

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

MINERALES DE ARCILLAS INTERESTRATIFICADAS EN LOS SEDIMENTOS DEL PAGANZO

(PROVINCIA DE LA RIOJA)

POR

ADRIAN MARIO IÑIGUEZ RODRIGUEZ

Extracto de la REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA (NUEVA SERIE)
Sección Geología, Tomo VI, páginas 237-300

LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

1968

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA

TOMO VI

(NUEVA SERIE)

Geología N° 50

MINERALES DE ARCILLAS INTERESTRATIFICADAS EN LOS SEDIMENTOS DEL PAGANZO

(PROVINCIA DE LA RIOJA)

POR

ADRIAN MARIO IÑIGUEZ RODRIGUEZ

Extracto de la REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA (NUEVA SERIE)
Sección Geología, Tomo VI, páginas 237-300

LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

1968

MINERALES DE ARCILLAS INTERESTRATIFICADAS, EN LOS SEDIMENTOS DEL PAGANZO

(PROVINCIA DE LA RIOJA)

POR ADRIAN MARIO IÑIGUEZ RODRIGUEZ¹

RESUMEN

En los estratos del Paganzo en el perfil del cerro Guandacol de la Provincia de La Rioja, se encuentran una serie de minerales de arcillas interestratificadas, distribuidas en la columna sedimentaria, con la presencia de la interestratificación regular Clorita-Montmorillonita, denominada comunmente Corrensita, restringida únicamente a la formación Patquia (Pérmico). Tres tipos de minerales bien definidos, han sido encontrados: (14c-14m) Corrensita, (10-14m) Allevardita y (14c-14v) Clorita-Vermiculita, que no han sido citados en Argentina hasta la fecha.

La naturaleza de los minerales antes mencionados, y en particular la Corrensita, se encuentra en una asociación de ambiente continental, predominantemente clástico, con intercalaciones de naturaleza evaporítica.

ABSTRACT

Interstratified clay minerals from Paganzo beds (Carboniferous-Permian), Province of La Rioja, have been analysed in this work. Three types of well defined minerals have been found: (14c-14m) Corrensita, (10-14m) Allevardite, and (14c-14v) Chlorite-Vermiculite. These minerals have not been cited in Argentine so far. This three mixed layers clays are distributed in the whole stratigraphic column, though the regular interstratified, Chlorite-Montmorillonite (Corrensita) is only present in Patquia formation (Permian).

The nature of the above mentioned minerals, is referred to continental environment, mainly of clastic origin and with intercalated layers of evaporites

¹ División Mineralogía y Petrografía del Museo de La Plata.
Miembro de la carrera del Investigador C.N.I.C.T.

INTRODUCCION

Durante el estudio sedimentológico de los estratos del Paganzo, del perfil "Las Blanquitas" del cerro Guandacol de la Provincia de La Rioja, que realizáramos con el doctor Mario E. Teruggi y otros, nos encontramos frente a una serie de minerales de arcillas interestratificadas distribuidas a lo largo de toda la columna sedimentaria, culminando en la parte superior, o sea en la Formación Patquía (Pérmico), con la interestratificación regular Clorita-Montmorillonita, denominada comúnmente Corrensita.

La presencia de este mineral reviste particular importancia ya que hasta la fecha, no se la ha citado en Argentina, y los ejemplos que se encuentran en la bibliografía mundial, son cada vez más abundantes en rocas sedimentarias.

Con el fin de delimitar su distribución en la columna estratigráfica, se ha estudiado además el perfil de "Cortadera", ubicado a 12 km al NE del anterior, observándose que el fenómeno se repite y que la Corrensita se mantiene restringida a Patquía. Se encuentran en marcha, estudios similares, con el objeto de establecer su distribución regional, la cual aportará un elemento de juicio muy valioso a los trabajos de correlación y diferenciación de este grupo.

Los minerales de arcillas interestratificadas, más característicos y bien definidos que se han encontrado en los dos perfiles, son los siguientes:

- (14c-14m) Corrensita
- (10 -14m) Allevardita
- (14c-14 v) Clorita-Vermiculita

Estos van acompañados de otros minerales arcillosos tales, como Illita, Caolinita, Clorita, Clorita expansiva, e inclusive mezclas de interestratificaciones.

ANTECEDENTES Y CONSIDERACIONES SOBRE LOS MINERALES DE ARCILLAS INTERESTRATIFICADAS

Los primeros datos de los minerales de arcillas interestratificadas, "Mixed layer clay minerals" para los autores de habla inglesa, comienzan con los estudios de Gruner (1934), quien en su investigación de la estructura de la vermiculita, encontró minerales, calificados

hasta entonces como hidrobiotitas, que sólo presentan una parte de las propiedades de la vermiculita. En los diagramas de Rayos X que obtuvo, se encontró con una reflexión vecina a $7.35^\circ 2\theta$ con un espaciado de 12 Å que no pertenecía a ningún filosilicato conocido. Para interpretar estos diagramas, Gruner considera que la hidrobiotita está formada por la interestratificación de dos tipos de hojas distintas: una hoja de tipo biotita y una hoja de tipo vermiculita. Estas dos hojas alternan regularmente provocando la aparición de una nueva celdilla unidad, en la cual el espesor es igual a la suma de los espesores de cada una de las hojas constituyentes, es decir de 24 Å. La reflexión observada a 12 Å, correspondería de esta manera al plano (002) de este nuevo edificio. Esto fue confirmado por los diagramas obtenidos después de calcinar la muestra a 750°C , que muestran una destrucción de la red, menos importante que el que daría una verdadera vermiculita. Este autor propone designar a esta estructura como “estructura metaacristalina”.

Hendricks y Jefferson en 1938, toman nuevamente el estudio detallado de la vermiculita y confirman la existencia de las interestratificaciones descritas por Gruner y reconocen además una interestratificación Clorita-Vermiculita y dada la similitud de la estructura de los diferentes minerales arcillosos, ellos agregan: “En efecto algunas mezclas de hojas de mica, vermiculita, clorita, pirofilita, stilpnomeiano y talco son posibles. A esta lista pueden agregarse hojas de caolín y caolín hidratado”.

Esto abrió la posibilidad para el descubrimiento de numerosas combinaciones y poco a poco los minerales mal definidos fueron reconocidos como interestratificaciones. Así la Bravaisita es un interestratificado illita-montmorillonita Nagelschmidt (1944); Bradley (1945); La Pectorita es un interestratificado pirofilita-vermiculita, Bradley (1950).

A medida que se desarrollaban los métodos de determinación de los minerales por medio de los Rayos X y en particular la expansión del uso de los registros difractométricos, los minerales interestratificados reconocidos fueron cada vez más abundantes. Schmehl y Jackson (1956), los describen como constituyentes de suelos, mientras que Weaver (1956), estima que forman más del 70 % en los sedimentos. De esta manera los minerales interestratificados, pasan del estado de curiosidad mineralógica al de minerales corrientes, más abundantes que los minerales simples de las arcillas.

Mae Ewan (1949), mostró que los edificios interestratificados podían ser de tres tipos:

1. Interestratificación regular;
2. Interestratificación irregular, bajo las leyes del azar;
3. Interestratificación con segregación en zonas homogéneas de cristalitas de una misma especie.

Esta última es muy difícil de distinguir razón por la cual ha sido casi abandonada.

1. *Los minerales interestratificados regulares.* Estos minerales son fáciles de definir; ellos están formados por la superposición de hojas de dos (o varios) tipos, que tienen la estructura de los minerales simples conocidos. Esta superposición es regular, pero el período de repetición de los elementos constitutivos permite distinguir dos grupos de minerales.

En el primer grupo cada hoja tiene como vecinas inmediatas dos hojas de tipo diferente, de esta manera se tiene una secuencia ABABABAB... El número de hojas de un tipo es igual a la mitad del número de hojas que constituyen el cristalito. Se dice que la proporción de interestratificación es de 50 %. A este primer grupo se puede agregar los minerales donde la proporción de interestratificación se mantiene en 50 %, pero en la cual la hoja A puede tener como vecina ya sea una hoja A del mismo tipo o una hoja B de tipo diferente. La secuencia obtenida es AABBAABB... o AAABBBAAA BBB..., es evidente que el número de hojas idénticas juntas debe ser pequeño, porque de lo contrario se obtendrá el caso de segregación regular.

