

## FORMACION DE CORRENSITA EN TURBIDITAS CALCAREAS CON SILEX DEL CAMPO DE GIBRALTAR (SW DE ESPAÑA)

P. Rodríguez Jiménez\*, M. D. Ruiz Cruz\* y F. Carrasco\*

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo fundamental el poner de manifiesto las relaciones que existen entre el proceso de silicificación de las calizas turbidíticas y el desarrollo de corrensita.

La mineralogía determinada viene condicionada por dos factores: tipo de aportes y ambiente diagenético. El tipo de aportes es similar, en gran medida al de las turbiditas calcáreas que constituyen la base de estas Unidades, donde la illita y los interestratificados I-E (o esmectitas) son los constituyentes fundamentales. El ambiente diagenético es el responsable del desarrollo de corrensita y posibles zeolitas, así como de la silicificación de las calcarenitas. La paragénesis y las características químicas determinadas permiten señalar para el ambiente de formación de estos minerales una elevada actividad de sílice, y un contenido importante en hierro y magnesio, si bien no ha de estar en relación necesariamente con medios evaporíticos.

La liberación de Fe y Mg de las calizas silicificadas ha podido influir decisivamente en el desarrollo de los minerales citados así como en el crecimiento de gran número de óxidos de hierro. La silicificación ha tenido lugar durante una diagénesis temprana, mediante un proceso inorgánico, dada la ausencia de organismos silíceos y de manifestaciones volcánicas en relación con estos materiales.

**Palabras clave:** *Corrensita, zeolitas, diagénesis, silicificación. Campo de Gibraltar.*

### ABSTRACT

In this paper is considered the relationship between the process of silicification in turbiditic limestones and the growth of corrensita.

This mineralogy is thought to be a result of two fundamental factors: a) Type of detrital material, and b) Diagenetic conditions of the environment.

*Type of detrital material* (in general similar to that found in other calcareous rocks of the Campo de Gibraltar Units) determine the presence of illite and mixed-layers illite-smectite, limited smectite and scarce kaolinite.

*Diagenetic environment* is responsible for the corrensita and possible zeolite growth, and the carbonate silicification. The paragenesis and chemical characteristics studied showed that the environment for the formation of these minerals needs a high activity of silica in solutions, a high content of iron (divalent) and magnesium, but is not necessarily be in relation with evaporitic deposits and thus alkaline conditions of formations.

In this examples, the silicification process of limestone (which shows in the chemical analysis a certain proportion of iron and magnesium) is accompanied by iron oxides growth. The release of magnesium did not, as it frequently does, cause dolomite growth but, instead, led to the corrensita formation.

Because of the absence of siliceous organisms (radiolarian, sponge-spicules...) in this rocks, the silicification process which has conduced to development of chert nodules probably took place in an early stage of diagenesis, using silica precipitation from the solution. In this case, the volcanic activity cannot be considered as a last source of silica, as there is no evidence for contemporary volcanism with the sedimentation of these materials.

**Key words:** *Corrensita, zeolite, diagenesis, silicification, Campo de Gibraltar.*

---

\* Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071-Málaga.

## Introducción

La presencia de sílex en sedimentos calcáreos turbidíticos ha sido puesta de manifiesto en las Cordilleras Béticas, Alpes y otras zonas del ámbito mediterráneo. Podemos citar en este sentido el trabajo de Bustillo y Ruiz Ortiz (1981), en el que se estudian los sílex asociados a turbiditas calcáreas del Kimmeridgense-Titónico inferior, por la semejanza de facies con las turbiditas estudiadas aquí.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental el poner de manifiesto las relaciones existentes entre el proceso de silicificación de las calizas turbidíticas y el desarrollo de determinados minerales de la arcilla (especialmente corrensita), así como de zeolitas asociadas a las calizas silicificadas. Las conclusiones de este trabajo se basan, tanto en las características texturales y mineralógicas de las calcarenitas y niveles margosos intercalados en las mismas, como en la mineralogía de la fracción menor de 2 micras y las características del sílex.

Para realizar este estudio se han elegido tres secuencias, de características similares, cuya situación geológica se describe en el apartado siguiente.

## Encuadre geológico

Las Unidades del Campo de Gibraltar, con una posición tectónica intermedia entre las zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas, están constituidas por diversos mantos de corrimiento superpuestos que corresponden a materiales que se extienden desde el Cretácico inferior al Mioceno inferior, en su mayor parte con características turbidíticas (Didon, 1969).

Las características estratigráficas de estas Unidades permiten diferenciar varios grupos (Fontboté y Vera, 1982 y Esteras, 1984), uno de los cuales, el conjunto Numidiense, ocupa la posición tectónica más elevada. Este conjunto está constituido por las denominadas «areniscas del Aljibe» (Gavala, 1924) y la «serie base» de las mismas. Las series estudiadas en este trabajo pertenecen precisamente a esta «serie base» del Aljibe si bien presentan ciertas peculiaridades. La situación geográfica y geológica de estas secuencias se ha representado en la fig. 1. Se presentan en pequeños afloramientos caracterizados por la alternancia de calcarenitas y margas y por la presencia de nódulos de sílex en algunos de los bancos carbonatos. Las secuencias muestreadas son las siguientes (figs. 2, 3 y 4):

### *Columna nº 1: Cabrito 3*

Está situada en la ladera septentrional de la Sierra del Cabrito, en las cercanías del cortijo del «Tío Noria». Se accede por el camino forestal que se inicia en el km. 91 de la carretera nacional nº 340 (Hoja topográfica nº 1077). Se trata de un tramo de 25 m. de potencia de margocalizas pardo verdosas con niveles de calcarenitas

grises, en bancos inferiores a 0,5 m. de potencia, presentando nódulos de sílex en los niveles inferiores.

### *Columna nº 2: Carretera del Santuario de la Luz*

Se sitúa en la carretera del Santuario de la Luz, al sureste de la dehesa de las Caberuelas (Hoja topográfica nº 1077). Se han muestreado 14 m. de serie, constituida por una alternancia de calcarenitas grises conteniendo nódulos de sílex en los tramos medios de la columna, con margas de colores claros.

### *Columna nº 3: Camino Sierra de Ojén*

Está situada en el camino forestal de la Sierra de Ojén, 450 m. al NW de la columna nº 1. Tan solo afloran 9 m. de serie constituida por una alternancia de margas y arcillas amarillentas con calcarenitas grises en bancos de 40 cm. de espesor. Los nódulos de sílex se sitúan en los niveles inferiores del afloramiento.

## Características texturales y mineralógicas de las calcarenitas

Se han determinado fundamentalmente al microscopio petrográfico y mediante los diagramas de DRX realizados a las muestras totales.

