctaèdriques del tipus mica carregades negativament i capes octaèdriques carregades positivament. Com que els estrats T:O:T i O, posseeixen enllaços relativament forts i estables, l'espaiat és molt constant i pròxim als 14 Å. El dèficit de càrrega de la capa tetraèdrica (substitució de Si per Al) es compensa amb un excés de càrrega en la capa octaèdrica d'hidròxids (capa brucítica), i també per la capa octaèdrica. La major part de les clorites són trioctaèdriques, amb Mg tant a la capa octaèdrica com a la capa brucítica, però algunes són dioctaèdriques (clorita alumínica, dombasita), i podem trobar clorites que presenten combinacions d'estrats dioctaèdrics i trioctaèdrics (sudoita).

<u>Espècie</u>	<u>Intercapa octaèdrica</u>	<u>capa octaèdrica</u>	<u>capa tetraèdrica</u>	<u>grup aniónic</u>
Clorita s.s.	$(Mg_{3-\gamma}Al_{\gamma}Fe_{\gamma}^{3+})$	Mg ₃	(Si _{4-x} Al)	O ₁₀ (OH) ₈
Dombasita	Al _{2+1/3}	Al ₂	(Si ₃ Al)	O ₁₀ (OH) ₈
Sudoita	Mg _{2,3} Al _{0,7}	Al ₂	(Si _{3,3} Al _{0,7})	O ₁₀ (OH) ₈

Grup palygorskita-sepiolita

Són les conegudes argiles fibroses, que es presenten com a fines agulles o com a fibres molt allargades. L'estructura està formada per capes tetraèdriques contínues, amb una disposició hexagonal, en que s'alternen amb una discontinua capa octaèdrica (fig. 4). Els espais buits són plens d'aigua ceolítica.

La palygorskita i sepiolita difereixen per l'amplada de les bandes octaèdriques discontinues (més amples en la sepiolita), ja que ambdues són riques en Mg.

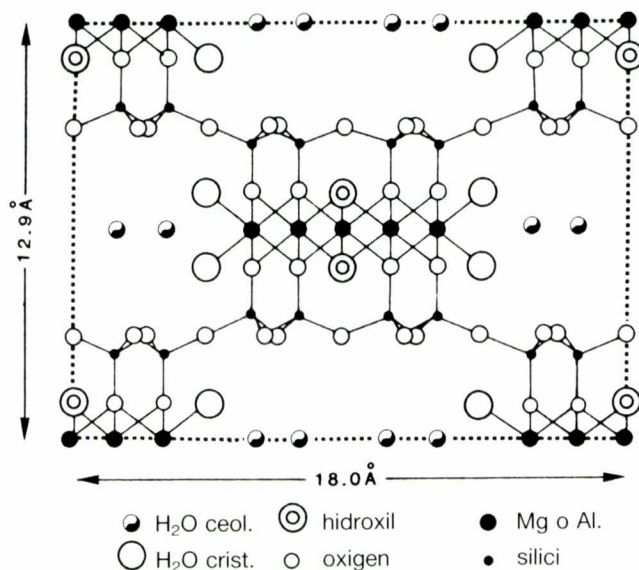


Figura 4. Projecció (100) de l'estructura de la palygorskita.

Interestratificats

Les argiles interestratificades es defineixen com a estructures de fil·losilicats complexes, en les quals es combinen seqüències de dos o més tipus de làmines, i es poden combinar tant estrats 1:1 com 2:1 o 2:1:1. Això és degut als febles enllaços interlaminars, i també a la similitud de les superfícies basals de tots els tipus d'estrats argilosos.

Molt interestratificats poden ser considerats com a argiles intermèdies tant en propietats com en composició i estructura, i representen, en molts casos, estrats intermedis en l'evolució, tant en la neoformació com en la diagènesi de minerals d'argila.

Es poden identificar mitjançant tècniques analítiques com el microscopi electrònic i els raig-X, ja que posseeixen estructures intermèdies dels estrats que la formen.

Es classifiquen com a interestratificats regulars, aquells en què l'alternança d'estrats és regular, per exemple 10-14, il·lita-esmectita, o bé com a Interestratificats irregulars aquells en què l'alternança és a l'atzar, aquest grup està, en general, més pobrement definit des del punt de vista estructural. També hi ha estructures parcialment ordenades, que corresponen a un estadi intermedi entre una seqüència regular i una altra d'irregular.