

CARACTERIZACION Y ORIGEN DE LA FACIES GLAUCONITICA DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR

E. Galán*, I. González*, E. Mayoral** y M. A Vázquez*

RESUMEN

La presencia de glauconita en los materiales terciarios de la Cuenca del Guadalquivir se conoce desde hace casi un siglo. Estudios recientes la sitúan estratigráficamente en dos niveles: uno inferior (Mioceno) en el tránsito de una facies detrítico-carbonatada y las Margas azules, y otro superior (Plioceno) entre las Margas azules y la Formación Arenas de Huelva. En el presente trabajo se ha realizado una caracterización mineralógica y genética de la glauconita, encontrándose un diferente grado de evolución para cada nivel, y condiciones de sedimentación propias de un medio marino sublitoral, con una profundidad <50 m, a partir de datos sedimentológicos y paleontológicos. Por último, se interpreta además su significado paleogeográfico en la evolución general de la Cuenca del Guadalquivir.

Palabras clave: *Glauconita, Terciario, Cuenca del Guadalquivir.*

ABSTRACT

Occurrences of glauconite in Tertiary materials of the Guadalquivir basin have been known nearly a century. Recent studies indicate that the glauconite is stratigraphically concentrated in two levels: the lower one (Miocene) being at the boundary between a detrital-carbonate formation and the «Blue Clays»; the higher one (Pliocene) at the transition between the «Blue Clays» and the Huelva Sand Formation. Different glauconitization degrees of organic remains have been observed in both glauconitic level studied. The environmental conditions during sedimentation of glauconite materials as deduced from palaeontological and sedimentological data, suppose that glauconite pellets may have formed in an open-sublitoral environment at around 50 m deep.

Key words: *Glauconite, Tertiary, Guadalquivir Basin.*

Introducción

La existencia de una facies glauconítica en los materiales terciarios de la Cuenca del Guadalquivir se cita por primera vez en los trabajos de Paul (1902) y Hernández Pacheco (1926). Estudios más recientes la sitúan estratigráficamente en dos niveles: uno inferior (Mioceno), en el tránsito de una facies detrítico-carbonatada (Formación Calcarenitias de Niebla) y de las Margas Azules (Formación Arcillas de Gibrleón) (Martínez del Olmo *et al.*, 1984; Sierro, 1984; Civis *et al.*, 1987) y otro superior (Plioceno) situado en el tránsito de la Fm. Arcillas de Gibrleón y la Fm. Arenas de Huelva (Viguier, 1974; Sierro, 1984; Mayoral, 1986).

Sin embargo, no existe ningún estudio mineralógico y genético de estos niveles glauconíticos, por lo que

los objetivos de este trabajo se han centrado en estos aspectos y en la determinación de las condiciones de depósito de la facies glauconítica a partir de datos paleontológicos y sedimentológicos. También se ha considerado el significado que tiene la presencia de este tipo de facies en la evolución global de la Cuenca del Guadalquivir.

Material y métodos

Para el estudio de la facies glauconítica se seleccionaron dos secciones tipo, una en Aznalcollar, donde se ha reconocido el nivel glauconítico inferior, y otra en Bonares, donde se muestreó el nivel superior (fig. 1).

En la *Sección de Aznalcollar*, se han estudiado los tramos más altos de la Fm. Calcarenitias de Niebla (fig. 2). La litología es de calcarenitas ricas en restos fósiles (Ostreidos, Pectínidos y Balánidos)

(*) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Apto. 553. Universidad de Sevilla.

(**) Departamento de Geología y Minería. Facultad de Química. Apto. 553. Universidad de Sevilla.

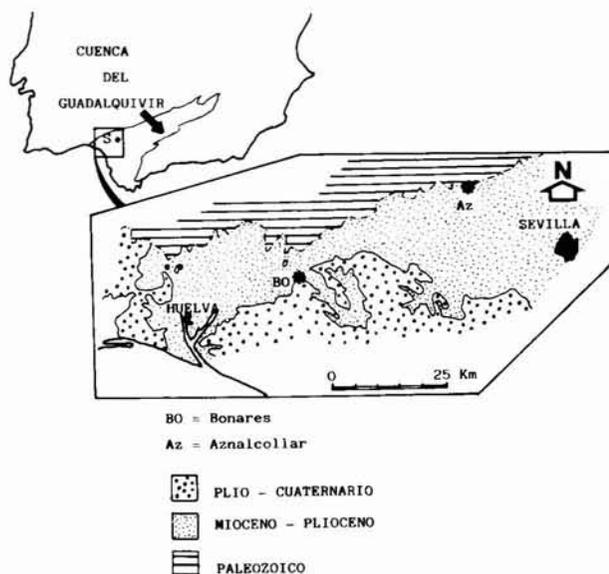


Fig. 1.—Situación de las secciones estudiadas.

en la base, con una potencia de 1-2 m, y hacia techo un nivel de 2-4 m de arenas ricas en glauconita.