### *Estudio petrográfico:*

#### — Columna nº 1.

Las muestras estudiadas en esta secuencia son calcarenitas fosilíferas, con fauna muy variada y grano grueso. Los cuarzos detríticos, de pequeño tamaño, son escasos y aparecen en gran parte reemplazados por carbonatos. Asimismo, aparecen, si bien en pequeña proporción, algunas laminillas de mica blanca y granos de glauconita. Rellenando huecos en la roca y creciendo aparentemente en relación con el cemento calcáreo, aparecen filosilicatos pardos, mal definidos, observándose en otras zonas huecos rellenos por clorita de tamaño de grano pequeñísimo. Las muestras de esta secuencia no pueden clasificarse como calcarenitas s.s., dada la gran cantidad de filosilicatos que presentan (fig. 5).

#### — Columna nº 2.

Las calcarenitas de esta secuencia presentan una mayor variedad textural-mineralógica:

Existen calcarenitas de grano grueso, donde los detríticos son escasos, siendo en cambio muy abundante el cemento calcáreo. En pequeña proporción aparece también cemento síliceo (calcedonia). Este tipo de rocas no pueden tampoco denominarse calcarenitas s.s. (Malesani y Manetti, 1970), sino más bien, calizas arenosas (Vatan, 1967).

Otro grupo de rocas son, en cambio, calcarenitas, con cemento muy escaso y tamaño de grano fino. En estas rocas ha podido observarse que la recristalización

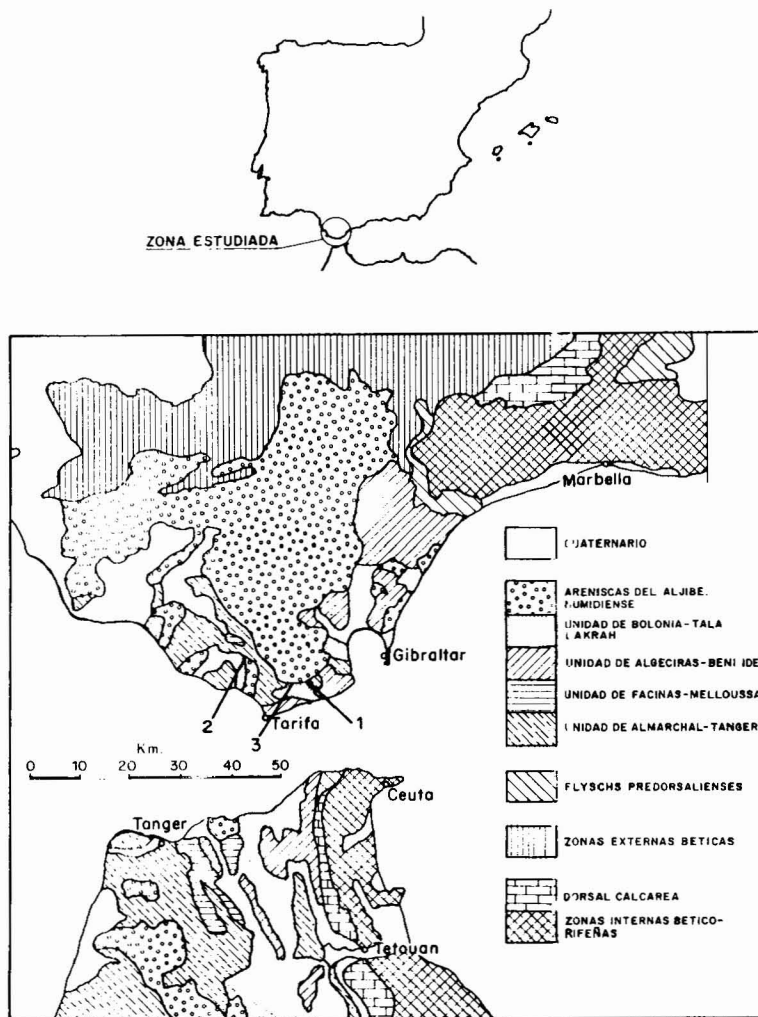


Fig. 1.—Mapa de situación general (Sup.), esquema geológico de las orillas del Estrecho de Gibraltar y situación de las secuencias estudiadas (Inf.). 1, Cabrito. 2, Santuario de la Luz. 3, Camino de Sierra de Ojén.

diagenética ha dado lugar al desarrollo de carbonatos ricos en hierro.

Por último, existen calcarenitas caracterizadas por un cemento formado por grandes cristales de calcita y la presencia de grandes granos de cuarzo posiblemente eólico. En estas rocas se observa el crecimiento en los huecos de filosilicatos de baja birrefringencia junto con opacos y romboedros de carbonatos de hierro.

— Columna nº 3.

Las muestras estudiadas en esta secuencia son calcarenitas de grano muy grueso, constituidas por restos fósiles de gran tamaño con contornos desvaídos debido a la recristalización. También aparecen cuarzos detríticos de gran tamaño, a veces muy redondeados (eólicos?) con los bordes corroídos frecuentemente por el carbonato.

También son frecuentes los grandes granos de glauconita normalmente rotos. Todos los detríticos aparecen cementados por calcita espática que constituye grandes cristales o bien crecimientos fibroso-radiados. La matriz arcillosa es, en general, muy escasa. Solo en ciertas zonas de la muestra aparece una matriz grisácea (¿clorítica?) y, en menor proporción, arcillas pardas, de aspecto similar a las de la columna anterior. En algunas de las muestras estudiadas ha podido observarse que el desarrollo de glauconita viene acompañado por óxidos de hierro autigénicos.