El segundo grupo está caracterizado por una proporción de interestratificación diferente de 50 % y por la repetición regular de un cierto motivo. Las superposiciones ABBABBA... o AABBBBAABBB AA... son de este tipo.

El carácter esencial de estas superposiciones es su regularidad, ya que forman a lo largo del eje *c* un período regular. Estos minerales interestratificados regulares de dos tipos de hojas han sido bien definidos, dado que se trata de verdaderos minerales; algunos han obtenido un nombre particular, como la "Corrensita", interestratificado regular de hojas de tipo clorita y hojas de tipo montmorillonita, Lippman (1959), o bien conservan el viejo nombre como la "Rectorita", interestratificado illita vermiculita.

2. *Los edificios interestratificados irregulares.* Se forman por la superposición desordenada, sin ley de repartición ni repetición, de

dos o varios tipos de hojas; no existe más la periodicidad a lo largo del eje c , por lo tanto no son verdaderos minerales, ya que no poseen una red tridimensional fija, motivo por el cual, Lucas (1962) los denomina "edificios interestratificados".

En lo que precede, las interestratificaciones han sido descriptas en términos de tipos de hojas diferentes A y B. Pero existe otro modo de expresión que puede ser utilizado para intentar de comprender mejor la realidad.

Sabemos que los minerales a tres capas tienen todos la misma arquitectura estructural. Todos están formados de una hoja silicatada de un espesor aproximado de 6.50 Å, medido de centro de oxígeno a centro de oxígeno de las caras que forman la hoja. Si no se tiene en cuenta su composición química, los diferentes minerales sólo se distinguen por la distancia que separa las hojas silicatadas y por las posibilidades de variación de esta distancia con tratamientos al calor, polialcoholes, etc. Si se considera un edificio interestratificado, regular o no, formado de hojas de tipo illita y hojas de tipo montmorillonita, se puede hablar, en términos de longitud sobre el eje c , de un interestratificado de hojas a 10 Å y de hojas a 14 Å. El espesor de la hoja Tetraedro-Octaedro-Tetraedro, se mantiene constante y sólo varían las distancias interfoliares, ellas son, ya sea de 3,50 o de 7,50 Å, medidas de centro de oxígeno de la hoja superior a centro de oxígeno de la hoja inferior. Se puede por lo tanto decir que la interestratificación de hojas a 10 Å, y de hojas a 14 Å, se debe a la superposición de hojas del mismo espesor separadas por distancias interfoliares diferentes, ya sea de 3.5 Å o distancias de 7.5 Å. Desde un punto de vista puramente geométrico, el carácter esencial de un edificio interestratificado, es que, una de sus hojas silicatadas es o puede ser, separada de sus dos hojas vecinas por distancias desiguales. Este es el punto de vista de Mering (1949) que estudió las reflexiones sobre los paquetes de hojas paralelas separadas por distancias desiguales $d_1, d_2, d_3 \dots d_r$.

Un ejemplo simple está dado por los edificios interestratificados de montmorillonita a 12 Å y montmorillonita a 14 Å, en que las dos hojas son idénticas; pero el fenómeno es el mismo si las dos hojas son químicamente diferentes.

En la figura 1, está representada una superposición irregular, que se puede considerar como formada de hojas con 10 Å y hojas con 14 Å de espesor. Si se trata de individualizar las especies illita y montmorillonita, se puede hacer de las dos maneras, a y b . Se puede ver que la hoja silicatada N° 2 por ejemplo, puede ser atribuida ya

sea a la illita, ya sea a la montmorillonita. De todas las hojas representadas en la figura, sólo la hoja N° 3, separada de sus vecinas por una distancia de 7,5 Å, puede ser calificada como hoja de montmorillonita, y la hoja N° 7 por razones análogas como hoja de illita, las otras hojas no son ni la una ni la otra. En una interestratificación regular 1/1 ninguna hoja puede ser asimilada a un mineral particular, caso *c* y *d* de la figura 1.

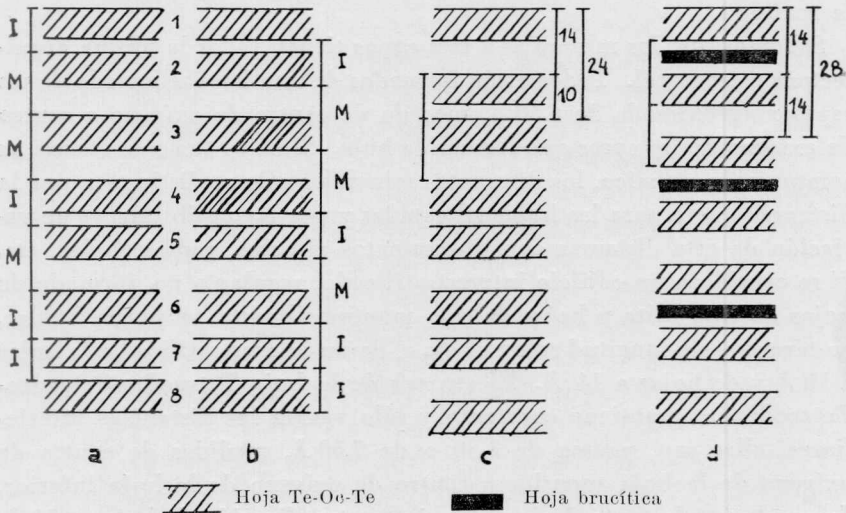


Fig. 1. — Representación esquemática de edificios interestratificados. (Según Lucas 1962)

Por lo tanto parece ser que los espacios interfoliare son los que rigen las propiedades de los minerales interestratificados, y en particular comportamiento frente a los Rayos X. En efecto, los Rayos X son utilizados para medir distancias, y como los parámetros *a* y *b* son sensiblemente iguales para las diferentes especies, sólo el valor de *c*, es decir la distancia que separa dos planos (001), es empleada en el reconocimiento de los minerales. Tal como vimos antes, el espesor de la hoja silicatada es constante, por lo tanto la distancia varía en función de las separaciones interfoliare. En consecuencia son éstas las que se utilizan.

NOMENCLATURA

Dada la complejidad de los edificios interestratificados, su nomenclatura presenta un problema delicado.

Se puede tomar como base el sistema propuesto por el subcomité de nomenclatura del grupo Inglés de Arcillas, Brown (1955), que ha publicado la resolución siguiente:

“Si la interstratificación es regular y si la naturaleza de las hojas es establecida, se deberá dar al material un nombre específico, por ejemplo Rectorita, Stilpnomelano. Si, la interstratificación no es regular, el material deberá ser descripto en término de las hojas componentes, por ejemplo para un material compuesto de una pequeña proporción de hojas de clorita, interstratificada al azar, con una proporción mayor de hojas de mica, el nombre propuesto será mica-clorítica. Para las proporciones que se aproximan a la igualdad de los dos tipos de hojas interstratificadas al azar, el nombre de clorita-mica, es propuesto (notar la línea de unión). Los tipos de interstratificación más complejos deberán ser descriptos enteramente”.

1. *Caso de minerales interstratificados regulares*

El caso más simple es aquel donde alternan regularmente 1/1 dos tipos de hojas. Estos verdaderos minerales, merecen un nombre particular, como lo preconiza la resolución inglesa. Un excelente ejemplo, es el de la Corrensitita. Este mineral está formado por la interstratificación regular 1/1, por una parte hojas de 14 Å estables y por otra parte de hojas de 14 Å que se expanden al glicol y se contraen por acción del calor. La definición de este mineral, ha dado lugar a numerosas discusiones sobre la naturaleza de estas hojas expansivas; así, Bradley y Weaver (1956), Lippmann (1956), creían que se trataba de vermiculita; Earley y Col. (1956), Lippmann (1959) de montmorillonita, y en fin otros como Martín Vivaldi y Mac Ewan (1960) de clorita expansiva. Fuera de la posibilidad de que estos autores no hablan del mismo mineral, esta discusión parece sin objeto, ya que ninguna de estas especies simples existe. En efecto, los Rayos X indican la alternancia regular de espacios interfoliare estables y expansivos que se comportan como el de la clorita y el de la montmorillonita, respectivamente. La posibilidad de transcripción descriptiva, sería la propuesta por Lucas (1962) como (14c-14 m).