En la *Sección de Bonares* (fig. 2) están representados los niveles superiores de la Fm. Arcillas de Gibraleón y los inferiores de la Fm. Arenas de Huelva. Los primeros están constituidos por margas y arcillas azules pobres en macrofauna (*Amusium*) y bioturbación (sólo se han reconocido *Thalassinoides* y *Skolitus*). En estos materiales se ha encontrado glauconita diseminada en la parte más alta (fig. 2). La Fm. Arenas de Huelva está constituida por unos 20 m de limos arenosos, que presentan un enriquecimiento en glauconita desde la base hasta la parte más central, donde se encuentra muy concentrada. Este nivel glauconítico puede alcanzar una potencia de 2 m.

Se ha observado que los niveles ricos en glauconita están siempre asociados a materiales muy bioturbados y ricos en fauna, especialmente en las arenas.

La *Metodología* seguida para la caracterización de las muestras ha sido la siguiente:

— La composición mineralógica global se determinó por difracción de rayos-X (método de polvo). Para la fracción menor de 20 μ se realizaron agregados orientados que sucesivamente fueron solvatados con etilenglicol y calentados a 550°C.

— En las muestras en las que la glauconita era más abundante, y para su mejor identificación, se realizó una separación por tamaños mediante tamizado. Las fracciones más ricas en glauconita: 500-250, 250-129 y 129-63 μ se trataron mediante un separador magnético para obtener mejor concentración. Por último en estas fracciones se realizó una selección a mano y bajo la lupa binocular con objeto de obtener muestras con la mayor pureza posible en glauconita.

Los concentrados de glauconita se caracterizaron por:

- Difracción de rayos-X (polvo).
- Microscopía electrónica.
- Análisis químico por absorción atómica.

Resultados

Mineralogía

La mineralogía global de los sedimentos glauconíticos descritos anteriormente es de cuarzo (Q), calcita (C),

dolomita (D), feldspatos (F) y filosilicatos (FI). Se ha podido distinguir dos asociaciones mineralógicas en relación con sus porcentajes relativos:

- Q (30-35%) - F (25-30%) - C (20-23%) — FI (15-20%) - D (<5%) en la Sección de Aznalcollar.
- Q (30-39%) - FI (30-35%) - C (22-30%) - D (10-15%) - F (5-10%) en la Sección de Bonares.

La mineralogía de la fracción menor de 20 μ está compuesta por esmectitas y mica (posteriormente identificada como glauconita) como minerales mayoritarios y clorita/caolinita en menores porcentajes. Las esmectitas son más abundantes y de mayor cristalinidad en la sección de Aznalcollar.

Descripción de los pellets glauconíticos

Mediante el microscopio electrónico y la lupa binocular se han distinguido varios tipos morfológicos de pellets glauconíticos. Los más representativos son: esferoidales, ovoidales, capsulares y lobulados (tabla 1).

En la sección de Aznalcollar predominan las morfologías lobuladas (81%), los granos son de color verde claro y abundan los tamaños comprendidos entre 63-129 μ . En la de Bonares las morfologías predominantes son la ovoidal (23%) y la capsular (22%) (fig. 3), los pellets son de color verde oscuro y de mayor tamaño de grano (>129 μ) (tabla 2).

Desde un punto de vista genético se puede observar que los substratos glauconitizados son mayoritariamente de tres tipos:

a) Moldes internos de fósiles. Formados a partir de caparzones de foraminíferos (figs. 4 y 5), ostrácodos, y radiolas de equínidos. Se han encontrado tanto procesos iniciales de reemplazamiento como muy avanzados donde la sustitución es total.

b) Pellets fecales de morfología discoidal o verrucular. Los primeros son más frecuentes en la sección de Aznalcollar y los segundos en la de Bonares.

c) Glauconita pigmentaria recubriendo las superficies de granos minerales (cuarzo, feldspatos y biotita). Son especialmente abundantes en la sección de Aznalcollar.