*Estudio por difracción de rayos X*

La composición mineralógica deducida de los diagra-

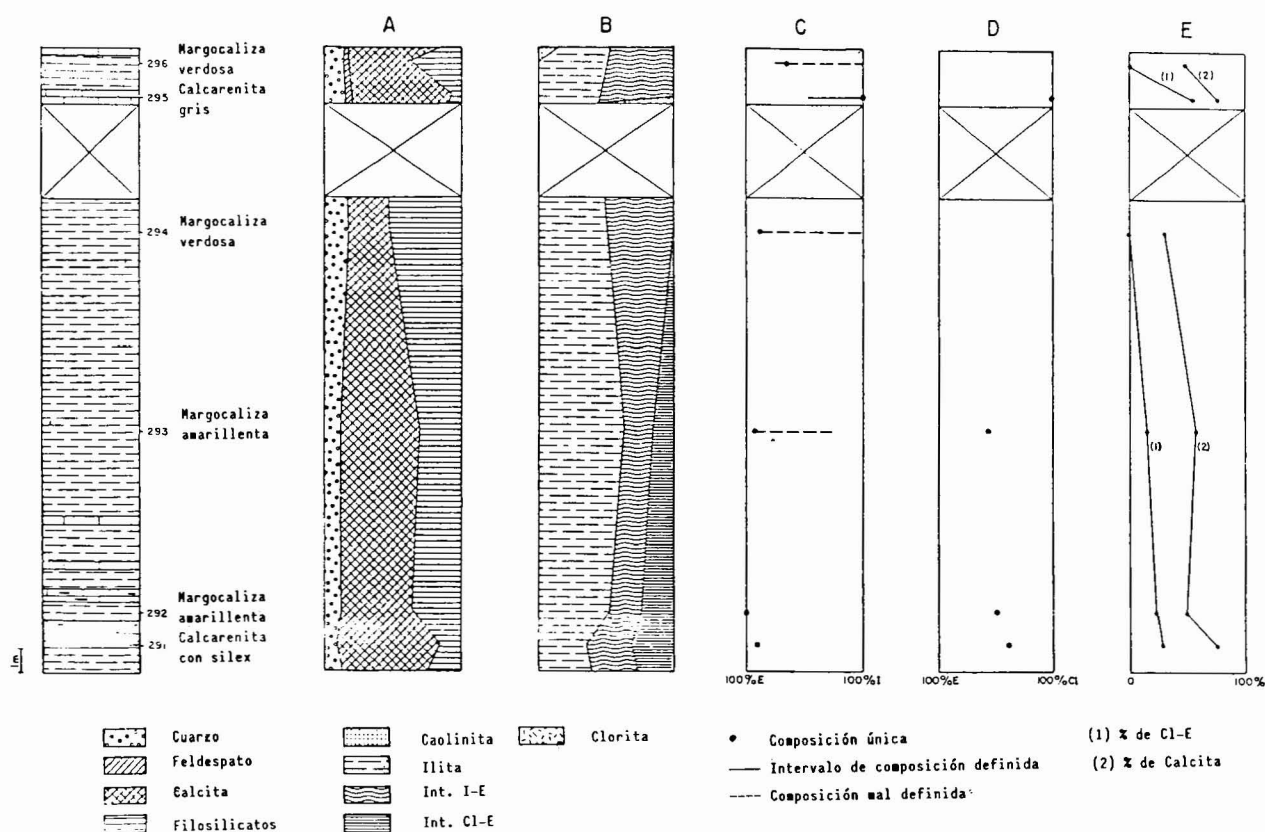


Fig. 2.—Variación de la composición mineralógica de la muestra total (A), de la fracción menor de 2 micras (B), de la composición de los interestratificados I-E (C) y Cl-E (D), y relación entre los porcentajes de calcita y corrensite (E). Cabrito 3.

mas de DRX para las muestras estudiadas en estas secuencias se ha recogido en la tabla 1. En las figs. 2, 3 y 4 se muestra la evolución de la composición mineralógica de las muestras totales a lo largo de la columna.

Puede observarse que se trata de rocas muy ricas en carbonatos, siendo sumamente escasos los niveles típicamente arcillosos. La composición mineralógica de los niveles de calcarenitas es bastante homogénea en las tres secuencias estudiadas: cuarzo (4-14%), albita (0-5%), calcita (75-96%) y laminares (0-16%). Como ya se ha señalado, las muestras con mayores porcentajes de filosilicatos corresponden a la columna nº 1. La composición mineralógica de las margocalizas es mucho más variada: cuarzo (6-24%), albita (0-3%), calcita (30-64%) y filosilicatos (18-58%). En el diagrama triangular de composición (fig. 5) se muestra gráficamente la composición mineralógica de estas muestras. Como ya se ha señalado, aparece una acumulación de puntos (correspondientes a las secuencias 2 y 3), en la zona de las calcarenitas s.s. Las correspondientes a la columna nº 1 se sitúan en cambio muy próximas al campo de las margas. El resto de las muestras abarcan una amplia gama de composiciones dentro del campo de las margas. Solo una de las muestras estudiadas se sitúa en el campo de las arcillas.

### Mineralogía de la fracción menor de 2 micras

La gran homogeneidad puesta de manifiesto en el estudio mineralógico de las muestras totales entre las tres secuencias estudiadas se acentúa aún más en la mineralogía de la fracción menor de 2 micras. En la tabla 2 se han recogido los análisis semicuantitativos realizados a partir de los diagramas de DRX. En las figs. 2, 3 y 4 se muestra la variación de la composición mineralógica de esta fracción, a lo largo de las columnas. Los constituyentes fundamentales son: illita, interestratificados illita-esmectita e interestratificados clorita-esmectita. Sólo de forma ocasional aparecen caolinita y clorita. La representación en el diagrama triangular de composición (fig. 5) indica que las muestras de las tres secuencias aparecen íntimamente mezcladas, abarcando una gama de composiciones bastante amplia. Las características determinadas para los minerales de la fracción fina se exponen a continuación.

*La caolinita* solo está presente en dos de las muestras estudiadas y, en porcentajes tan bajos que resulta prácticamente imposible determinar el politipo o la cristalinidad de la misma.

*La illita* aparece de forma continua en las tres secuencias, en porcentajes que oscilan entre 24 y 64%. Aunque la