De la misma manera, la Allevardita, definida por Caillere, Mathieu-Sicaud, Henin (1950), después por Brindley (1956) es un interstratificado de hojas con 10 Å y de hojas con 14 Å de espesor, inestables a la acción del glicol.

Este mineral ha sido definido como “vecino de la montmorillonita

en la cual las hojas de mica, generalmente agrupadas de a dos, son separadas por una capa de moléculas de agua” (Caillere y col. pág. 193), se trata entonces de la superposición de hojas tetraédrica-octaédrica-tetraédrica, separadas de sus vecinas por una distancia invariable de tipo mica de un lado y por una distancia variable de tipo montmorillonita del otro.

De esta manera, todos los interestratificados regulares podrán recibir un nombre. Esto no cambiará mayormente la nomenclatura mineralógica, ya que el número de minerales posibles es muy limitado, admitiendo que sólo las hojas a tres capas, Tetraédrica-Octaédrica-Tetraédrica, se pueden interestratificar cómodamente.

Lucas (1962), define cuatro tipos de comportamiento de estas hojas a los Rayos X.

1. Espacio interfoliar estable, insensible a los tratamientos por glicol y al calor, engendrando una distancia a 10 Å, que designa con el N^o 10.
2. Espacio interfoliar estable, engendrando una distancia a 14 Å, similar a la de la clorita, que designa 14c.
3. Espacio interfoliar que aumenta bajo la acción del glicol y disminuye al calor, engendrando una distancia a 14 Å, similar a la de la Montmorillonita, que designa 14m.
4. Espacio interfoliar estable bajo la acción del glicol, pero que disminuye a la acción del calor, engendrando una distancia de 14 Å similar al de la vermiculita, que designa 14v.

En esta enumeración no se tiene en cuenta las hojas a 12 Å, que se comportan como la montmorillonita, ya que ellas pueden ser llevadas a 14 Å por un intercambio de bases apropiado.

Tampoco se tiene en cuenta las hojas de tipo clorita expansiva. Estas son en efecto por sí solas irregulares, que deben su expansión a un defecto de la capa brucítica, razón por la cual probablemente no formen parte de los minerales interestratificados regulares.

Combinando de dos en dos estos cuatro tipos de hojas, se obtienen seis posibilidades: (10-14c); (10-14m); (10-14v); (14c-14m); (14c-14v); (14m-14v). Por lo tanto sólo se necesitarían seis nombres para designar estos interestratificados; entre estos seis nombres posibles, tres han sido ya dados:

- Corrensita (14c-14m) (Lippmann, 1959)
- Allevardita (10-14m) (Caillere, M. Sicaud, Henin, 1950)
- Rectorita (10-14v) (Bradley, 1960)

En el cuadro 1, se dan los valores teóricos y observados para los seis interestratificados posibles y encontrados respectivamente:

CUADRO 1

	Valores teóricos			Valores observados		
	N	G	550°	N	G	550°
(10-14 c)	24	24	24			
Allevardita . . . (10-14 m)	24	28	20	24,6	—	19,2 Brindley 1956
Rectorita (10-14 v)	24	24	20	25	—	19,5 Bradley 1950
Corrensita (14 c-14 m)	28	32	24	29	31	24 Lippmann 1959
(14 c-14 v)	28	28	24	29	32	23,1 Early 1956
(14 m-14 v)	28	32	20			

2. *Caso de los edificios interestratificados irregulares*

No se puede dar un nombre propio a los edificios irregulares ya que son mal definidos, es necesario entonces utilizar algún modo de transcripción descriptiva que dé el máximo de información. Las reflexiones registradas de estos edificios son irracionales, regidas por las reflexiones normales de las hojas constitutivas.

Para la nomenclatura, se puede utilizar el sistema propuesto en Londres que es muy práctico, o seguir con el sistema adoptado por Lucas (1962), que agrega a los tipos ya descriptos, dos más:

5. Hojas expansivas a la acción del glicol y que se contraen por acción del calor, como los de la montmorillonita a 12 Å. . . 12.
6. Hojas expansivas al glicol, pero estables bajo la acción del calor, como las de la clorita expansiva, que designa 14g.

De esta manera la sugerencia propuesta por Londres (“Clorita-Mica”), de acuerdo al sistema de Lucas, se denomina (10-14c). Una determinación más precisa deberá indicar la proporción de los interestratificados.

Pedro (1965), utiliza el mismo tipo de nomenclatura pero con una simbología distinta y es la siguiente:

- 10i: Mica (Illita)
- 10v: Vermiculita

10s: Smectita (Montmorillonitas)

14 : Clorita

y pone como subíndice R para indicar que la interestratificación es regular e IR para indicar que es irregular.

Por ejemplo, para la corrensita que Lucas denomina (14c-14m); Pedro la denomina (14-10c)R, ya que considera, con justa razón, que las montmorillonitas (Smectitas en general) son minerales de 10 Å, por su comportamiento al calor, en que todas se estabilizan aproximadamente en 10 Å de espesor.

Estudio teórico de los edificios interestratificados por Rayos X

Hendricks y Teller (1942) y Mering (1949), fueron los que abordaron este estudio. Los primeros autores tratan los casos muy generales de superposición de un número infinito de capas, en las cuales la noción de partícula no interviene. El segundo autor reduce el problema al cálculo "del efecto resultante de una multitud de superposiciones independientes, formadas cada una de un número finito de capas". Se supone que este número es el mismo en todas las superposiciones y que las capas son idénticas.

Por otra parte, estos dos estudios tratan del desorden en la superposición de las capas cualesquiera sea la naturaleza de este desorden.

Por su parte, Mac Ewan, Ruiz Amil y Brown (1961), toman el estudio y tratan la cuestión desde un punto de vista más restringido, es decir aquel de los minerales de las arcillas interestratificadas, que es el que nos interesa. Estos trabajos, después de largos desarrollos matemáticos, llegan a la formulación de ecuaciones que permiten determinar la posición y la intensidad de los picos de un edificio interestratificado dado, o inversamente de determinar la composición de un interestratificado del cual se conoce su curva de difracción. Ellos proporcionan dos resultados importantes:

1. Las reflexiones observadas son anormales y se reconocen inmediatamente, ya que no se les puede atribuir índices racionales.

2. La reflexión fundamental $d(001)$ de un interestratificado a dos hojas A y B está comprendido entre $d(001)$ de A y $d(001)$ de B. Ella pasa de $d(001)A$ a $d(001)B$, cuando la cantidad de interestratificación de B en A pasa de 0 a 1. Esta variación no es lineal, Mac Ewan y col. (1961) dan las curvas de variación $d(001) = f(\alpha)$, calculadas a partir de fórmulas de diferentes autores. (α) , es la cantidad de interestratificación de B en A.

Estos cálculos teóricos son muy preciados, ya que nos permiten ser informados sobre el comportamiento exacto de los edificios interestratificados a los Rayos X. Desgraciadamente ellos no son aplicables al estudio práctico de las rocas arcillosas. En efecto las fórmulas de Hendricks y Teller, y las de Mering no se aplican nada más que cuando “Los espesores de los dominios ordenados (sucesión AAA y BBB de hojas diferentes), se reparten según una ley exponencial... Las interestratificaciones naturales de las especies de los filosilicatos no obedecen a esta ley de distribución. Por lo tanto las fórmulas de los autores citados no son aplicables” Mering (1962). Se podrá alcanzar un resultado preciso, utilizando el método de inversión de Furier del conjunto de reflexiones (001) irracionales. Pero esto no puede ser hecho sino a partir de diagramas precisos ricos en picos netamente definidos, los cuales no son habituales dentro de los materiales naturales utilizados por los geólogos.

La determinación corriente debe por lo tanto utilizar un método puramente cualitativo, basado sobre la observación de las primeras reflexiones y a veces sobre la sola primera reflexión de un diagrama.

Determinación práctica de los edificios interestratificados por los Rayos X. Minerales interestratificados regulares.

Ya hemos visto que estos minerales interestratificados son verdaderos minerales. La regularidad de su superposición, se traduce por lo tanto en una serie racional de sus reflexiones (001), donde la primera (001) corresponde al espesor fundamental del motivo de repetición. En el caso más frecuente de un mineral formado de la alternancia regular de una hoja de tipo A y una hoja de tipo B, este espesor es igual al espesor de $A + B$. La reflexión $d A(001) + d B(001)$ será igual a $d AB(001)$.

