

Diagénesis de bajo grado en los sedimentos de la Formación de Quintanaloma (Cretácico Superior, Norte de Burgos, España): evidencias en la materia orgánica

Low-grade diagenesis in the Quintanaloma Formation sediments (Upper Cretaceous, Northern Burgos, Spain): evidences in the organic matter

I. Suárez-Ruiz ⁽¹⁾, I. Regidor-Higuera ^(2a), M.C. Zuluaga ⁽²⁾ y F. García-Garmilla ⁽²⁾

⁽¹⁾ INCAR-CSIC. Ap.73, 33080-Oviedo (Spain). E-mail: isruiz@incar.csic.es

⁽²⁾ Dpto. de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, Ap.644, 48080-Bilbao (Spain), E-mail: nppgagaf@lg.ehu.es

ABSTRACT

Several remains of wood and roots from the sediments of Quintanaloma Formation have been studied in order to determine the degree of organic evolution by measuring the huminite reflectance. Diagenesis of the organic matter linked to the rudist shells is limited to the precipitation of pyrite in crystals and framboids. The reflectance values and the type of recognized macerals in the organic fraction: huminite (humotelinite and humocollinite) and liptinite (mainly resinite) suggest that the organic matter in the analysed samples is clearly immature. Thus, the organic evolution corresponds to diagenesis stage in the range from lignite to lignite/sub-bituminous coal. Other criteria supporting this idea are: the excellent preservation of original textures and details of vegetal tissues, the low-grade of gellification, compaction and homogenisation of tissues, and the intense fluorescence of resinite in the short wavelength domain with colours from green to yellowish green.

Key words: Organic matter, Upper Cretaceous, macerals, reflectance, diagenesis

Geogaceta, 32 (2002), 303-306
ISSN:0213683X

Introducción

En la sección de Gredilla de Sedano (Norte de Burgos), la Formación de Quintanaloma (Campaniense superior-Maastrichtiense inferior) se compone de carbonatos bioclásticos que se depositaron en ambientes marino-someros sometidos periódicamente a episodios de alta energía responsables de la removilización de las conchas de rudistas en condiciones de parautoctonía. En la base de la unidad se detectan episodios tractivos con estratificaciones cruzadas en cuerpos que alcanzan hasta los 5 m. de espesor (Fig. 1a), interpretables como formas migratorias de «sand-waves» desarrolladas en un ambiente mareal. Los restos de materia orgánica de origen vegetal se concentran en dos capas con rizolitos y otros niveles milimétricos situados en la mitad inferior de la sección. Los dos más potentes consisten en fragmentos de materia leñosa y raíces en posición vital con un grado de preservación bastante aceptable (Fig. 1b).

El estudio del grado de evolución o madurez de la materia orgánica es un excelente indicador del grado diagenético sufrido por los sedimentos. El análisis de la reflectancia de la materia orgánica, cotejado con las observaciones de catodoluminiscencia en conchas de rudistas han permitido efectuar una primera estimación sobre la diagénesis alcanzada por los sedimentos de la unidad en este sector.

Metodología

Dos muestras de materia orgánica de origen vegetal se observaron con el microscopio electrónico de barrido Jeol JSM-6400 instalado en la Facultad de Ciencias de la Universidad del País Vasco. Por otro lado, la preparación de cinco muestras para los análisis petrográficos se realizó en el Instituto Nacional del Carbón (INCAR, CSIC, Oviedo) según las normas ISO 7404/2 (modificada) y UNE 32-102-84.

La caracterización petrográfica se efectuó por microscopía óptica en luz

blanca reflejada y en fluorescencia. Para los análisis en luz blanca reflejada se ha utilizado un microscopio MPV-Combi de Leitz, aceite de inmersión ($n = 1,518$ a 23°C), luz monocromática a 548 nm, sin polarizador, objetivos de 50x y oculares de 10x. Para la caracterización por microscopía de fluorescencia se utilizó un MPV-II de Leitz equipado con una lámpara de alta presión de vapor de Hg de la que se seleccionó la longitud de onda azul-violeta para irradiar el material orgánico. Este tipo de análisis ha permitido detectar los componentes transparentes en luz blanca o de difícil identificación en rangos bajos (p.e. la resinite) y confirmar el grado de evolución del material orgánico.