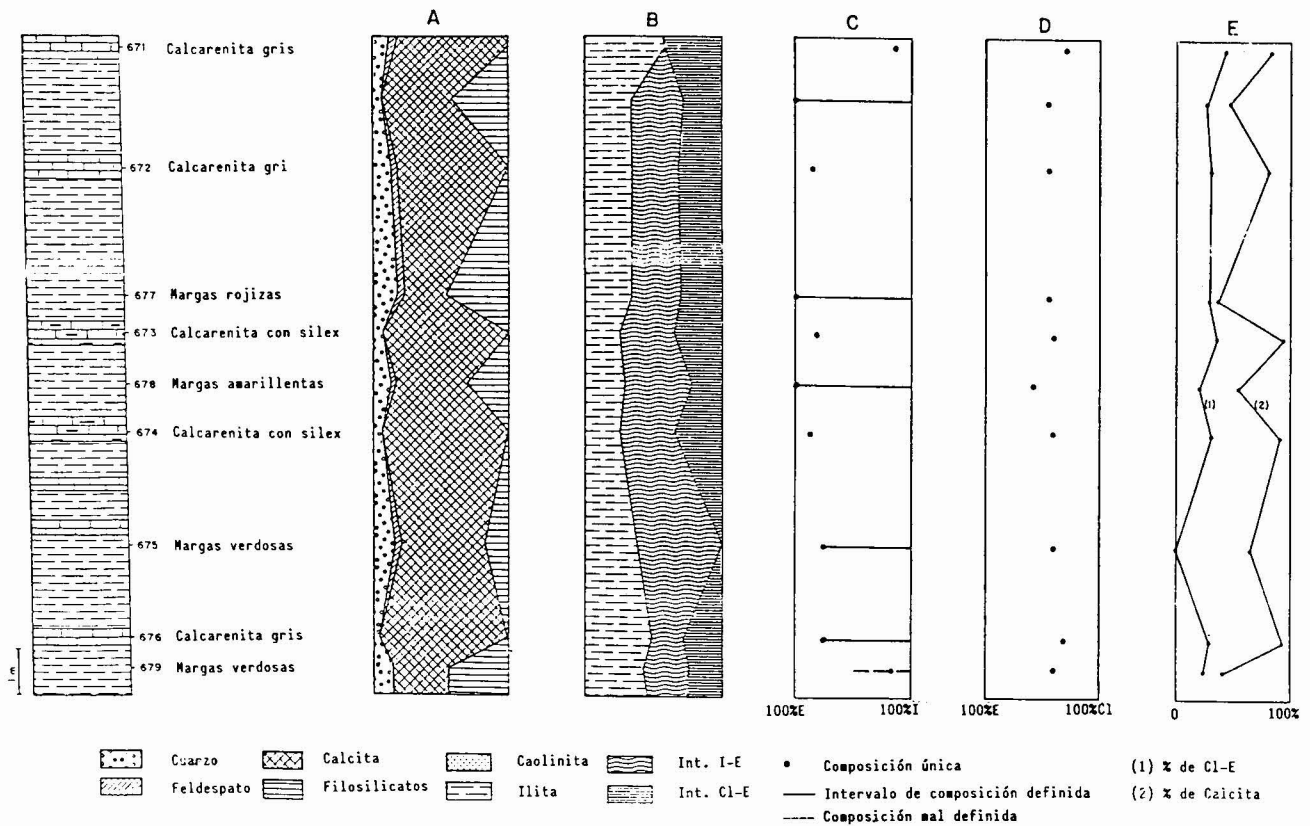


Fig. 3.—Variación de la composición mineralógica de la muestra total (A), de la fracción menor de 2 micras (B), de la composición de los interestratificados I-E (C) y C1-E (D), y relación entre los porcentajes de calcita y corrensite (E). Santuario de la Luz.

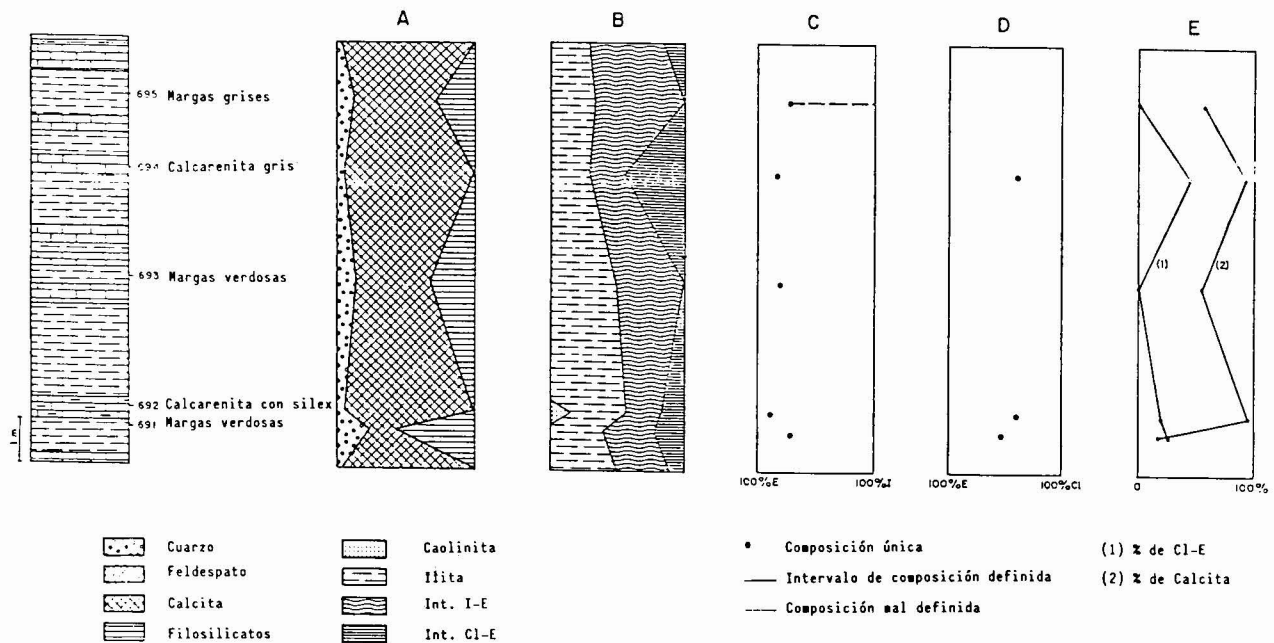


Fig. 4.—Variación de la composición mineralógica de la muestra total (A), de la fracción menor de 2 micras (B), de la composición de los interestratificados I-E (C) y C1-E (D), y relación entre los porcentajes de calcita y corrensite (E). Camino Sierra de Ojén.

Tabla 1.—Composición mineralógica. Muestra total.

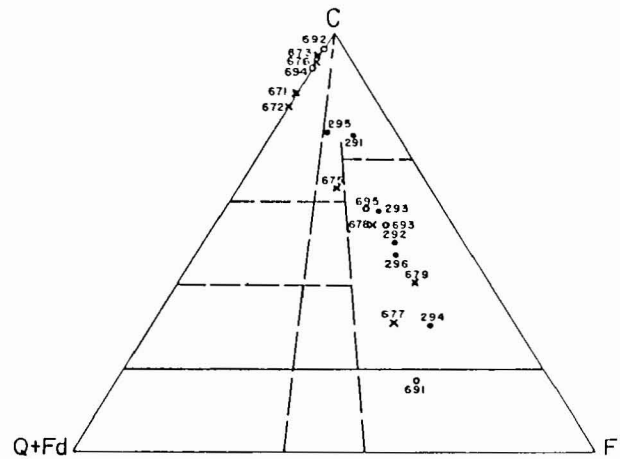
		Q	Pl	C	F
Columna nº 1 .....	CR-291	9	—	75	16
	CR-292	13	—	50	37
	CR-293	12	—	58	30
	CR-294	17	—	30	53
	CR-295	13	3	76	8
	CR-296	12	2	48	38
Columna nº 2 .....	CR-671	11	5	85	Tr
	CR-671A	6	—	47	47
	CR-672	14	4	82	Tr
	CR-677	19	3	32	46
	CR-673	5	—	95	—
	CR-678	13	2	55	30
	CR-674	6	—	94	—
	CR-675	15	3	64	18
	CR-676	4	—	96	—
CR-679	16	—	41	43	
Columna nº 3 .....	CR-691	24	—	18	58
	CR-692	4	—	96	—
	CR-693	13	Tr	55	32
	CR-694	6	—	94	—
	CR-695	13	—	58	29

Q = cuarzo.  
C = calcita.  
Pl = plagioclasa.  
F = filosilicatos.

Tabla 2.—Composición mineralógica. Fracción menor de 2 micras.

		K	I	I-E	Cl-E	Cl
Columna nº 1 .....	CR-291	—	39	38	29	—
	CR-292	—	53	24	23	—
	CR-293	—	64	21	15	—
	CR-294	—	51	49	—	—
	CR-295	—	47	Tr	—	53
	CR-296	5	45	50	—	—
Columna nº 2 .....	CR-671	—	58	Tr	42	—
	CR-671A	—	32	40	28	—
	CR-672	—	31	37	32	—
	CR-677	—	33	27	30	—
	CR-673	—	25	41	34	—
	CR-678	—	29	50	21	—
	CR-674	—	24	42	34	—
	CR-675	—	38	72	Tr	—
	CR-676	—	48	24	28	—
CR-679	—	42	33	25	—	
Columna nº 3 .....	CR-691	—	40	26	24	—
	CR-692	15	37	28	20	—
	CR-693	—	48	52	—	—
	CR-694	—	28	29	43	—
	CR-695	—	34	66	—	—

K = caolinita.  
I = illita.  
I-E = interestratificados illita-esmectita.  
Cl-E = interestratificados clorita-esmectita.  
Cl = clorita.