La determinación de los minerales interestratificados regulares, lleva al reconocimiento del número de hojas participantes, al motivo de repetición y a la calidad y repartición de los diferentes espacios interfoliare. El número de hojas por “celda unidad” se determina a partir del espesor más grande reconocido en el motivo. Este valor es calculado multiplicando cada valor en amstrongs medido para un pico, por el número de orden del pico correspondiente.

Si el mineral es muy regular, los productos obtenidos deben ser iguales. A partir de esta cifra, es fácil calcular el número de hojas que participan en la edificación de la celda unidad, ya que estas hojas

tienen espesores determinados: 10, 12 ó 14 Amstrongs. En algunos casos raros, las hojas de 7 Å, pueden también encontrarse presentes.

La misma operación hecha después del tratamiento al glicol, permite reconocer el porcentaje de hojas expansivas y después del tratamiento al calor, el porcentaje de hojas inestables a alta temperatura.

Es imposible, solamente por medio de los Rayos X, reconocer la repartición de las diferentes capas. Por ejemplo, para un mineral formado de 50 % de hojas de tipo B y 50 % de hojas de tipo A, no se puede determinar si las sucesiones son: ABAB... es decir 1/1 ó AABBAABB... es decir 2/2. Sin embargo es probable que sea la forma más simple la que se constituye más fácilmente y que los interestratificados a 50 % sean a menudo del tipo 1/1.

Determinación de los edificios interestratificados irregulares.

La ausencia de período de regularidad a lo largo del eje *c*, se traduce por reflexiones irracionales, regidas por las reflexiones normales de las hojas constituyentes.

El método utilizado está basado sobre los resultados de Mering (1949). Se pone sobre una misma recta los vectores recíprocos repetidos $S1 = 1/d1$ y $S2 = 1/d2$, es decir la ubicación de las reflexiones de dos minerales simples A y B tal como pueden verse en la figura 2:

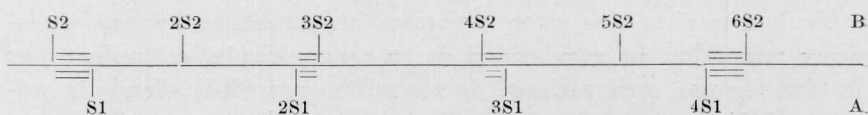


Fig. 2. — Representación esquemática de las zonas de reflexión de un edificio interestratificado, formado de hojas de tipo A y B

Uniendo por un trazo grueso, las dos reflexiones más próximas, cualquiera sea su número de orden, se determinan las regiones en las cuales se forman las reflexiones. En cada zona, una reflexión única aparece reemplazando a las dos reflexiones primitivas.

Cuando α (cantidad de interestratificación de B en A), varía de 0 a 1, la reflexión resultante se desplaza de S1 hacia S2 y de 2S1 hacia 3S2..., etc.

Deben remarcarse dos hechos fundamentales:

1. El nudo 2S2, queda por lo tanto inmóvil, sólo su forma e intensidad varían con α ; cuando α pasa de 1 a 0 el pico se ensancha y desvanece sin desplazarse.

2. El desplazamiento de un pico entre los dos extremos, no es lineal. Las curvas representando la posición de este pico en función de α han sido calculados por Brown y Mac Ewan en 1951.

Sin embargo tal como lo dicen Mac Ewan, Ruiz Amil y Brown (1961) "que en un primer análisis no se cometerá un gran error al considerar que el pico se desplaza linealmente a partir de la posición de uno de los constituyentes puros, hacia la posición la más vecina del otro constituyente, proporcionalmente a los componentes".

Esto puede traducirse por la simple fórmula:

$$dm = dA + (dB - dA) \quad \text{Kubler, (1961).}$$

que permite evaluar la cantidad de interestratificación de B en A.

Es necesario remarcar por su utilidad, y tratar de despejar una idea sencilla de todo aquello que hace a la originalidad de los minerales de las arcillas entre los silicatos.

Los minerales arcillosos son todos simples como edificios interestratificados, formados por el agrupamiento de capas de tetraedros y de capas de octaedros, este agrupamiento puede hacerse de dos maneras:

1. Una capa de octaedros se asocia a una capa de tetraedros para formar una hoja elemental Te - Oc, llamada 1/1. Son estos tipos de hojas las que participan en la elaboración de los minerales del grupo de la caolinita.

2. Una capa de octaedros se asocia a dos capas de tetraedros para formar una hoja elemental Te - Oc - Te, llamada 2/1. Estas hojas a tres capas son las que forman el mayor número de minerales arcillosos: Illita, montmorillonita, clorita.

Limitando el análisis a esta segunda categoría de símbolo Te - Oc - Te, se puede considerar que estas hojas están formadas por una armadura de iones oxígeno; en el seno de esta armadura, los cationes pueden ubicarse en posición tetraédrica u octaédrica. Pero como lo prueban los valores medidos de los parámetros a y b , las dimensiones de las hojas no cambian o cambian muy poco, cualquiera sea la posición y la naturaleza de estos cationes en el seno de la armadura de oxígenos. Se puede concluir que las hojas que constituyen los diferentes minerales arcillosos, poseen una permanencia estructural, a pesar de los juegos que los cationes puedan realizar. Además, estas hojas están superpuestas las unas sobre las otras para formar un cristal y se hallan ligadas entre sí por los cationes interfoliares.

Así es como dos variables distinguen y definen los diferentes minerales arcillosos de tipo Te - Oc - Te.

1. Los cationes que entran en las hojas.
2. Los cationes interfoliares.

Los cationes que entran en las hojas. Los principales cationes que entran en la composición de las hojas son Si, Al y Mg. Ellos pueden estar acompañados de Fe, Ti, Mn y del conjunto de cationes bivalentes y trivalentes presentes en la red al estado de trazas. Naturalmente, estos iones que tienen valencias y propiedades diferentes no son estrictamente intercambiables y no podrán ocupar indiferentemente todas las posiciones posibles. Así, el Si, ocupante principal de los tetraedros, puede en parte ser reemplazado por el Al, pero jamás totalmente. El ion Al prefiere las posiciones octaédricas, donde encuentra al Mg, que es su compañero frecuente.

A pesar de estas preferencias, existe un gran número de posibilidades de ocupación de los diferentes sitios. Es la calidad y la cantidad de los ocupantes, las que contribuyen a determinar, en parte, las diferentes especies minerales. Según el número y las valencias de los cationes que ocupan la hoja, las cargas eléctricas más o menos fuertes, pueden aparecer sobre las caras de las hojas. Estas cargas son neutralizadas por los cationes interfoliares.

Los cationes interfoliares. Los espacios interfoliares son ocupados, ya sea únicamente por cationes simples, como en el caso de las micas, ya sea por cationes más o menos hidratados como en las montmorillonitas y las vermiculitas, ya sea, en fin, por una hoja organizada de tipo brucita, como es el caso de las cloritas.

Según la naturaleza de sus ocupantes, los espacios interfoliares son más o menos grandes y según las fuerzas de unión entre las hojas, los espacios interfoliares son más o menos estables bajo la acción de diversos agentes tales como la temperatura o los polialcoholes.

Es por lo tanto de los espacios interfoliares, y de ellos solos, que depende el valor del parámetro c de los minerales de las arcillas. Ahora bien, es este valor de $d(001)$ que nosotros medimos prácticamente, en el estudio de los diagramas de difracción de Rayos X, y son estas variaciones del valor d , las que nos permiten determinar los grupos de minerales. Dicho de otra manera, para las determinaciones, no se utiliza nada más que una propiedad secundaria de la estructura de los minerales arcillosos, que permite llegar a la familia, pero no a las especies minerales en el interior de una familia.

Este resumen de los minerales de las arcillas, muestra que no existen diferencias fundamentales, entre los minerales simples y los minerales interestratificados. La diferencia reside esencialmente en el modo de superposición de las hojas estructuralmente idénticas, y en la naturaleza de los cationes que ocupan las diversas posiciones posibles.

Los Rayos X no permiten determinar nada más que la superposición de hojas; por lo tanto desde este punto de vista, se puede definir a las diversas posibilidades de superposición de la siguiente manera:

1. Minerales simples. Estos minerales son formados por la superposición de hojas todas idénticas, separadas por espacios interfoliarees idénticos entre sí.