También se observó la micromorfología de la mica glauconita por el microscopio electrónico y en general presenta estructuras en rosetas (fig. 6), lo que indicaría una glauconita altamente evolucionada (Odin, 1975 y Odin y Matter, 1981).

Caracterización de la mica glauconita mediante difracción de rayos-X

Los difractogramas realizados sobre las muestras purificadas revelan una composición monomineralica constituida exclusivamente por glauconita. La diferenciación de la mica glauconita de la illita y celadonita

se realizó por DRX teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: a) la alta intensidad de la reflexión (020) y baja de la (002), la diferencia de la illita (Odin y Matter, 1981); b) la intensidad de la reflexión (001) y la ausencia de desdoblamiento en la (130), la diferencia de la celadonita (Odin y Matter, 1981); c) la reflexión basal (060) entorno a 1.51 Å, la diferencia de illita y celadonita (Buckley *et al.*, 1978).

Del estudio de los difractogramas, se han distinguido dos tipos de mineral glauconítico (Burst, 1958; Bentor

y Kastner, 1965): 1) Politipo 1M bien ordenado (presencia de picos agudos y simétricos a 10.1; 4.53 y 3.33 Å y reflexiones (112) y (112) en las muestras de Bonares; y 2) Politipo 1Md desordenado (reflexiones asimétricas y anchas y ausencia de (112) y (112)) en Aznalcollar.

El grado de evolución se evaluó por la posición de la reflexión (001) (Odin y Matter, 1981). Las dos secciones presentan alto grado de evolución (reflexiones comprendidas entre 10.1 y 10.8 Å) (figs. 7 y 8), si bien la de Bonares es la más evolucionada (fig. 7).