• SIERRA DE OJEN  
x SANTUARIO DE LA LUZ  
• CABRITO 3

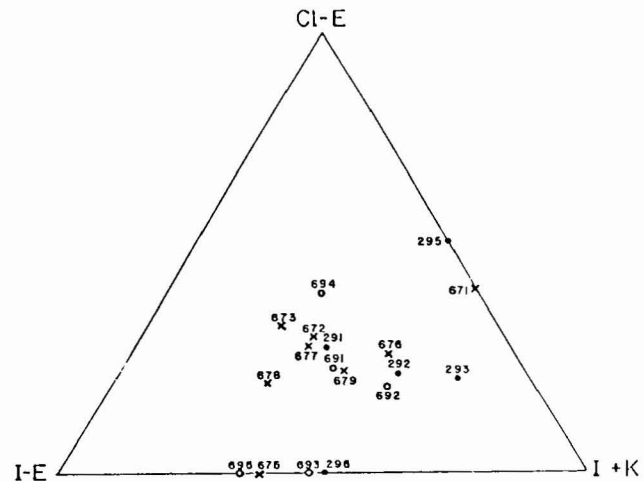


Fig. 5.—Diagramas triangulares de composición: muestra total (Sup.). Fracción menor de 2 micras (Inf.).

relación no es demasiado clara, dentro de cada secuencia las muestras con menor contenido en illita suelen corresponder a los niveles de calcarenitas. La primera reflexión de la illita aparece en ciertos casos bien individualizada en tanto que en otras muestras, esta reflexión aparece englobada en la de los interestratificados I-E. En general, se trata de illitas muy abiertas, de baja cristalinidad. Se ha determinado de forma sistemática la relación de intensidades  $I_{002}/I_{001}$ , obteniéndose los valores recogidos en la tabla 3. La gama de valores obtenidos es muy amplia (0,21-0,57) no observándose ninguna relación entre composición de las illitas y la litología. Los valores obtenidos abarcan, según el esquema de Esquevin (1969) desde biotita+moscovita hasta moscovita, incluyendo todos los términos intermedios. Los valores más frecuentes

Tabla 3.—Relación de intensidades I(002)/I(001) para las illitas.

		I(002)/I(001)
Columna nº 1 .....	CR-291	0,21
	CR-292	0,38
	CR-293	0,26
	CR-294	0,21
	CR-295	0,31
	CR-296	0,50
Columna nº 2 .....	CR-671	0,44
	CR-671A	0,42
	CR-672	0,38
	CR-677	0,57
	CR-673	0,32
	CR-678	0,50
	CR-674	0,42
	CR-675	0,39
	CR-676	0,26
CR-679	0,55	
Columna nº 3 .....	CR-691	0,40
	CR-692	0,47
	CR-693	0,41
	CR-694	0,34
	CR-695	0,34

corresponden a términos fengíticos. Puede observarse también que el valor medio correspondiente a la columna nº 1 es claramente inferior a los correspondientes a las columnas nº 2 y 3.

Los *interestratificados I-E* aparecen de forma casi continua a lo largo de las tres columnas, si bien en proporción muy variable (21-62%). En general se observa que, dentro de cada secuencia los porcentajes menores corresponden a los niveles de calcarenitas, al igual que ocurría en la illita. Es difícil en estas muestras deducir la composición de los *interestratificados* dada la presencia simultánea de *interestratificados C1-E*. Por ello, los valores representados en las figs. 2, 3 y 4 se consideran solo indicativos. En general, presentan una amplia gama de composiciones, si bien los valores más frecuentes se sitúan entre 75 y 80% de esmectita.

Los *interestratificados C1-E* son, sin duda, los minerales más característicos de estas columnas ya que no se han detectado en ninguna otra secuencia de calcarenitas de las estudiadas hasta el momento (Rodríguez, 1987). La composición de estos *interestratificados*, representada también en las figs. 2, 3 y 4, es bastante constante en todos los cortes, oscilando entre límites muy estrechos (40-55% de esmectita). En algunos de los diagramas, especialmente en los correspondientes a las muestras tratadas con etilén-glicol, aparecen varias reflexiones de este *interestratificado* (fig. 6) que puede denominarse *corrensita* (1).

(1) Aquí se acepta el término *corrensita* en el sentido que proponen Galán y Doval (1977), si bien Bailey (1982) propone aplicar el término a cualquier *interestratificado* regular 1:1 formado por clorita trioctaédrica con esmectita o vermiculita trioctaédrica.

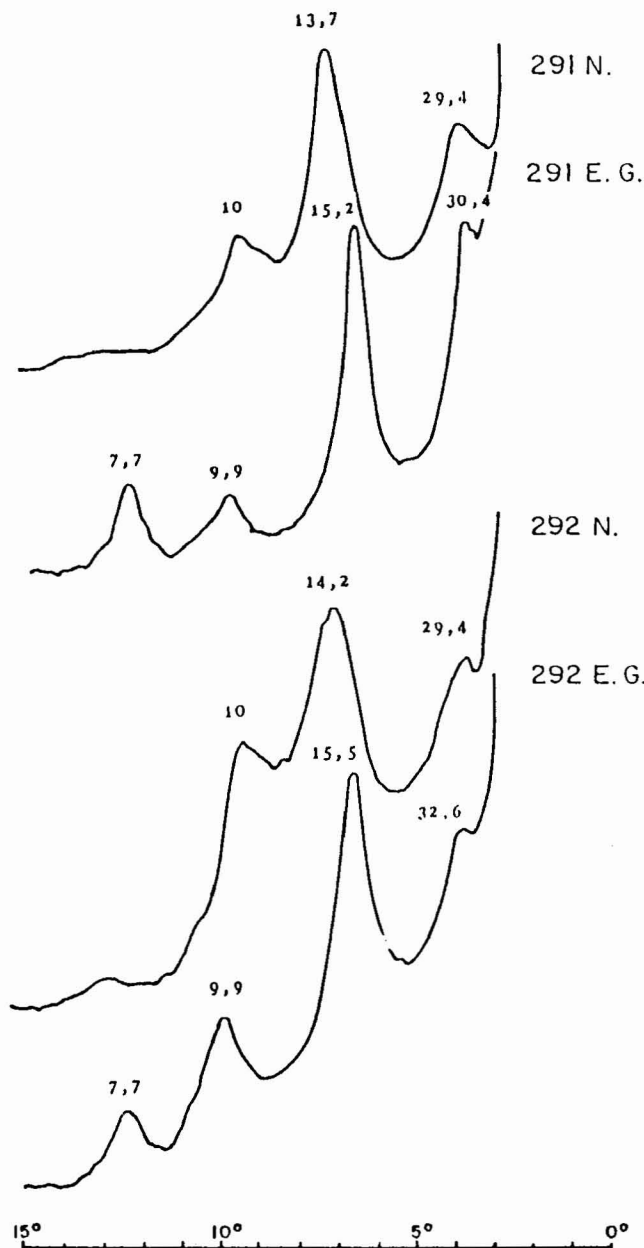
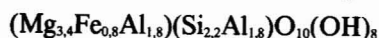


Fig. 6.—Diagramas de DRX de corrensita.