2. Minerales interestratificados regulares. Superposición de hojas idénticas, separadas por espacios interfoliarees de dos tipos alternando regularmente.

3. Edificios interestratificados. Superposición de hojas idénticas o no, separadas por espacios interfoliarees diferentes, que se suceden sin ley de repetición.

De esta manera, las diferencias entre los minerales arcillosos, las diferentes modificaciones que ellos sufren en el curso de su existencia en la hidrósfera, pueden explicarse por reemplazamientos iónicos al interior de una armadura fija.

Litología de los estratos del Paganzo.

Los perfiles estudiados, Las Blanquitas y Cortadera, se encuentran expuestos en la pendiente occidental del Cerro Guandacol, en el W de la Provincia de La Rioja, cuyas coordenadas geográficas son 68° 28' de longitud W de Green, y 29° 27' de latitud S aproximadamente. Aquí se observa uno de los perfiles más completos y típicos de esta formación, con una potencia total de 2.250 m Teruggi et. al. (1967).

La sucesión estratigráfica, de abajo hacia arriba, es la siguiente:

Basamento precámbrico, compuesto esencialmente, de esquistos micáceos, migmatitas, granitos, anfíbolitas, calizas cristalinas y venas de cuarzo. Sobre este basamento se depositan los estratos del paganzo, integrados por tres formaciones concordantes:

1. Formación Guandacol (Carbónico) 1.050 m de espesor, es típicamente de color verdoso y está formado por una asociación de psa-

mitas con rodados dispersos, limolitas y algunas psefitas (ortoconglomerados de tipo polimíctico y raramente conglomerados intraformacionales).

2. Formación Tupe (Carbónico Superior) con 416 m de espesor, donde se distinguen dos secciones: una inferior de color rosado, y una superior de color púrpura, las cuales se caracterizan, respectivamente, por psamitas arcósicas o líticas y por limolitas y lutitas en parte conglomerádicas, especialmente las superiores.

3. Formación Patquía (Pérmico), tiene 776 m de espesor, es predominantemente de color rojo que pasa a castaño y raramente a gris verdoso, está compuesto de psamitas feldespáticas, pelitas, margas y evaporitas.

En el perfil de Cortadera, ubicado unos 12 km al NE del anterior, la litología, en líneas generales, se repite, pero la presencia de grandes fallas longitudinales, provocan la repetición de las formaciones Guandacol y Tupe, sin que en el campo se advierta una exacta correspondencia en ambos sectores.

Restos vegetales, caracterizan la sucesión, en las lutitas que integran la parte alta de la entidad, han sido identificados los siguientes elementos florísticos: Cyclostigma, Calamites, Dawsonites, etc. Frenquelli (1949).

Ejemplos de minerales de arcillas interestratificadas encontradas en los estratos del Paganzo.

El estudio de estos minerales ha sido realizado por medio de difracción de Rayos X, sobre láminas orientadas, previa concentración de la muestra en su fracción menor de 4 micrones.

Los diagramas de las figuras 3, 4, 5 y 6, muestran los 4 tipos característicos encontrados.

A efecto de poder compararlos, se ha realizado sobre los diagramas una estimación cuantitativa de los componentes.

Para cada muestra se han realizado tres diagramas que se designan con las letras: N, muestra normal sin tratamientos, G, para la muestra glicolada y C, muestra calcinada a 550° C. Las preparaciones para cada uno de estos diagramas se obtuvieron de la siguiente manera:

Obtención de la fracción menor de 4 micrones. Las rocas son previamente molidas y luego puestas en suspensión en agua destilada por agitación y lavados sucesivos a las centrifuga hasta desfloculación y

estabilidad completa de la suspensión; las rocas que contienen carbonatos se tratan con HCl N/10 y las rocas con mucho yeso, se lavan para su eliminación con ClNa. La fracción menor de 4 micrones, fue separada por sifonado, después de un tiempo de sedimentación conveniente y depositada sobre una lámina de vidrio plano. Esta lámina

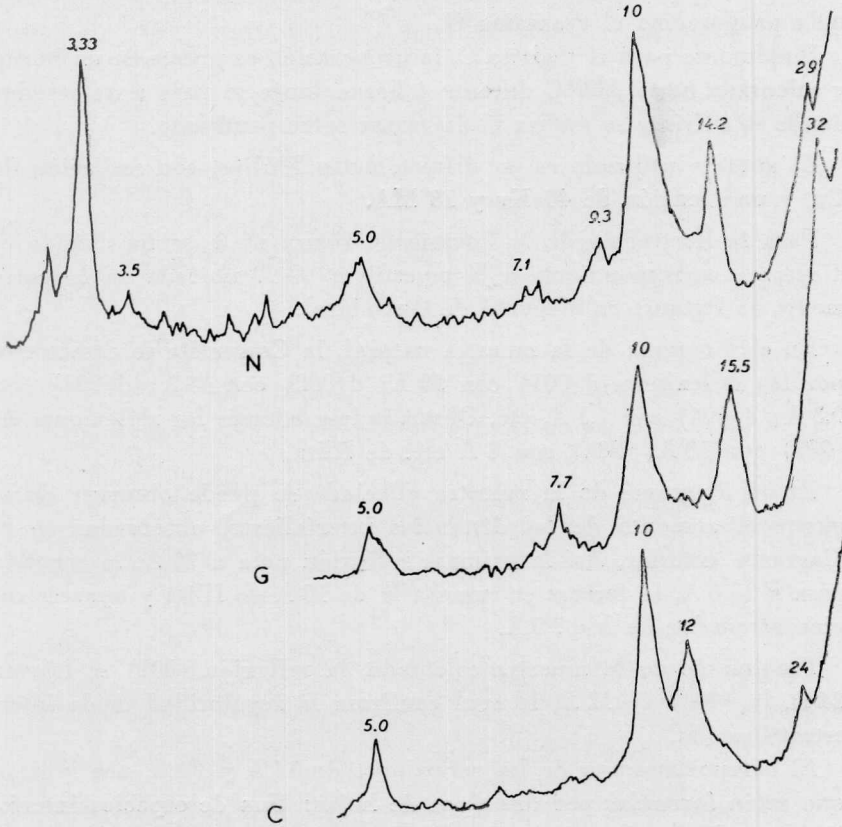


Figura 3

es puesta a secar lentamente y, como es sabido, durante el tiempo de secado las partículas se orientan naturalmente de tal forma que sus planos (001) quedan paralelos a la lámina de vidrio.

De esta manera se realizaron tres preparaciones: La primera se utilizó para obtener los diagramas N y G, la segunda para el diagrama Calcinada, y la tercera como reserva.

El registro de la muestra Normal, fue obtenido a partir de la preparación precedente, sin tratamiento alguno.

Para el registro de la muestra Glicolada, la preparación es ubicada en el interior de un desecador, cuyo fondo contiene glicol; se hace vacío por medio de una bomba y se deja la muestra en presencia de los vapores del glicol durante una hora, tiempo que se ha comprobado es suficiente para la máxima expansión, tanto de montmorillonita como de los otros minerales expansivos. La preparación así tratada proporciona el diagrama G.

Finalmente para el registro C, la preparación es puesta en un horno y calentada hasta 550°C durante 4 horas, luego se pasa a un secador donde se enfría y se realiza el diagrama correspondiente.

El aparato utilizado es un difractor Philips, con radiación de Cu, y una tensión de 40 Kv y 18 MA.

Para la ilustración de la Corrensita, figura n^o 3, se ha elegido el diagrama correspondiente a la muestra n^o G 97 ubicada en la parte media de Patquía en el perfil de Guandacol.

En el diagrama de la muestra natural, la Corrensita se caracteriza por las reflexiones $d(001)$ con 29 \AA ; $d(002)$ con 14 \AA ; $d(003)$ con 9.3 \AA ; $d(004)$ con 7.1 \AA , etc. Observándose además las reflexiones de (001) con 10 \AA , (002) con 5 \AA etc. de Illita.

En el diagrama de la muestra glicolada se puede observar claramente el aumento de las distancias interfoliarias, observadas en el diagrama anterior. Así la primera reflexión pasa a 32 \AA , la segunda pasa a 15.5 \AA , la tercera se suma a la de 10 \AA de Illita y aparece un pico alrededor de los 7.7 \AA .

Finalmente en la muestra calcinada, la reflexión (001) se fija en 24 \AA , la (002) en 12 \AA , lo cual confirma la regularidad de la interstratificación.