La reflectancia de la vitrinita es uno de los mejores parámetros de rango ya que permite estimar el grado de evolución alcanzado por la materia orgánica. En las muestras estudiadas se ha considerado la media estadística de las reflectancias aleatorias (R_o) obtenidas sobre todas las partículas de huminite de una sección petrográfica, para poder aproximarse al

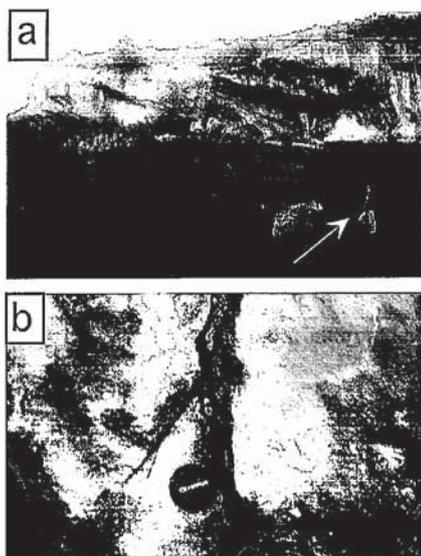


Fig. 1.- Aspectos de campo de la Formación de Quintanaloma: a) estratificación cruzada planar a gran escala en la base de la unidad. Ivan (flecha) aparece en la parte inferior derecha; b) detalle de las raíces en posición de vida. La tapa de la cámara tiene 5 cm. de diámetro.

Fig. 1.- Field aspects of the Quintanaloma Formation: a) large scale planar cross-bedding at the base of the unit. Ivan (arrowed) is at lower right; b) a detail of roots in life-position. Lens cap is 5 cm in diameter.

rango de la materia orgánica en ellas contenida. Las medidas de la reflectancia se han realizado sobre todas aquellas partículas de huminita (humotelinita) aparentemente no alteradas. Como estándar de referencia se ha empleado un vidrio sintético con todas sus variables conocidas. Es necesario destacar que la nomenclatura de los macerales derivados fundamentalmente del material ligno-celulósico (grupo vitrinita) es la correspondiente a un bajo rango de evolución, por lo que el término vitrinita se sustituye por el de huminita.

Caracterización por S.E.M.

Por microscopía electrónica de barrido (S.E.M.) se han analizado diferentes muestras correspondientes tanto a la materia orgánica vegetal como a las conchas de los rudistas (radiolítidos). En las primeras, se ha podido constatar la presencia de restos de tallos con estructura leñosa (Fig. 2a), así como fragmentos alargados con una microestructura celular interna en forma de celdillas de contorno poligonal (Figs. 2b, 2c). Fragmentos de este tipo pueden ser asignados a plantas afines a los musgos y las hepáticas (Bryophyta). En concreto, el contorno

Referencia muestras	Reflectancia (%) Humotelinita (Textinita y Ulminita)	Desviación estándar S	Número de puntos medido N	Reflectancia (%) Humocolinita (Corpohuminita)	Desviación estándar S	Número de puntos medido N
GSO-23.3	--	--	--	--	--	--
GSO-19*	0.26	0.01	56	0.28	0.03	23
GSO-19	--	--	--	0.25	0.02	10
GSO-19.1	0.21	0.01	25	0.25	0.03	30
GSO-17	0.23	0.03	31	0.26	0.02	39

En la muestra GSO-17 fue posible medir la reflectancia de la resinita = 0.05%. El resto de la resinita es transparente o está mezclada con la materia mineral por lo que no ha sido posible efectuar ninguna otra medición.

La muestra GSO-19 tiene toda la humotelinita alterada por lo que no se ha medido su reflectancia.

La muestra GSO-23.3 contiene el mismo tipo de material orgánico que el identificado en el resto de las muestras. No se ha medido su reflectancia por estar el material orgánico degradado

Tabla I.- Resultados de las medidas de reflectancia de los macerales de la huminita.