Este mineral aparece de forma casi continua en las tres secuencias correspondiendo los mayores porcentajes del mismo a los niveles de calcarenitas. De forma muy general, se ha podido observar una relación directa entre el contenido en calcita y el contenido en *corrensita*, relación que se ha representado también en las figs. 2, 3 y 4.

La *corrensita*, estudiada al M.E.B., presenta morfologías similares a las esmectitas (foto 1). Morfologías semejantes aparecen en la literatura para minerales con esta composición (Brigatti y Poppi, 1984).

La clorita solo aparece en una de las muestras estudiadas, correspondiente a un nivel de calcarenitas de la columna nº 1. La fórmula, deducida de los parámetros medidos en el diagrama de DRX es la siguiente:



correspondiente, en la clasificación de AIPEA a clinocloro.

### Estudio del sílex

Como ya se ha señalado, en estos materiales, el sílex aparece en bancos de calcarenitas del orden 50 cm. de potencia, constituyendo nódulos alargados y aplanados según la estratificación, de extensión variable y espesor del orden de 5 cm, concentrándose especialmente en los tramos inferiores (a veces medios) de las secuencias.

De visu presentan características similares, excepto por el color: los sílex de la secuencia nº 1 son de color gris claro, los de la secuencia nº 2 son blanco-crema, con marcada laminación y los de la secuencia nº 3 son más claros aún, apareciendo atravesados por numerosas venillas rellenas de calcita. Estos últimos, a simple vista parecen contener menas de hierro muy dispersas y en granos pequeñísimos. En general, los nódulos presentan contactos muy netos con las calcarenitas, a veces marcados por el desarrollo de óxidos de hierro. A la lupa es posible observar como se conservan en detalle las texturas de las calcarenitas de las que proceden, así como las características de detalle de los fósiles silicificados.

El estudio al microscopio petrográfico muestra que los sílex de las secuencias nº 1 y 2 contienen gran cantidad de restos de carbonatos en estado más o menos avanzado de silicificación. Texturalmente están constituidos por un mosaico de granos de cuarzo de pequeño tamaño y por esferulitos fibrosos (calcedonia) también de pequeño tamaño; los crecimientos fibrosos se producen preferentemente alrededor de los fósiles. Existen también fragmentos de cuarzo detrítico y cristales de calcita posteriores a la silicificación. Los granos de glauconita, por su parte, no han sido afectados por el proceso de silicificación. En luz transmitida el sílex es incoloro, mostrando, sólo en ciertos casos, impurezas de óxidos de hierro (probablemente resultado de la disolución de los carbonatos). En la secuencia nº 3 la silicificación ha sido bastante más completa, si bien existe un gran desarrollo en estas muestras de calcita secundaria. En esta secuencia, además del cuarzo, granular o fibroso, aparecen en pequeña proporción texturas opalinas, con un núcleo de ópalo isótropo, rodeado por crecimientos radiales de calcedonia. Como en las secuencias anteriores, la silicificación de los fósiles ha dado lugar frecuentemente a cuarzo fibroso, disponiéndose las fibras con diferentes estructuras dependiendo de la forma y estructura del organismo silicificado. El desarrollo en estas muestras de grandes cristales de calcita posteriores a la silicificación parece estar estrechamente relacionado con el relleno de las venillas.

El estudio de estos sílex mediante DRX muestra una composición muy simple para los mismos: cuarzo y calcita más una pequeña cantidad de mica. Además aparece una reflexión a 6,5-6,6Å difícilmente identificable. La calcita muestra las reflexiones algo desplazadas y por análisis químico se ha determinado que contiene una pequeña cantidad de hierro y magnesio. En estos sílex se ha realizado un estudio para determinar su cristalinidad, utilizando mezclas de las muestras de sílex con fluorita (de acuerdo con el método propuesto por Bustillo y La Iglesia, 1979, basado en los resultados de Ayllón *et al.*, 1976). El índice de cristalinidad se ha calculado a partir de la fórmula propuesta por Gregg *et al.* (1977).

$$I_c = \frac{AQ(101) \cdot AF(220)}{\text{Peso Q/Peso F}}$$

Aunque los cálculos se han repetido en diferentes condiciones (relación Peso Q/Peso F=3:1, 3:2 y 3:1,5) hasta obtener áreas similares para la reflexión del cuarzo y de la fluorita, los valores de los índices de cristalinidad son muy dispares y, en general, bajos:

	$I_c$ (valores medios)
Secuencia nº 1 ...	1,70
Secuencia nº 2 ...	0,49
Secuencia nº 3 ...	0,50

Comparados con los valores obtenidos por Bustillo y La Iglesia (1979) para sílex de diferentes edades encajados en calizas, resultan extremadamente bajos: sin embargo, valores similares son citados por Elorza, *et al.* (1985) en sílex asociados a calizas turbidíticas. Según Bustillo y La Iglesia (1979) no existe una relación evidente entre índices de cristalinidad y edad, ni entre éstos y texturas, sugiriendo dichos autores que las diferencias obtenidas pueden estar más bien en relación con el contenido en impurezas. Sin embargo, si se tienen en cuenta las conclusiones de estos autores, la cristalinidad dependería directamente del tipo de roca afectada por la silicificación. De este modo, se ponen de manifiesto de nuevo ciertas diferencias entre la secuencia nº 1 y las secuencias nº 2 y 3, ya señaladas a lo largo del trabajo.

El estudio de los sílex mediante ATD ofrece, en cambio, diagramas muy similares para todos ellos y, a su vez, muy simples. Presentan un pequeño endotérmico a 573°C (transformación polimorfa del cuarzo), otro endotérmico poco marcado alrededor de 800°C (debido a las impurezas de calcita contenida en los sílex) y un exotérmico bien definido a 878-884°C (debido a la formación de nuevas fases). Las fases formadas se han determinado mediante DRX y corresponden a silicatos de calcio de alta temperatura (vesubianita, larnita y espurrita, fundamentalmente).