El comportamiento de las reflexiones de 14 \AA y 29 \AA , nos indican que están formadas por dos tipos de hojas: Una de espacios interfoliarias estables a la acción del glicol y a la calcinación, que son las de la clorita, y otro tipo de hojas con espacios interfoliarias inestables que son las de montmorillonita. Esta interstratificación explica la expansión del conjunto limitada a 15.5 y 32 \AA y la contracción por acción del calor a 12 y 24 \AA respectivamente. La presencia de los picos a 29 , 32 y 24 \AA con los distintos tratamientos y la aparición del pico a 7.7 \AA en la muestra glicolada, nos hablan de la regularidad de la interstratificación.

En la figura n^o 4, se encuentra el diagrama de la muestra n^o 503, de la porción inferior de Patquía del perfil de cortadera.

Este diagrama caracteriza a la interestratificación Illita-Montmorillonita (10-14 m) la cual en la muestra natural se tipifica por una

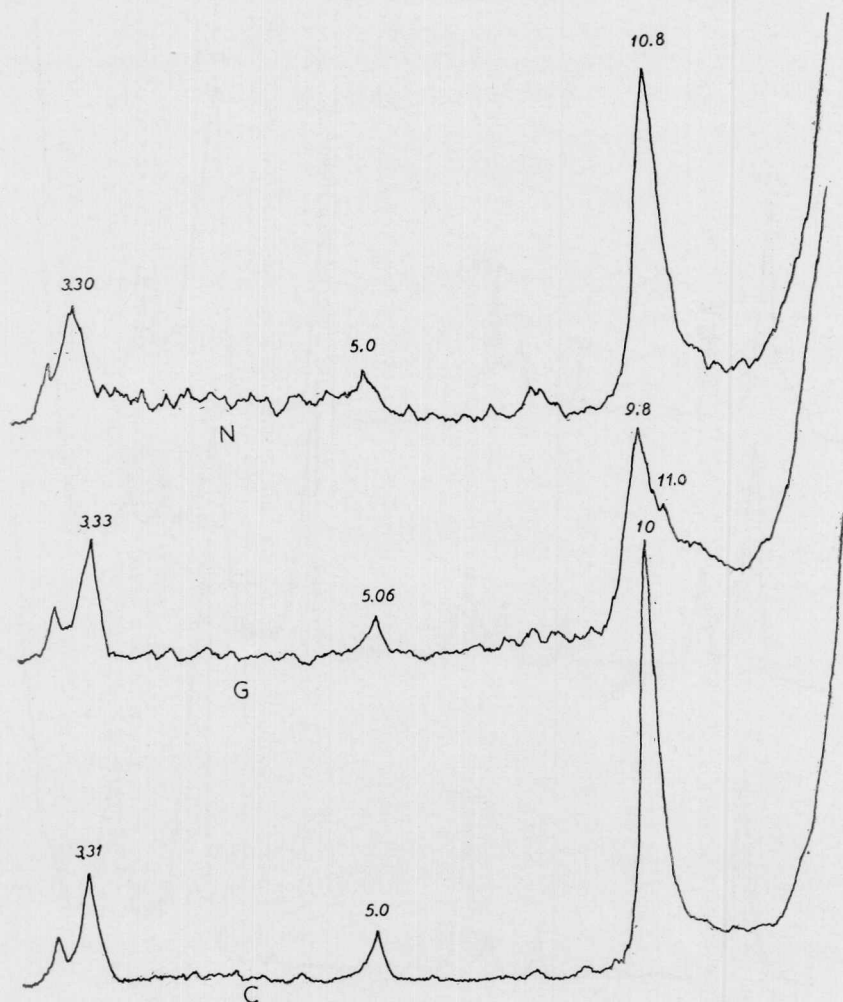


Figura 4

reflexión (001)/(001) con 10,8 Å; (002)/(002) con 5 Å y la (003)/(004) con 3,30 Å.

El espaciado 10,8 Å es un promedio obtenido de la reflexión (001) de illita con 10 Å y (001) de montmorillonita con 14,2 Å.

En la muestra glicolada, la reflexión (001)/(001) aparece en forma difusa alrededor de 11 Å y la reflexión (001)/(002), aparece más in-

tensa y aguda en 9,8 Å. La (003)/(004) en 5,06 Å y la reflexión en 3,33 Å se hace más aguda.

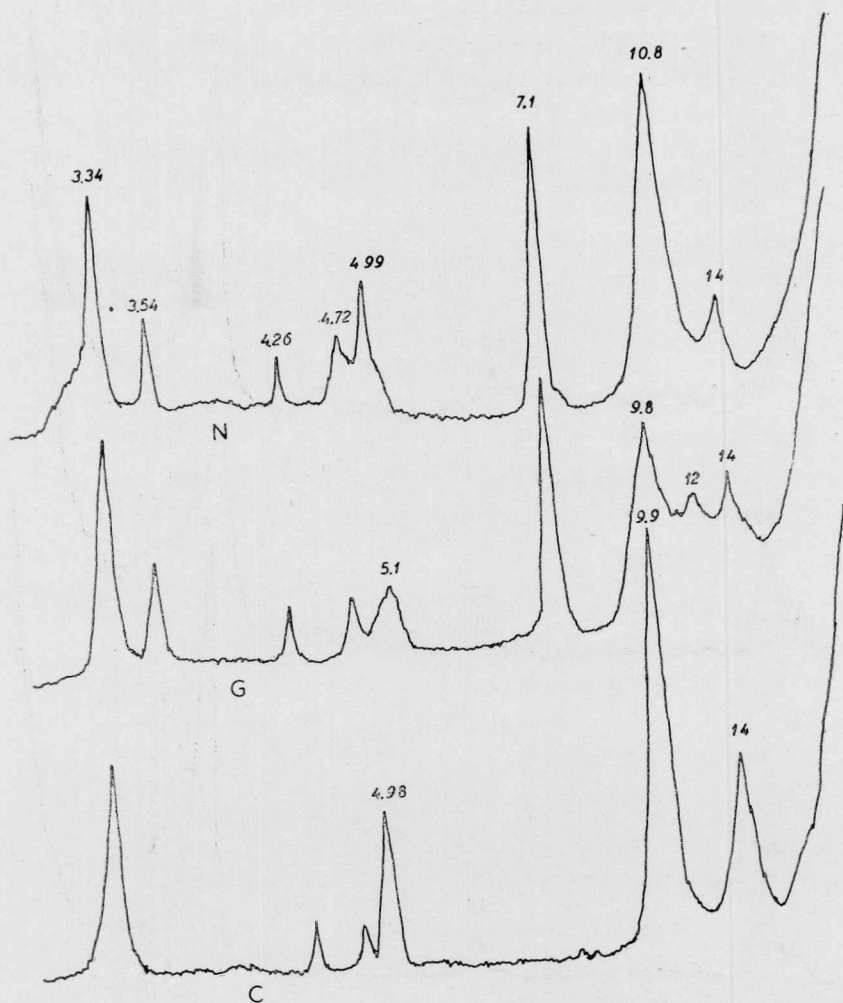


Figura 5

Al ser sometida a calcinación la primera reflexión se fija en 10 Å con un aumento de intensidad y simetría del pico, al igual que las restantes reflexiones que se fijan en 5,00 Å y 3,31 Å.

El comportamiento de las reflexiones de este diagrama se explica por la presencia de una interstratificación Illita Montmorillonita. Las variaciones en las distancias de separación de los planos y las in-

tensidades, están dadas por la proporción de capas expansivas en la interestratificación. De acuerdo a Weaver, C. E. (1955), tendríamos una proporción de 80 % de hojas no expansivas (illita) y 20 % de hojas expansivas (montmorillonita).

En la figura nº 5, que corresponde al diagrama de la muestra G 38, se puede ver el mismo tipo de interestratificación que la anterior, para la cual la interpretación es la misma, pero con proporciones diferentes, aquí se tiene:

70 % de hojas no expansivas (illita).

30 % de hojas expansivas (montmorillonita).

Esta determinación porcentual de la proporción de cada una de las hojas que forman la interestratificación está dada por la mayor o menor expansión de la reflexión (001)/(001), en el diagrama de la muestra glicolada. En el ejemplo anterior vimos que se expandía hasta 11 Å y en este caso la expansión llega hasta 12 Å.