Table I.- Results from reflectance measurements on huminite macerals.

subhexagonal del entramado celular con poros aeríferos en la posición central de cada célula lleva a pensar en fragmentos de tallos con estructura celular parenquimatosa muy similar a la de las Marchantiales (Marchantiidae) (Stewart y Rothwell, 1993). Si bien no se excluye el medio marino, estas plantas son características de zonas pantanosas con diferente grado de salinidad. En todos los casos, el estado de preservación es bueno

dada la falta de homogeneización de las morfologías de los tejidos. Por su parte, las conchas de rudistas radiolítidos albergan eventualmente un cierto contenido de materia orgánica en el interior de sus celdillas. La evolución diagenética de la misma no ha debido alcanzar más allá de la diagénesis temprana en condiciones anaerobias, que puede dar lugar a la generación de pirita singenética, en ocasiones en forma framboidal (Fig. 2d).

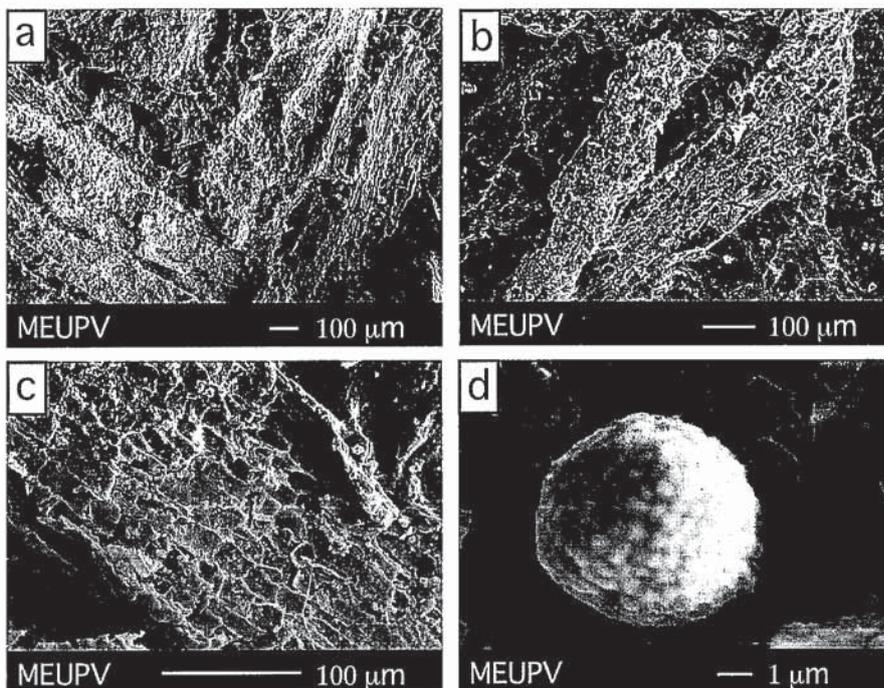


Fig. 2.- Imágenes de SEM: a) restos de tallos con aspecto leñoso; b) fragmentos alargados con microestructura celular interna bien definida; c) detalle de los fragmentos anteriores donde se aprecia el contorno poligonal de las células; d) framboides de pirita en el interior de una celdilla de la concha de un rudista radiolítido.

Fig. 2.- SEM images: a) stem remains showing a woody aspect; b) elongated fragments having a well-defined inner cellular microstructure; c) a detail of the former fragments. The polygonal outline of the cells can be well observed; d) pyrite framboid in the interior of a cell of a radiolítid rudist shell.

Petrografía del material orgánico

Por microscopía óptica se observó que todas las muestras están constituidas por un material orgánico poco evolucionado de tipo carbonoso y de origen terrestre, procedente de pequeños troncos, así como de raíces. Este material orgánico (huminita) corresponde a tejidos vegetales de paredes y cavidades celulares que, aunque muestran diferentes grados de gelificación, preservan bien su morfología y los detalles de su estructura (Fig. 3a), como las finas láminas, los huecos y los espacios intercelulares. Los tejidos vegetales (textinita y ulminita, Fig. 3b), también presentan diferente grado de compactación, por lo que pueden aparecer deformados e incluso presentar rota su estructura celular. Las cavidades celulares de los tejidos pueden encontrarse vacías, o más frecuentemente, rellenas por un material orgánico derivado de secreciones celulares (corpohuminita, Fig. 3c, d), por materia mineral, por resinita (Fig. 3b), o bien por una mezcla de estos dos últimos. En ocasiones, como consecuencia de una mayor gelificación y compactación, las cavidades celulares de estos tejidos aparecen cerradas. Por lo tanto, el grupo maceral huminita es el componente mayoritario en todos los casos, habiéndose identificado dentro de este grupo los macerales: textinita y ulminita (humotelinita), que corresponden a los tejidos anteriormente señalados, y la corpohuminita (humocolinita), que corresponde a los rellenos orgánicos de las cavidades de los tejidos, a corpúsculos y cuerpos individualizados. Existe además otro componente orgánico, la resinita, mucho más escaso y que se describe más abajo.