El estudio del sílex al M.E.B. pone de manifiesto que la variedad dominante de sílice es la calcedonia, recrista-



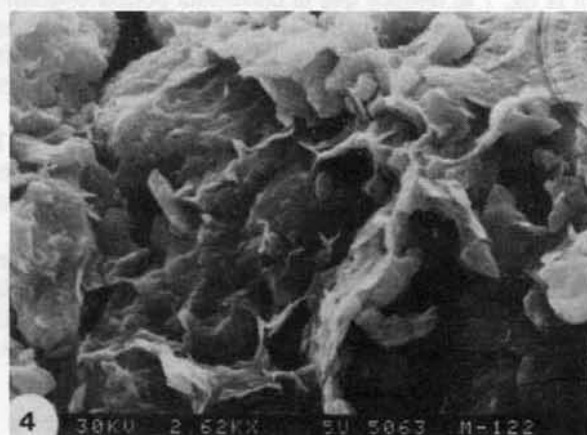
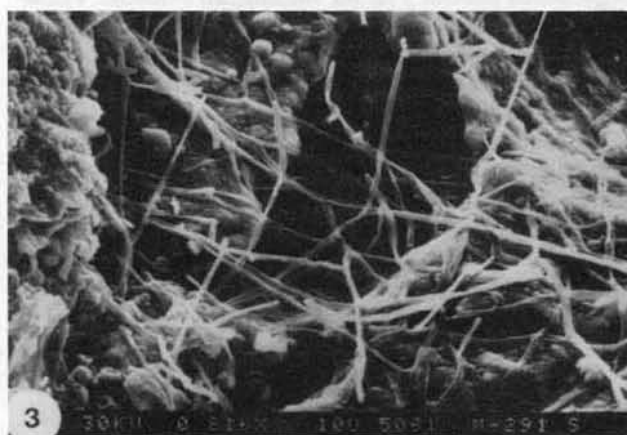
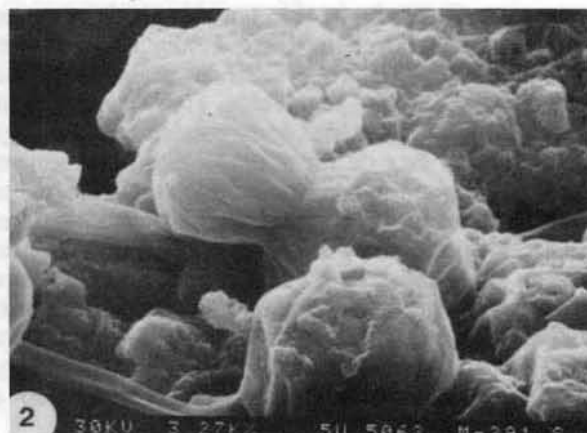
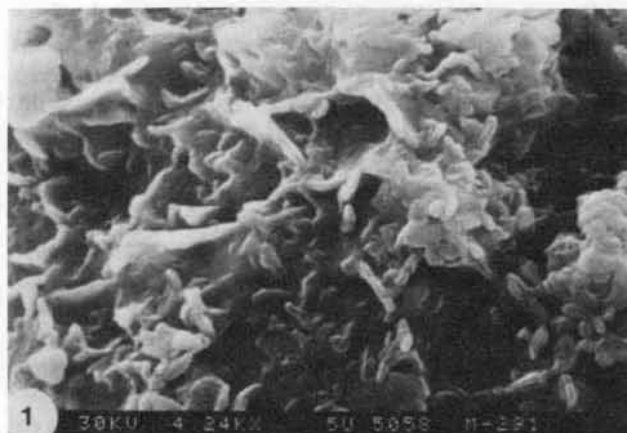


Lámina 1.—1. Corrensite.—2. Calcedonita.—3. Mordenita.—4. Interestratificados I-E.

lizada en ciertos casos a partir de ópalo C-T. La calcedonia aparece formando pequeñas esferas (lepisferas) constituidas por la asociación paralela de láminas de este mineral (lámina 1). Asociado a los sílex aparece un mineral fibroso (lámina 1), que podría tratarse de una zeolita.

### Discusión y conclusiones

Los datos expuestos en este trabajo así como el estudio de otras turbiditas calcáreas similares (Rodríguez, 1987; Ruiz Cruz *et al.*, 1987) indican que la mineralogía determinada en estas secuencias viene condicionada por dos factores fundamentales: tipo de aportes y ambiente diagenético.

El tipo de aportes es similar en gran medida en todas las turbiditas calcáreas que constituyen la base de estas Unidades, donde la ilita y los interestratificados I-E o esmectitas, son los constituyentes fundamentales. La diferencia más notable con otras series reside en la

ausencia de caolinita, si bien es muy posible que esta ausencia no se deba únicamente al tipo de aportes.

El ambiente diagenético, por el contrario, es claramente diferente al resto de las turbiditas calcáreas. Se pueden señalar como diferencias más significativas:

1. La ausencia de dolomita tanto en los niveles de calcarenitas como en los niveles margosos.
2. La presencia de nódulos de sílex.
3. El desarrollo de corrensite.
4. La posible aparición de zeolitas fibrosas.

La paragénesis presente en estas secuencias permite hacer una serie de consideraciones acerca del ambiente reinante durante el depósito y, especialmente durante la diagénesis:

Es evidente, desde hace varios años (Velde, 1977), que la corrensite aparece en diferentes ambientes geológicos, lo cual está en cierto modo en desacuerdo con las conclusiones de Millot (1964). Además de su asociación a depósitos salinos y yesos, aparece frecuentemente en materiales relacionados con rocas volcánicas (alteraciones hidrotermales, meteorización de suelos, etc.). Su presencia

en rocas carbonatadas ha sido también citada en numerosas ocasiones (Dreizler, 1962; Echle, 1961; Maurel, 1962; Kastner, 1971, etc.). Entre las asociaciones más frecuentes señaladas por Velde (1977) está la de Corrensita-Int. I-E-Ilita, que corresponde a la mineralogía de la fracción fina de las muestras estudiadas en este trabajo. Este autor pone de manifiesto así mismo que las fases aluminicas, tales como caolinita, no aparecen asociadas a corrensita y tampoco suelen aparecer bertierinas ni glauconitas. En las calcarenitas estudiadas aquí es, en cambio, muy frecuente la presencia de glauconita que, si bien en ciertos casos se trata de un mineral resedimentado, en otros aparece como mineral autigénico, sustituyendo los restos fósiles y en relación con el cemento calcáreo.

De los trabajos experimentales de Velde, reproducidos en la fig. 7 se deduce que la corrensita podría originarse a partir de fases hinchables dioctaédricas. Las relaciones de fases indican la incompatibilidad de caolinita e ilita cuando aparecen simultáneamente corrensita e interestratificados I-E, como ocurre en este caso.

Por otra parte, las condiciones de estabilidad de la corrensita en medio marino concide en gran medida con las de ciertas zeolitas, que podrían estar presentes en estos materiales.

El origen del sílex en estas rocas no presenta, pues, problemas desde un punto de vista físico-químico. Sin embargo, su presencia es difícil de explicar de acuerdo con las teorías normalmente aceptadas. Los trabajos

realizados en los últimos años en relación con el origen del sílex se refieren fundamentalmente a sílex originados en medio marino y la problemática planteada se refiere a su origen, orgánico o volcánico. Existen, no obstante, ciertos trabajos referidos a chert originados en medios continentales sin influencia orgánica y sin vulcanismo. En este caso, tal como muestran Bustillo y Soriano (1980) se trata fundamentalmente de ópalos gelatinoides originados por precipitación directa, que, normalmente dan lugar a la aparición de otros tipos de texturas por envejecimiento. Las características texturales y mineralógicas de los sílex de estas secuencias coinciden con bastante exactitud con las descritas por Bustillo y Ruiz Ortiz (1981) en rocas similares. No obstante, la interpretación genética de estos autores no puede ser aceptada en este caso, dada la ausencia en estas calcarenitas de organismos silíceos y de un vulcanismo evidente. Pensamos, por el contrario, que el sílex se ha originado durante una diagénesis temprana, mediante un proceso inorgánico. Estas soluciones silicificantes han podido ser también responsables del desarrollo de zeolitas silíceas.