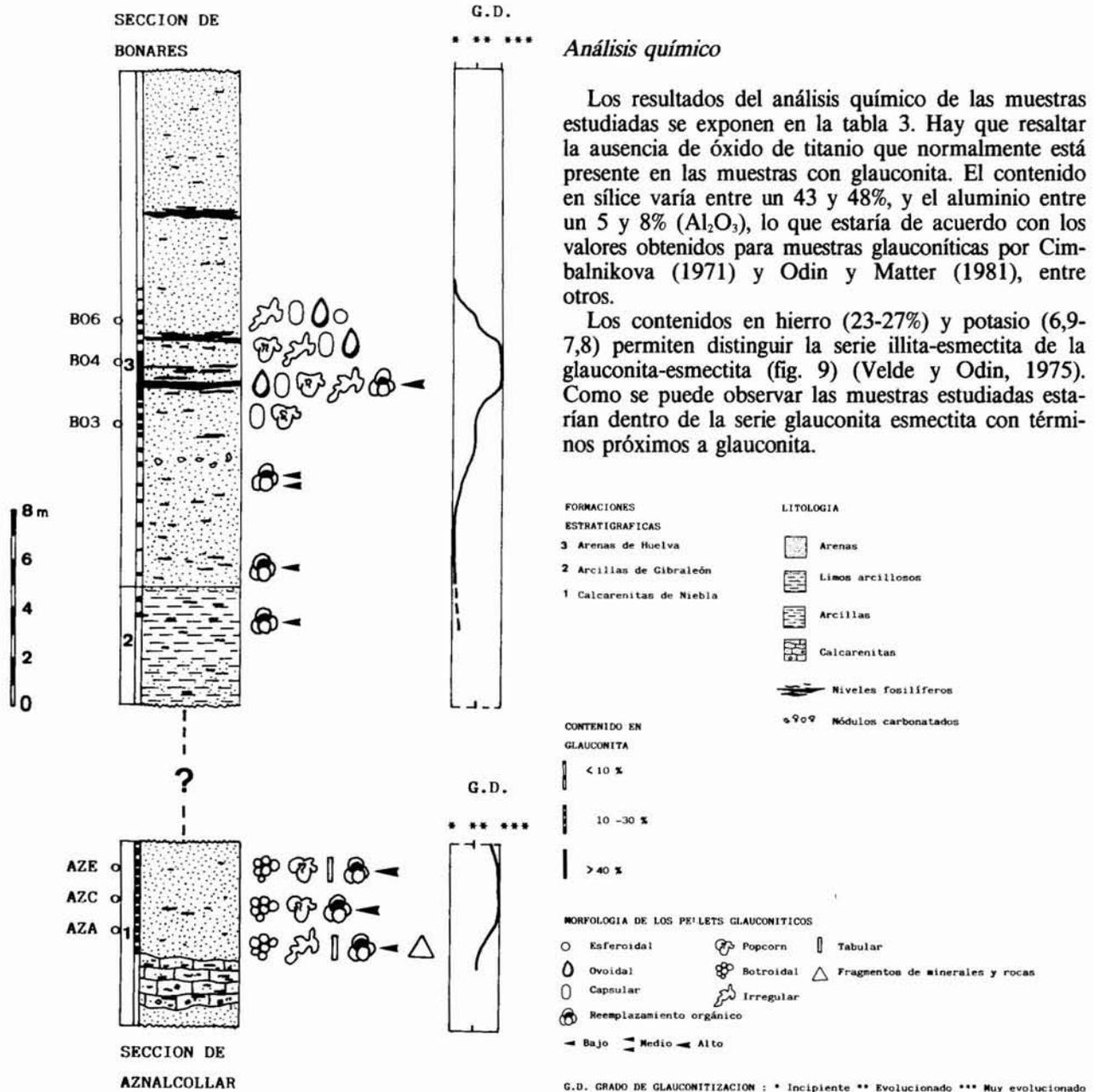


Fig. 2.—Perfiles tipo de las secciones de Bonares y Aznalcollar.

Tabla 1.—Tipos morfológicos de glauconita

Morfología	Aznalcollar	Bonares
Pellets ovoidales		23%
Pellets capsulares		22%
Otras morfologías: irregulares, esféricas, tabulares, etc.	19%	55%
Pellets lobulados	81%	
TOTAL DE GRANOS ESTUDIADOS	1.593	2.041

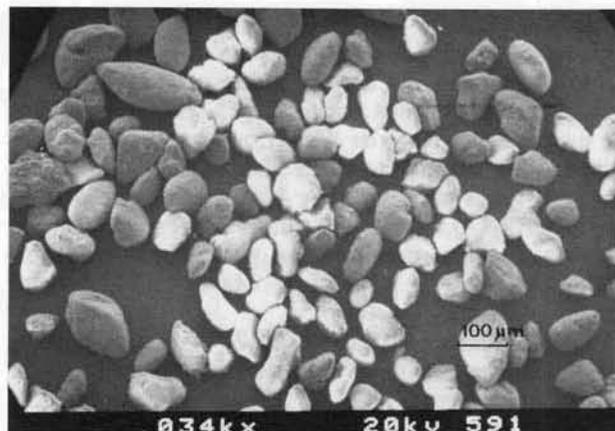


Fig. 3.—Microfotografía de granos ovoidales y esféricos de la sección de Bonares.

El menor contenido en potasio (K_2O) de las muestras de Aznalcollar indicaría (Odin y Matter, 1981), un grado más bajo de evolución, lo que confirmaría los resultados obtenidos por DRX.

Aspectos paleontológicos

La glauconita está siempre asociada a materiales con una bioturbación muy desarrollada *Planolites*,

Tabla 2.—Distribución por tamaños de los granos glauconíticos

Muestra	>500 μm	500-250 μm	250-129 μm	129-63 μm	<63 μm
BO6	3%	34%	57%	6%	
BO4	2%	82%	11%	5%	
BO3		32%	68%		
AZE			15%	75%	10%
AZC			20%	78%	2%
AZA			2%	68%	30%

BO=Muestras de la sección de Bonares; AZ=Muestras de la sección de Aznalcollar.

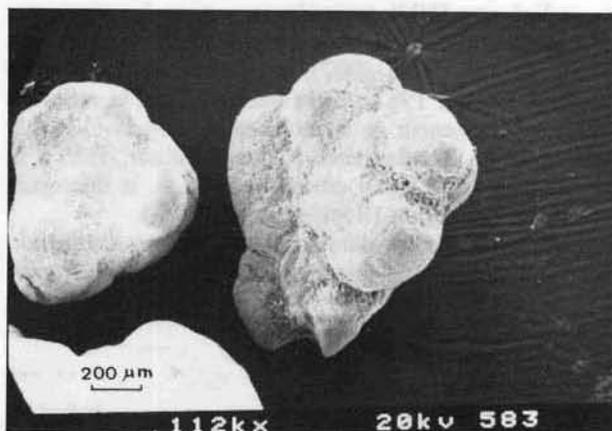


Fig. 4.—Substrato glauconizado. Probable foraminífero.