La textinita y ulminita (Fig. 3b) se originan a partir de las sustancias húmicas que derivan esencialmente de la lignina y la celulosa de las plantas. La distinción entre ambas se hace normalmente en base al grado de gelificación que presentan (ICCP, 1971). Así la textinita aparece claramente menos gelificada que la ulminita, si bien existen todas las gradaciones intermedias entre ellas. De los dos componentes orgánicos, el más abundante es la ulminita. La génesis de ésta se relaciona con los tejidos parenquimatosos de las plantas (ICCP, 1971), los cuales son especialmente propensos a la formación de este componente durante las primeras etapas del proceso postsedimentario de evolución orgánica. Esto confirmaría la afinidad botánica del material orgánico descrito a partir de las

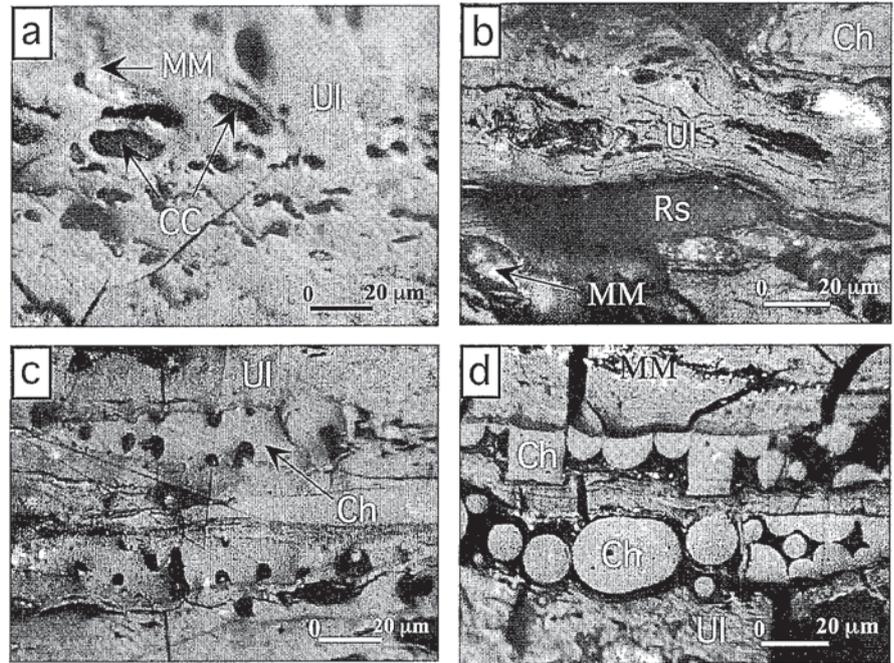


Fig. 3.- Microfotografías de la materia orgánica (MM: materia mineral; Ul: ulminita; Ch: corpohuminita; Rs: resinita; CC: cavidades celulares): a) detalle del tejido vegetal (ulminita) con las cavidades celulares abiertas, vacías o rellenas por materia mineral oxidada; b) detalle del tejido vegetal (ulminita) algo menos gelificado, mostrando la microestructura de las paredes. Las cavidades celulares aparecen abiertas o semicerradas, y rellenas por resinita y/o materia mineral alterada. Se observa la corpohuminita con una reflectancia ligeramente más elevada que la de la ulminita; c) la corpohuminita muestra una porosidad importante; en cambio, la ulminita presenta un mayor grado de gelificación; d) corpohuminita con estructura tabular, esférica y subsférica. Se desarrollan grietas y fracturas por alteración. El tejido vegetal se encuentra bastante gelificado y la materia mineral se entremezcla con el material orgánico.