La muestra de la figura nº 5 pertenece al perfil de Guandacol y se encuentra ubicada en la columna sedimentaria en la parte media del sector del mismo nombre.

La figura nº 6, muestra el diagrama de la interestratificación Clorita-Vermiculita, correspondiente a la muestra C 10 del perfil de Cortadera en la base del Tupe. La determinación de la interestratificación Clorita-Vermiculita, está basada exclusivamente en el comportamiento de la reflexión (001)/(001) de los dos minerales interestratificados, la cual tanto en la muestra natural como en la glicolada permanece alrededor de los 14 Å, y en el diagrama de la muestra calcinada se ve que se contrae hasta los 12 Å. Acompañan a esta interestratificación caolonita e illita.

La interpretación de la interestratificación Clorita-Vermiculita, se explica fácilmente por el comportamiento de la reflexión de (001) de Clorita y (001) de Vermiculita al ser calentada la muestra, el d(001) de Clorita permanece en 14 Å, mientras que el d(001) de Vermiculita se contrae a 10 Å, dando de esta manera, un d(001)/(001) de 12 Å.

Estos son los diagramas más característicos de los minerales de arcillas interestratificadas que se han encontrado en los perfiles de Las Blanquitas, Guandacol y Cortadera de la Provincia de La Rioja, existiendo además de los ya citados, mezclas de interestratificaciones diferentes.

Con respecto a la proporción, frente al resto de los minerales de las arcillas presentes, se ha encontrado una proporción del 50 % en el primer perfil y un 60 % en el segundo perfil. Weaver señala como promedio de interestratificados en rocas sedimentarias 70 %.

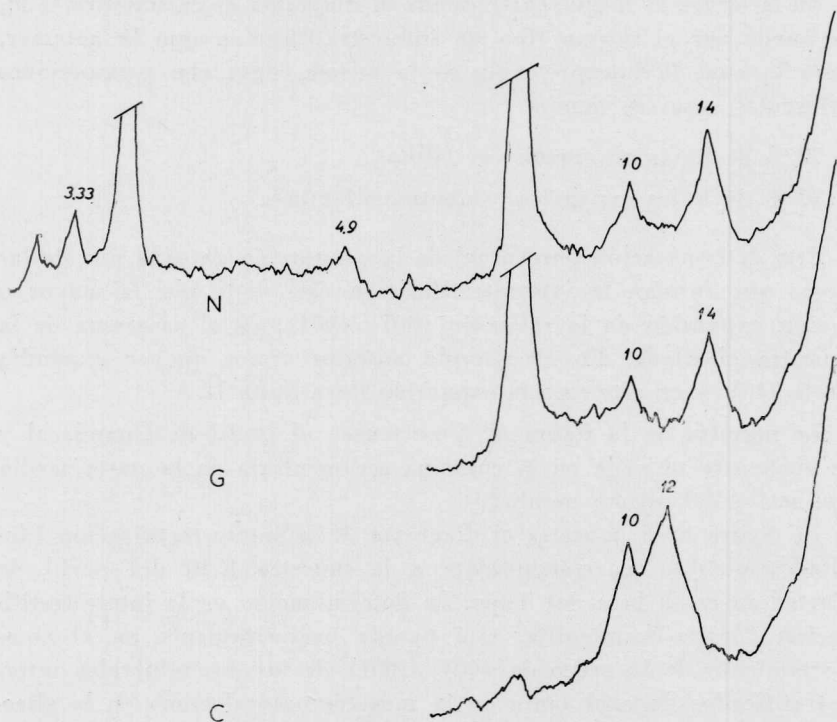


Figura 6

Distribución estratigráfica de los minerales de arcillas interestratificadas

En el cuadro N° 2 está representada la distribución de las arcillas, correspondientes al perfil "Las Blanquitas". Los números indican la estimación cuantitativa de las mismas.

En este perfil, la formación Guandacol, se encuentra caracterizada por la presencia de Illita, Clorita, y la interestratificación Illita-Montmorillonita.

En la Formación Tupe, se encuentra únicamente la presencia de Illita y Clorita. Mientras que la Formación Patquía, está caracterizada por Illita, la interestratificación Illita-Montmorillonita y la interestratificación regular Clorita-Montmorillonita (Corrensita), diferenciándose de esta manera, netamente de las anteriores.

CUADRO 2

Determinación porcentual de minerales de arcillas, del perfil « Las Blanquitas »

Formación	Nº de Proc.	Caolinita	Illita	Clorita	(10-14m)	(14c-14v)	(14c-14m)
P A T Q U I A (Pérmico)	G 126		2		4		4
	G 119	5	1		4		
	G 117		1		9		
	G 113		1		9		
	G 112		10				
	G 110	10					
	G 109		8		2		
	G 100				10		
	G 97			6			4
	G 85			7			3
	G 82			10			
T U P E (Carbónico Sup.)	G 79		6	4			
	G 78		7	3			
	G 77		4	6			
	G 76		3	7			
	G 71	3	3	4			
	G 67		5	5			
	G 63		4	6			
G U A N D A C O L (Carbónico)	G 59			3	7		
	G 54		5	5			
	G 52		1	9			
	G 51		4	6			
	G 48		5	5			
	G 43		2	8			
	G 38			3	7		
	G 36	5	1		3		
	G 32			9	1		
	G 27		8		2		
	G 22		9	1			
	G 18		3	7			
	G 14		5	5			
	G 13		4	3	3		
	G 10		4	6			
G 7		3	7				
G 5		6	4				
G 3		3	7				

(10-14m) interestratificación Illita-Montmorillonita (Allevardita).

(14c-14v) interestratificación Clorita-Vermiculita.

(14c-14m) interestratificación Clorita-Montmorillonita (Corrensita).

La Caolinita, se encuentra esporádicamente, distribuida en niveles a lo largo de todo el perfil.

En el Cuadro N° 3, se puede observar una distribución similar, con la aparición de la interstratificación Clorita-Vermiculita, muy marcada en la Formación Tupe. En este perfil, es remarcable nuevamente la presencia de la corrensitita, restringida únicamente a la Formación Patquía, es decir al Pérmico.

Origen de los interstratificados.

En trabajos anteriores, los autores que han descripto la presencia de minerales de arcillas interstratificadas, en rocas sedimentarias, han tratado también el problema de su génesis. Las conclusiones a las que arribaron, la mayor parte, no concuerdan con las que se pueden extraer del ejemplo de los estratos del Paganzo. Una síntesis de los mismos, se encuentra en Millot (1964) pp. 229, 255, 301 y 370, por los cuales se puede ver que se forman en ambientes salíferos de origen marino; el mecanismo sería por agradación, a partir de minerales "abiertos" (illitas), por fijación de iones Mg^{++} en su estructura, para dar origen a los interstratificados Clorita-Montmorillonita y Clorita-Vermiculita. De la misma manera que el Ca y el H_2O , de algunas capas de Montmorillonita, pueden ser reemplazadas por K y se forma la interstratificación illita-montmorillonita, todo esto siempre en ambiente marino.

En primer lugar, para el caso de los interstratificados del Paganzo, debe descartarse el origen marino, ya que la serie sedimentaria, es típicamente continental (criterios paleotológicos y litológicos), depositada en una cuenca tectónica.

Sin embargo, un punto de coincidencia, en la forma de yacencia del mineral interstratificado Clorita-montmorillonita, es decir la corrensitita, es que se encuentra asociada a evaporitas, que es nuestro caso y que Grim, Droste y Bradley (1960), al estudiar los pasajes arcillosos de los yacimientos de potasa, encontraron en el pérmico de Nueva México (EE. UU.), donde las facies de evaporitas, contienen junto a las sales de sodio y potasio, magnesita y dolomita. Aquí los minerales de arcillas están representados por interstratificados Clorita-Montmorillonita y Clorita-vermiculita.