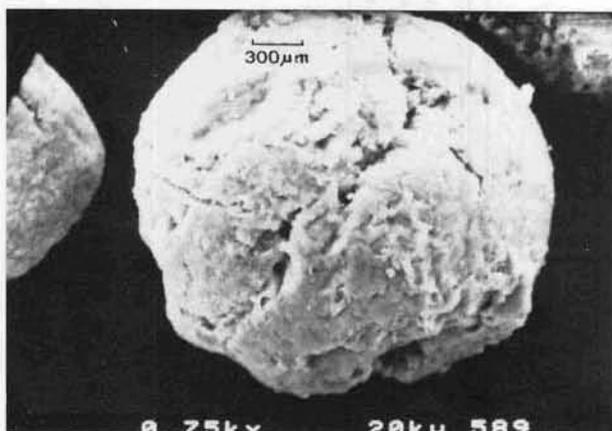


Fig. 5.—Pellet glauconítico mostrando grietas de expansión.

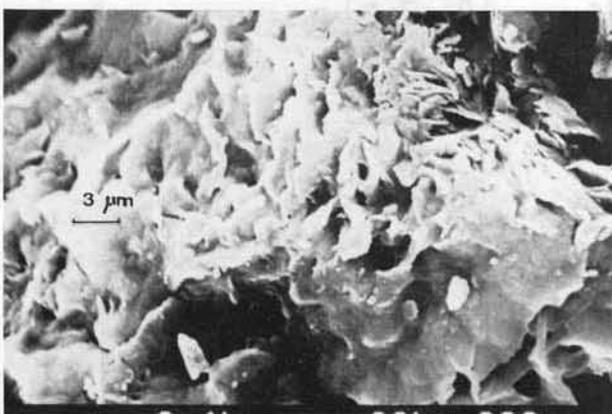


Fig. 6.—Microfotografía donde se aprecia una estructura en roseta de glauconita muy evolucionada.

Teichichnus Thalassinoides, *Skolitos* ricos en fauna: *Venus (Ventriculoidea multilamela)* (Lamarck), *Pelecypora (P) brocchii* (Deshayes), *Cardium (Bucardium hians)*,

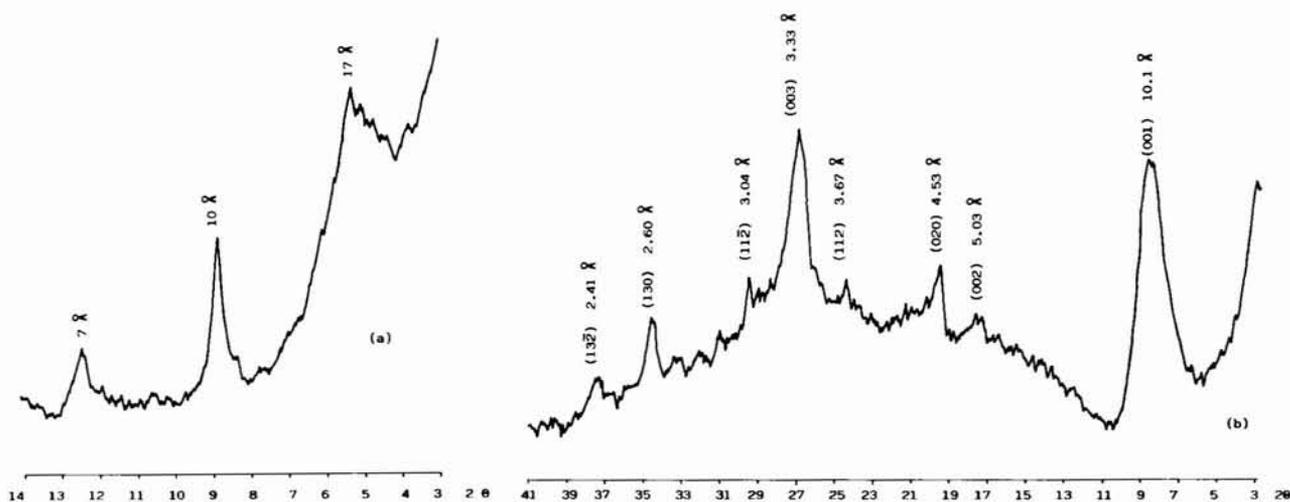


Fig. 7.—Difractogramas tipo de agregado orientado con etilenglicol de la fracción menor de 20μ (a) y de polvo para la mica glauconítica purificada (b). Sección de Bonares.