Fig. 3.- Photomicrographs of organic matter (MM: mineral matter; Ul: ulminite; Ch: corpohuminita; Rs: resinite; CC: cellular cavities): a) a detail of vegetal tissue (ulminite) with open cellular cavities that appear both empty or filled by oxidized mineral matter; b) a detail of less-gelled vegetal tissue (ulminite) showing the wall microstructure. The cellular cavities appear both open or semi-closed, and filled by resinite and/or altered mineral matter. The corpohuminita has a reflectance slightly higher than that of the ulminite; c) corpohuminita has an important porosity; on the contrary, ulminite shows a higher gellification degree; d) corpohuminita with tabular, spherical and sub-spherical structure. Cracks and fractures are developed owing to alteration. The vegetal tissue is rather gelled and the mineral matter mixed with organic matter.

observaciones por SEM. Además, las facies subacuáticas y especialmente los ambientes ricos en calcio favorecen la formación de la ulminita (ICCP, 1971) y estas parecen haber sido las condiciones existentes durante la sedimentación de la Formación de Quintanaloma en Gredilla de Sedano. Por su parte, la corpohuminita (Fig. 3c) se caracteriza por presentar una textura homogénea, aunque también puede mostrar una cierta porosidad. Su morfología es muy variable: esférica, rectangular, ovalada, etc. En las muestras analizadas ninguno de estos tres macerales presenta fluorescencia.

Parte de la textinita y ulminita presentan diversos grados y marcas de alteración/oxidación como consecuencia de una exposición subaérea prologada en el afloramiento. La corpohuminita, al pro-

ceder normalmente de las secreciones celulares de las plantas, se caracteriza por ser más resistente a estos procesos. De hecho, no se han encontrado evidencias de alteración en este componente. La materia mineral puede aparecer intermezclada con el material orgánico y también se encuentra oxidada.

El cuarto componente orgánico presente, mucho más escaso, es la resinita, del grupo maceral liptinita (Fig. 3b). Su color en luz blanca reflejada es el más oscuro de todos los componentes identificados tal y como lo prueba el valor de reflectancia obtenido: 0,05%. Las propiedades de fluorescencia de este maceral en todas las muestras han permitido confirmar el estadio de evolución del material orgánico. Así, se ha observado que la resinita presenta una coloración verdosa

amarilla muy intensa, propia de un material orgánico inmaduro en el estadio de diagénesis orgánica. En algunos casos, la coloración de la resinita muestra tonalidades anaranjadas y baja intensidad por efecto de la meteorización superficial.

Todos los macerales están presentes en las cinco muestras analizadas. Sin embargo, hay que destacar que la muestra más próxima a la base de la unidad (GSO-17) tiene menos contenido en textinita y que la humotelinita está claramente más gelificada comparativamente con lo observado en las muestras GSO-19, GSO-19.1 y GSO-19* (Regidor-Higuera *et al.*, este volumen). Estas, por el contrario, tienen un contenido algo más elevado en textinita y, en general, la estructura celular está menos distorsionada, lo que es especialmente evidente en el caso de la muestra GSO-23.3. En esta última, la aparición de textinita confirma la presencia de raíces constatada en el afloramiento, ya que dicho maceral se define como un producto de la carbonificación de membranas celulares de tejidos vegetales particularmente resistentes desde el punto de vista químico y microbiológico, que puede proceder, entre otros, de órganos vegetales como las raíces (ICCP, 1971).

Reflectancia de la huminita

Los resultados de las medidas de reflectancia de los diferentes componentes de la huminita en las muestras analizadas se presentan en la Tabla I. Las determinaciones de la reflectancia de la huminita se han realizado sobre partículas orgánicas aparentemente no oxidadas, o con un grado de alteración muy bajo. En este sentido, Copard *et al.* (2002) han demostrado recientemente que los procesos de alteración superficial de la materia orgánica de alto rango a muy baja temperatura no modifican la reflectancia aunque sí ejercen una notable influencia sobre los parámetros químicos. Como en nuestro caso el material orgánico es de bajo rango, algunos valores absolutos de la reflectancia se consideraron *a priori* con una cierta cautela, ya que pudieran estar ligeramente modificados a la baja. No obstante, los valores de reflectancia

medidos parecen reflejar el verdadero grado de evolución del material orgánico contenido en estas muestras. Este aspecto ha quedado confirmado por el resto de las observaciones efectuadas (i.e. fluorescencia de la resinita), así como por las medidas de cátodoluminiscencia de las conchas de rudistas.