Estos autores, piensan, con razón, que es muy improbable la introducción de clorita en la cuenca sedimentaria, para dar origen a estos minerales; más bien se formarían a partir de productos degradados

CUADRO 3

Determinación porcentual de minerales de arcillas, del perfil « Cortadera »

Formación	Nº de Proc.	Caolinita	Illita	Clorita	(10-14m)	(14c-14v)	(14c-14m)
P A T Q U I A (Pérmico)	523	10					
	521		3	1	6		
	520		2	8			
	518		9	1			
	517		5	2	3		
	516		5	2	3		
	515		4	2	4		
	514		5	1	4		
	513		1				9
	511		8	2			
	510		3				7
	509	6	3	1			
	508	5		3	2		
	507	5	2	3			
	506	3	4	3			
	505		4	3	3		
	504			7	3		
	503					10	
	502			7			3
	500			10			
T U P E (Carbónico Sup.)	C 36	5	5				
	C 35	4		3	3		
	C 33	6			2	2	
	C 32		4			6	
	C 31				10		
	C 30		7			3	
	C 29		8			2	
	C 28				7	3	
	C 26			7	3		
GUANDACOL (Carbónico)	C 25		2	8			
	C 24		4	6			
	C 23		4	3		3	
	C 22		4	6			

(10-14m) interestratificación Illita-Montmorillonita (Allevardita).

(14c-14v) interestratificación Clorita-Vermiculita.

(14c-14m) interestratificación Clorita-Montmorillonita (Corrensita).

por fijación de magnesio. En el medio salino que estudiaron, el edificio más estable y frecuente es la corrensitita.

Este es el mismo resultado a que llegó Peterson (1961), en un estudio comparado sobre los minerales de arcillas de las evaporitas de Alemania y Nueva México.

Grim, Droste y Bradley (1960) buscan una interpretación para el considerable desarrollo de la Corrensitita en los sedimentos salíferos del Pérmico de Nueva México, y explican que a partir del momento que se alcanza un equilibrio entre la concentración de las aguas y la concentración en los espacios interfoliares en iones Mg, es muy verosímil y económico de ubicar y repartir estos iones de una manera regular y alternante. Esto corresponde a la regla de Pauling, que exige que las estructuras cristalinas alcancen la neutralidad en el menor espacio posible. Aquí estaría la razón de la frecuencia de estos interestratificados regulares en las series sedimentarias.

En el presente caso, no es posible aún determinar con exactitud, el origen de estos minerales interestratificados, para lo cual se necesita contar con un mayor número de análisis. Sin embargo, es posible que se formen por agradación de minerales detríticos abiertos, en un ambiente rico en sales, hasta llegar a la formación de Clorita, pasando por las etapas intermedias que son los minerales de arcillas interestratificadas.

En resumen, se puede decir, que la Corrensitita de Patquía se encuentra netamente en una asociación de ambiente continental, predominantemente clástica; sin embargo hay en ella intercalaciones de naturaleza evaporítica, posiblemente resultantes de ciclos de aridez, que en cierto modo tienden a emparentarla, en grado reducido, con una facies evaporítica.

Agradecimientos: Quiero expresar mi agradecimiento a los Profesores George Millot, Jacques Lucas y Guy Jehl del centro de Sedimentología de Estrasburgo (Francia), por las numerosas discusiones sobre los minerales de arcillas interestratificados, y al Dr. Mario E. Teruggi por la lectura del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- BRADLEY, W. F. (1945). *Diagnostic criteria for clay minerals*. Amer. Min. 30, p. 704-713.
- (1950). *The alternating layer sequence of Rectorite*. Amer. Min. 35, p. 590-595.
- BRADLEY, W. F. et WEAVER, C. E. (1956). *A regularly interstratified chlorite-vermiculite clay mineral*. Amer. Min. 41, p. 497-504.
- BROWN, G. et MAC EWAN, D. M. C. (1951). *X ray diffraction by structures with interstratification*, in G. W. Brindley, « *X ray identification and crystal structures of clay minerals* ». Min. Soc. London, p. 266-284.
- BROWN, G. (1965). *Report of the clay minerals group sub committee on nomenclature of clay minerals*. Clay Min. Bull. 2, p. 294-302.
- (1961). *The X ray identification and crystal structures of clay minerals*. Min. Soc. London, 544 p.
- CAILLERE, S. MATHEU SICAUD, A. et HENIN, S. (1950). *Nouvel essai d'identification du mineral de la Table, prés d'Allevard L'allevardite* Bull. Soc. Fr. Min. 53, p. 193-201.
- CUERDA, J. A. (1967). *Formación Guandacol (Devónico Sup. - La Rioja)*. C. I. C. Prov. Bs. Aires. Notas IV-Nº 7, 14 p.
- DE ALBA, E. (1954). *Descripción Geológica de la hoja 16c, Villa Unión, Prov. de La Rioja*. Direc. Nal. de Min. 82, 81 p.
- EARLEY, J. W., BRINDLEY, G. W., MC VEAGH, W. J. et VANDEN HEUVEL, R. C. (1956). *A regularly interstratified montmorillonite-clorite*. Am. Min., 41, p. 58-267.
- FRENGUELLI, J. (1949). *El perfil de la cortadera en las faldas orientales de los cerros de Villa Unión, La Rioja*. Revista de la Asoc. Geol. Arg., IV, 3, p. 4.
- GRUNER, J. W. (1934). *The structure of vermiculite and their collapse by dehydration*. Amer. Min. 19, p. 557-575.
- GRIM, R. E. DROSTE, and BRADLEY, W. F. (1960). *A mixed layer clay minerals associate with an evaporite*. Clay and Clay Minerals 8th Nat. Conf. 1959, p. 228-236.
- HENDRICKS, S. B. et JEFFERSON, M. E. (1938). *Structure of vermiculites and mixed vermiculite-Chlorite*. Amer. Min., 23, p. 852-862.
- HENDRICKS, S. B. et TELLER, E. (1942). *X ray interference in partially ordered layer lattice*. Jour. Chem. Phys. 10, p. 147-167.
- KUBLER, B. (1961). *Argiles permotriassiques du Nord Sahara, premiere mise au point*. Repport, Cie. Fr. Pétroles.
- LIPPMANN, (1959). *Corrensite in Hintze-Chudoba*. Hand. der mineralogie, de Gruyter, Berlin, 2, p. 688-691.
- (1956). *Clay minerals from the röhth member of the triassic near Gottingen (Germany)*. Jour. Sed. Petrology, 26, p. 125-129.
- LUCAS, J. (1962). *La transformation des mineraux argileux dans la sedimentation, etudes sur les argiles du trias*. Memoires du service Carte Geol. Als. Lor. Nº 23.
- MAC EWAN, D. M. C. (1949). *Some notes on the recording and interpretation of X ray diagrams of soil clays*. Jour. Soil Science 1, p. 90-103.
- MAC EWAN, D. M. C., RUIZ AMIL, A. et BROWN, G. (1961). *Interstratified clay mi-*

- nerals, in Brown, G. « *The X ray identification and crystal structures of clay minerals* ». Min. Soc. London p. 393-445.
- MERING, J. (1949). *L'interference des rayons X dans les systemes a stratification désordonnée*. Acta Cryst. 2, p. 371-377.
- MERING, J. (1962). Discussion in Lucas, J. (1962) « *Remarques sur les minéraux argileux interstratifiés et leur genèse* ». Coll. Intern. C. N. R. S. 105.
- MILLOT, G. (1964). *Géologie des Argiles*. Masson, Paris.
- NAGELSMIDT, G. (1944). *Illite and Bravaisite*. Min. Mag. 27, p. 59-61.
- PEDRO, G. (1965). *La clasificación des minéraux argileux*. Annales Agronomiques, Vol. 16 N° Hors série. 108 p.
- PETERSON, M. N. A. (1961). *Mineral assemblages from evaporitic rocks, in the systems MgO, CaO, Al₂O₃, SiO₂, H₂O*. Abstr. Progr. Ann. Meets, p. 121 A.
- (1962). *The mineralogy and Petrology of upper Mississippian carbonate rocks of the Cumberland plateau in Tennessee*. Journ. Geol. 70, p. 1-31.
- SCHMEHL, W. R. et JACKSON, M. L. (1956). *Interstratification of layer silicates in soil clays*. Clays and clay min. 4th. Nat. Conf. 1955 p. 423-428.
- TERUGGI, M. E., ANDREIS, R., IÑIGUEZ, A. M., ABAIT, J. P., MAZZONI, M. et SPALETTI, L. A. (1967). *Sedimentology of the Paganzo beds at cerro Guandacol, Province of La Rioja, Argentine*. (En prensa). Rev. Asoc. Geol. Argentina.
- WEAVER, C. E. (1956). *The distribution and identification of mixed layer clays in sedimentary rocks*. Amer. Min. 41, p. 202-221.