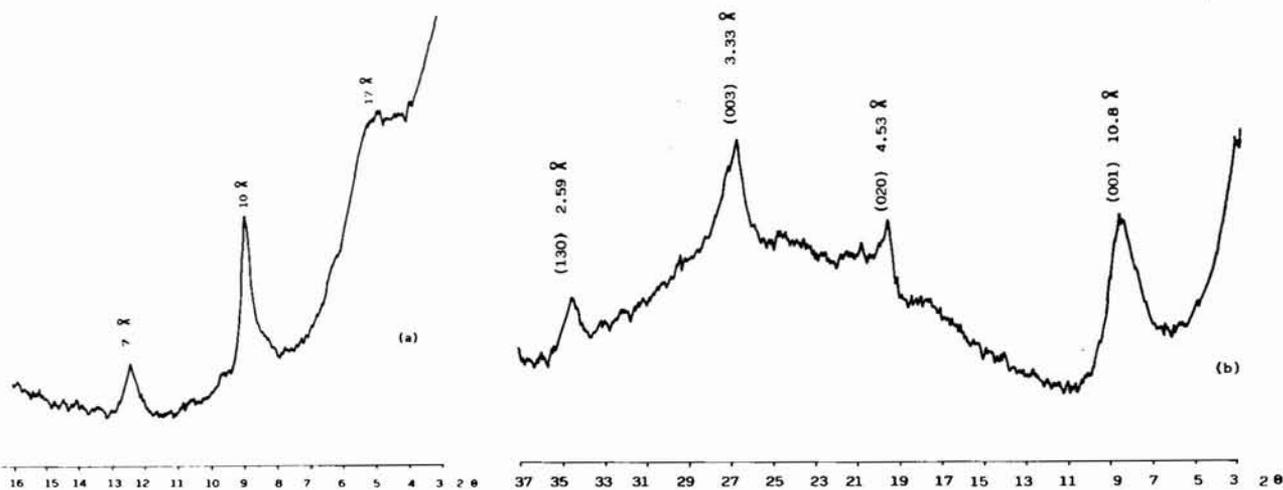


Fig. 8.—Difractogramas tipo de agregado orientado con etilenglicol de la fracción menor de 20μ (a) y de polvo para la mica glauconítica purificada (b). Sección de Aznalcollar.

Brocchi; *Amusium cristatum* (Born); *Chlamys* (*C*) *multistriata* (Poli); *Neopycnodonte cochlear* (Poli) y restos de vertebrados marinos (huesos de cetáceos y dientes de seláceos). Esta importante actividad orgánica

suministra un abundante volumen de pellets fecales que son sustratos favorables para un posterior proceso de glauconitización.

Tabla 3.—Análisis químico de la glauconita de Aznalcollar (Az) y Bonares (BO)

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	P.C.
Aza	43,7	7,6	27,25	tr	2,64	5,00	6,91	8,51
Azc	44,9	7,1	26,55	tr	2,63	4,93	7,10	8,04
Aze	46,3	7,8	27,50	tr	2,20	5,24	6,96	7,46
BO3	48,7	5,1	25,82	tr	1,20	4,35	7,80	7,20
BO4	47,9	5,9	24,99	tr	1,98	4,18	7,70	7,10
BO6	48,7	5,2	23,67	tr	1,36	4,30	7,87	7,02