Los valores de reflectancia de la huminita (humotelinita) permiten señalar que la materia orgánica, en general, tiene un carácter inmaduro en todos los casos y que se encuentra en un estadio de evolución orgánica equivalente a la diagénesis (reflectancia < 0,5%), lo que equivale a decir que este material carbonoso tiene un rango de lignitos a lignitos en transición a carbones sub-bituminosos. En lo que respecta a los valores de reflectancia de la corpohuminita, son, en general, similares o ligeramente superiores a los de la humotelinita, lo cual es normal, ya que, en rangos bajos, los macerales de la huminita se caracterizan por presentar diferencias, a veces importantes, en sus valores de reflectancia (Stach *et al.*, 1982; Taylor *et al.*, 1998).

Por otro lado, existen criterios adicionales que apoyan la evaluación del rango establecida en base a los valores de reflectancia de la huminita (humotelinita) y confirman el estadio de inmadurez de la materia orgánica de estas muestras. Estos criterios son: i) el tipo de macerales identificados: humotelinita (textinita y ulminita) y humocolinita (corpohuminita), que son exclusivos de rangos bajos; ii) la excelente preservación de las texturas y estructuras de los tejidos vegetales (paredes y cavidades celulares identificables), que normalmente tienden a desaparecer con el progreso de la carbonificación; iii) el bajo grado de gelificación, compactación y homogeneización de tejidos; iv) las diferencias en reflectancia de la humotelinita con respecto a la humocolinita (normalmente, estas diferencias desaparecen con el aumento del rango en el tránsito diagénesis/catagénesis, delimitado por una reflectancia de la vitrinita comprendida entre 0,5 y 0,6%); v) la intensa fluorescencia de la resinita en las cortas longitudes de onda (verde y

verde-amarillo); y, finalmente, vi) la desaparición de la fluorescencia de la humotelinita, especialmente en la textinita (ICCP, 1971).

Dado que las muestras analizadas abarcan poco espesor en la columna sedimentaria, no se han observado diferencias en el grado de evolución orgánica, pero sí en el de compactación y gelificación. Por último, de acuerdo con lo indicado por Regidor-Higuera *et al.* (este volumen) la falta de homogeneización en la luminiscencia de las conchas de rudistas parece apoyar los resultados obtenidos del estudio de la fracción orgánica en el sentido de confirmar el bajo grado diagénético sufrido por los sedimentos de esta unidad.

Agradecimientos

A la Universidad del País Vasco por la financiación de este trabajo a través del Proyecto de Investigación UPV 130.310-EB034/99. A los Dres. Isabel Salcedo, José M^a Gorostiaga y Gustavo Renobales (UPV/EHU) por la determinación, hasta donde fue posible, de la naturaleza de los restos de origen vegetal. A la Dra. M^a Luisa de Nó (UPV/EHU) por su ayuda en la utilización del S.E.M.

Referencias

- Copard, Y.; Disnar, J. R. y Becq-Giraudon, J. F. (2002): *International Journal of Coal Geology*, 49, 57-65.
- ICCP (1971): *International Handbook for Coal petrology*. 2^a ed., 1st supplement, C.N.R.S. Paris.
- Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. y Elorza, J. (2002): *Geogaceta*, 32, 285-288.
- Stach, E.; Mackowsky, M-Th.; Teichmüller, M.; Taylor, G.H.; Chandra, D. y Teichmüller, R. (1982): *Coal petrology*. Gebrüder Borntraeger, 535 pp.
- Stewart, W.N. y Rothwell, G.W. (1993): *Paleobotany and the Evolution of Plants*. Cambridge University Press. 2nd edition. 521 pp.
- Taylor, G.H.; Teichmüller, M.; Davis, A.; Diessel, C.F.K.; Littke, R. y Robert, P. (1998): *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, 704 pp.