El proceso de silicificación ha venido acompañado por el desarrollo de minerales de hierro (fundamentalmente óxidos) a causa de la liberación de Fe contenido en los carbonatos, pero por el contrario, no ha dado lugar al desarrollo simultáneo de dolomita. En cambio, el Mg liberado ha podido ser en gran medida responsable del desarrollo de la corrensita.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Marfil su inestimable ayuda en la interpretación de los datos del M.E.B. y a D. M. Esteras su ayuda en la localización, interpretación estratigráfica y datación de las secuencias estudiadas.

#### Referencias

- A.I.P.E.A. (1980). *Clays and Clay Minerals*, 28, 73-78.
- Ayllon, M.; Martín Pozas, J. M. y La Iglesia, A. (1976). Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de carbonatos romboédricos minerales. *Estudios Geol.*, 32, 155-166.
- Bailey, S. W. (1982). Nomenclature for regular interstratifications. *Clay Minerals*, 17, 243-248.
- Brigatti, M. F. y Poppi, L. (1984). Crystal chemistry of corrensita: A review. *Clays Clay Minerals*, 32, 391-399.
- Bustillo, M. A. y La Iglesia, A. (1979). Sílex: relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución. *Bol. Geol. Min.*, 90, 588-594.
- Bustillo, M. A. y Soriano, J. (1980). Texturas «primarias» y diagenéticas en los ópalos miocenos de la cuenca del Tajo. *Estudios Geol.*, 36, 349-360.
- Bustillo, M. A. y Ruiz Ortiz, P. A. (1981). Relación entre sedimentación y procesos de silicificación diagenéticos: los sílex del Dogger y el Malm de la Unidad Intermedia del Jabalruz-San Cristóbal (Cordilleras Béticas). *Estudios Geol.*, 37, 159-175.
- Didon, J. (1969). *Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)*. Thèse. Fac. Sc. Paris, 539 pp.

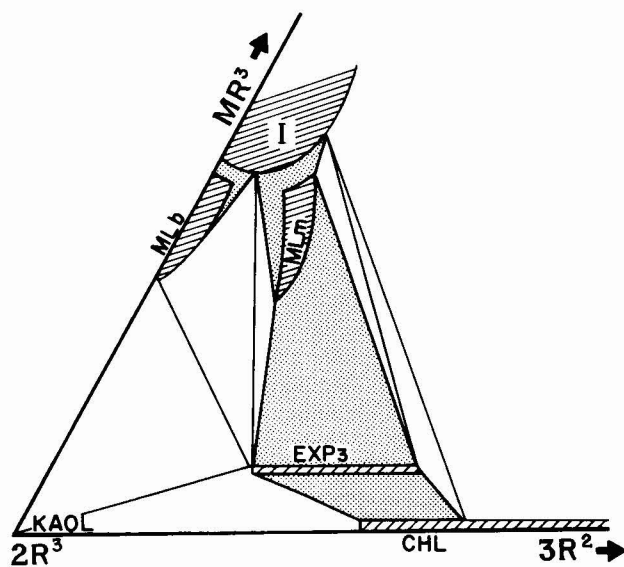


Fig. 7.—Resultados de experimentos con minerales, según Velde 1977.

KAOL = Caolinita.

I = Ilita.

CHL = Clorita.

MLB = Interstratificados con beidellita.

MLm = Interstratificados con montmorillonita.

Exp3 = Clorita hinchable y corrensita.

- Didon, J.; Durand-Delga, M. et Kornprobst, J. (1973). Homologies géologiques entre les deux rives du Déroit de Gibraltar. *Bull. Soc. Geol. France*, 15, 77-105.
- Dreizler, L. (1962). Mineralogische Untersuchungen in Zwei Gipsvorkommen der Werraerie (Zechstein). *Beitr. Min. Petrol.*, 8, 323-328.
- Echle, W. (1961). Mineralogische Untersuchungen and Sedimenten des Steinmergelkenpers und der Roten Wand aus der Umgebung von Gottingen. *Beitr. Min. Petr.*, 8, 28-59.
- Elorza, J. J.; Arriortua, M. I. y Amigo, J.M. (1985). Indices de cristalinidad en los sílex de carácter turbidítico de Barrika (NE de Bilbao). *Bol. Geol. Min.*, 96, 74-81.
- Esquevin, J. (1969). Influence de la composition chimique des illitas sur leur cristallinité. *Bull. Centre Rech. Pau. S.N.P.A.*, 3, 147-154.
- Esteras, M. (1984). Geología del Estrecho de Gibraltar. *Rev. Obras Públicas*, 3227, 505-527.
- Fontbote, J. M. y Vera, J. A. (1982). In SECEG. *Estudio monográfico sobre la geología del Estrecho de Gibraltar*. 261 pp.
- Galán, E. y Doval M. (1977). A proposition to name three regular interstratified minerals containing chlorite. *Proc. 3rd European Clay Conf.*, Oslo, 61-64.
- Gavala, J. (1924). Mapa geológico de la provincia de Cádiz. I.G.M.E.
- Gregg, J. M.; Goldstein, S. T. y Walters, L. H. (1977). Occurrence of strained quartz in the siliceous frustules of cultured fresh water diatoms. *J. Sed. Petrol.*, 47, 1623-1629.
- Kastner, M. (1971). Autigenic feldspars in carbonate rocks. *Amer. Mineral.*, 56, 1403-1439.
- Malesani, P. y Manetti, P. (1970). Proposta di classificazione di sedimenti clastici. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 55-63.
- Maurel, P. (1962). Etude minéralogique et géochimique des formations argileux des environs de Saint-Afrique (Aveyron). *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 85, 329-379.
- Millot, G. (1964). *Geologie des Argiles*. Masson et Cie. París, 499 pp.
- Rodríguez, P. (1987). *Mineralogía y génesis de las arcillas de las Unidades del Campo de Gibraltar*. Tesis doctoral. Univ. Málaga, 396 pp.
- Ruiz Cruz, M. D.; Rodríguez, P. y Carrasco, F. (1987). Mineralogía y génesis de la fracción fina de la serie de El Rinconcillo (Formaciones flysch del Campo de Gibraltar, SW de España). *Estudios Geol.*, 43, 11-23.
- Vatan, V. M. (1967). *Manuel de sedimentologie*. Ed. Technip. París, 397 pp.
- Velde, B. (1977). *Clays and Clay Minerals in Natural and Synthetic System*. Elsevier, 218 pp.

Recibido el 18 de septiembre de 1987  
Aceptado el 24 de febrero de 1988