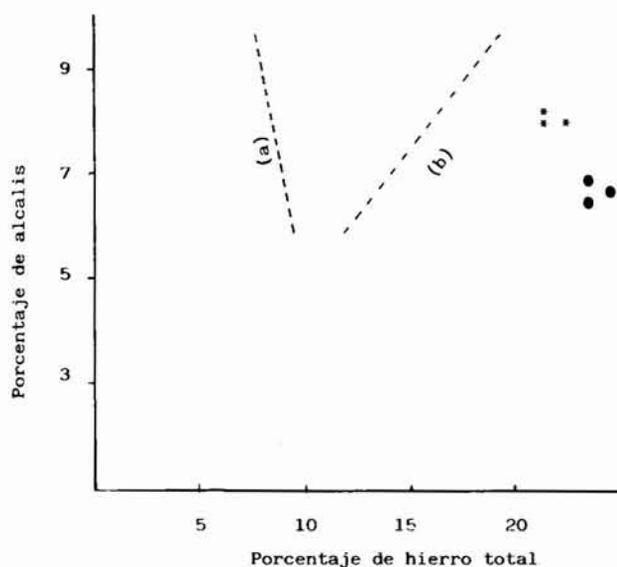


Fig. 9.—Relación entre el contenido en álcalis y hierro total de las series illita-esmectita (a) y glauconita-esmectita (b) (Velde y Odin, 1975). ● Muestras de Aznalcollar. ★ Muestras de Bonares.

Discusión

Las características del mineral glauconítico y las diferencias encontradas para las dos secciones estudiadas permiten realizar algunas consideraciones sobre la génesis y condiciones de sedimentación.

La morfología de los granos glauconíticos es de gran importancia para conocer los tipos de substratos glauconitizados, el grado de evolución e incluso el proceso genético sufrido. En la sección de Aznalcollar existe glauconita pigmentaria rellenando fisuras y planos de exfoliación de los fragmentos minerales, lo que favorece la expansión y rotura posterior de estos granos y da lugar a la presencia de morfologías lobuladas de color verde claro. En Bonares (tablas 1 y 2), el mineral glauconítico es de mayor tamaño, más redondeado (ovoidal) y verde oscuro, estas diferencias se pueden explicar por el tamaño original de los pellets (mayor en Bonares), por el grado de evolución del proceso de glauconitización, alto en los dos casos, pero ligeramente más intenso en Bonares y por el tipo de substrato glauconitizado (fragmentos minerales en Aznalcollar y pellets fecales en Bonares).

De las observaciones al microscopio electrónico y de los resultados de difracción de rayos-X (figs. 7 y 8) se puede proponer un modelo de glauconitización en el que los componentes de los substratos iniciales, esmectita y caolinita, son sustituidos por minerales autigénicos. En una primera etapa tendría lugar la precipitación de glauconita rica en hierro y esmectitas en los poros de los pellets fecales y seguidamente existiría una fase de recristalización de glauconita de

mayor pureza (más rica en K, y ligeramente más pobre en Fe).

De acuerdo con los datos mineralógicos, paleontológicos y sedimentológicos descritos anteriormente, se pueden deducir las condiciones de depósito durante la sedimentación de los pellets glauconíticos. La intensa bioturbación asociada siempre a los niveles ricos en glauconita indicaría que los pellets glauconíticos se formarían en períodos con baja tasa de sedimentación, en un medio semiconfinado y en la interfase sedimento/agua. Probablemente en las zonas de transición entre condiciones oxidantes y reductoras.

La asociación de infauna y epifauna encontrada en relación con la glauconita indican un medio de mar abierto. Este hecho está también confirmado por la presencia de vertebrados marinos (dientes de seláceos y vertebras de cetáceos). Por tanto, es necesario suponer que el ambiente de semi-confinamiento durante la precipitación de glauconita se produjo bajo condiciones de mar abierto.

Los dos horizontes glauconíticos que aparecen en la serie terciaria estudiada están asociados a unas icnocenosis y faunas típicas de una zona sublitoral-circalitoral, de una profundidad cercana a los 50 m (Pavia, 1975 y Corselli, 1981). Esta batimetría tiene un importante significado paleogeográfico, pues, refleja la existencia de dos pulsaciones transgresivas dentro del esquema regresivo general, aceptado clásicamente para estos materiales de la Cuenca del Guadalquivir (Martínez del Olmo *et al.*, 1984).

A partir de los datos paleontológicos y sedimentológicos se puede deducir el siguiente esquema para la sedimentación de los materiales terciarios en el área estudiada: la serie terciaria se inicia con los depósitos de biocalcarenitas (Fm. Calcarenita de Niebla) en un medio marino muy somero de alta energía y con una gran abundancia de aportes detríticos. La posterior sedimentación de materiales detríticos más finos parece indicar una mayor profundidad y estabilidad de la cuenca, lo que podría conducir a un período de colonización de los fondos por organismos sedimentívoros (crustáceos, bivalvos, etc.), la gran actividad orgánica de estas comunidades originan substratos intensamente bioturbados que favorecen los procesos de glauconitización. Estos procesos se desarrollaron a partir de granos minerales y fragmentos de rocas procedentes de la próxima línea de costa (S del Macizo Ibérico) o bien a partir de los numerosos restos de microorganismos.

A continuación tiene lugar el depósito de grandes espesores de materiales margo-arcillosos (Fm. Arcillas de Gibraleón) sobre una plataforma marina cada vez más somera. En los términos más altos de esta formación se registran nuevamente aportes detríticos, que en algunos sectores se reconocen por la presencia de una facies de transición lutítico-detrítica, por ejemplo, SE de Aznalcollar.

Por el contrario, en Bonares existe un cambio neto a una sedimentación detrítica (Fm Arenas de Huelva) que ya empieza a presentar facies de glauconita y marca el inicio de una nueva profundización en la cuenca, evidenciada por la presencia de fauna característica (Neopycnodonte) y una intensa bioturbación de los niveles con glauconita, que indicaría condiciones medioambientales muy estables con escasa tasa de sedimentación. Los restos de vertebrados marinos reflejan también la influencia de una zona marina más abierta y profunda.

Por último, tiene lugar una sedimentación detrítica, en condiciones de mayor energía, que indicaría un medio cada vez más somero. Esta tendencia regresiva se mantiene ya sin interrupción en los sedimentos terciarios del área estudiada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación «Arcillas y otros materiales afines de la Cuenca del Guadalquivir: Significado geológico, propiedades físico-químicas y aplicaciones», subvencionado por la Junta de Andalucía.

Referencias

- Bentor, Y. K. y Kastner, M. (1965). Notes on the mineralogy and origin of glauconite. *J. Sediment. Petrol.*, 35, 155-166.
- Buckley, H. A.; Beavan, J. C.; Borwn, K. M. y Johnson, L. R. (1978). Glauconite and celadonite: two separate species. *Mineralog. Mag.*, 42, 373-382.
- Burst, J. F. (1958). Glauconite pellets: Their mineral nature and applications to stratigraphic interpretations. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geologists*, 42, 310-327.
- Cimbalnikova, A. (1971). Chemical variability and structural heterogeneity of glauconites. *Am. Miner.*, 56, 1385-1392.
- Civis, J.; Sierro, F. J.; González Delgado, J. A.; Flores, J. A.; Andrés, I.; de Porta, J. y Valle, M. E. (1987). El neógeno marino de la provincia de Huelva: antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. In: *Paleontología del Neógeno de Huelva* (W. Cuenca del Guadalquivir). 9-21. Ediciones de la Universidad de Salamanca.
- Corselli, C. (1981). La tanatocenosis di un fondo S.G.C.F. *Boll. Malacologico*, 17, 1-26.
- Hernández Pacheco, E. (1926). La Sierra Morena y la Llanura Bética (Síntesis geológica). XIV Congr. Geol. Intern. Inst. Geol. Min. Esp., 1-150.
- Martínez del Olmo, W.; García Mallo, J.; Leret Verdu, G.; Serrano Oñate, A. y Suárez Alba, J. (1984). Modelo tectosedimentario del bajo Guadalquivir. I. Congreso Español de Geología. Tomo I, 199-213.
- Mayoral, E. (1986). *Tafonomía y Paleoecología del Plioceno de Huelva-Bonares*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 599 pp.
- Odin, G. S. (1975). *De glauconiarum constitutione origine, aetateque*. Tesis Doctoral. Universidad de París, 280 pp.
- Odin, G. S. y Matter, A. (1981). De glauconiarum origine. *Sedimentology*, 28, 611-641.
- Paul, A. (1902). Análisis de una muestra de arenas del Plioceno en los Cabezos de Huelva. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2, 94.
- Pavia, G. (1975). I molluschi del Pliocene inferiore di Monten Roero (Alba, Italia NW). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 14, 99-175.
- Sierro, F. J. (1984). *Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 391 pp.
- Velde, B. y Odin, G. S. (1975). Further information related to the origin of glauconite. *Clays Clay Miner.*, 23, 376-381.

Recibido el 13 de febrero de 1989
Aceptado el 4 de abril de 1989