

Geoquímica comparada de depósitos de turberas altas (tremedales de los Montes Universales, Teruel) y de turberas bajas (Marjales de la depresión Valencia-Castellón)

Compared geochemistry of deposits from high peatlands (bogs of the Montes Universales, Teruel) and down peatlands (marshes of the Valencia-Castellón basin)

LÓPEZ-BUENDÍA, A. M.; BASTIDA, J.; QUEROL, X.; FERNÁNDEZ-TURIEL, J. L.

A comparative geochemical study of peat deposits from bog and marsh (with marine influence) deposits has been performed. The bog is located in Tremedal Mountains (Teruel, Iberian Range, Spain) and the marsh in the Castellon coast (east Spain). Peat from bog deposits is mainly made of *Sphagnum* moss, and the peat from marshes shows mainly grasses and sedges (*Juncus*, *Thypha* and *Phragmites*) and fortuitously some halophytes (*Salicornia*).

The geochemical analyses were performed by inductively coupled plasma mass spectrometry and atomic emission spectrometry (ICP-MS and ICP-AES). The greater values for B, Sr, Na, Mg, Fe and S were found in marsh deposits, and the greater contents of Ba, Be, Cu for the bog deposits. V has a similar concentration in both environments.

Key words: Peat, Marsh, Bog, Geochemistry, Major Elements, Trace Elements, Teruel, Castellon, Spain.

LÓPEZ-BUENDÍA, A. M.; BASTIDA, J. (Departament de Geologia. Universitat de València. Dr. Moliner 50. 46100 Burjassot, Valencia. España).

QUEROL, X.; FERNÁNDEZ-TURIEL, J. L. (Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, CSIC. Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona. España).

INTRODUCCIÓN

En la bibliografía aparecen datos geoquímicos de carbones de distinto rango en los que se discute su relación con el ambiente deposicional (ver BOUSKA, 1981; SWAINE, 1990). A menudo, las variaciones de concentraciones se justifican con respecto a otros sedimentos con los que se relacionan. No obstante, son más escasos los trabajos realizados en turbas, donde la situación paleogeográfica y paleoambiental es más evidente. Por ello consideramos de interés el realizar estos ensayos en estos depósitos cuaternarios para poder relacionarlos con carbones más antiguos.

Las turberas, por su naturaleza, requieren un tipo de estudio distinto, ya sea desde el punto de vista de muestreo o desde su perspectiva en relación con los sedimentos adyacentes.

Para este trabajo se han seleccionado dos tipos de ambientes de depósito bien distintos en donde la turbera se ha desarrollado. Se ha escogido depósitos de turberas de tipo tremedal (término equivalente al inglés bog, de acuerdo con MOORE y BELLMY, 1973 y GORE, 1983), alimentadas por agua dulce, y sedimentos de turberas bajas (próximas al mar), con influencia marina que denominaremos marjal (equivalente al término inglés de marsh). Ciertos autores introducen dentro de la definición de marjal la influencia mareal (CHAPMAN, 1960, SCOTT y MEDIOLI, 1980), aunque nosotros no impondremos este requisito, de acuerdo con CAMERON et al (1989) o EVERETT (1990).

LOCALIZACIÓN FISIGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La turbera de Orihuela del Tremedal se localiza en la parte meridional de las Cadenas Ibéricas, sobre la unidad tectonoestratigráfica de Unidad de Albarracín (JULIVERT et al., 1972; CAPOTE y GONZÁLEZ-LODEIRO, 1983), que podrían ser considerados como la prolongación de los materiales de la Zona Asturoccidental-Leonesa en la Cordillera Ibérica.

En concreto, los depósitos estudiados se sitúan al sur de la localidad de Orihuela, en el Macizo del Tremedal de la Sierra de Albarracín, instaladas sobre cuarcitas y pizarras de edad Ordovícico-Pérmico.

Como turberas bajas se han seleccionado las del litoral del Levante de la Península Ibérica, y en particular las de el marjal de Almenara y el marjal de Benicásim, ambos en la provincia de Castellón (figura 1). Se sitúan sobre conglomerados, arenas y arcillas continentales, en facies de abanicos aluviales y abanicos deltaicos, del Pleistoceno, y ocasionalmente sobre arenas bioclásticas litorales de la misma edad.

Turbera de Orihuela

Estudiada anteriormente por MENENDEZ y ESTERAS (1965) desde un punto de vista palinológico, la estructura del tremedal de Orihuela corresponde a la de una turbera de ladera formada a partir de bioconstrucciones de musgo del género *Sphagnum*, que retienen gran cantidad de agua en sus tejidos, pudiendo implantarse algunos tipos de herbáceas (*Phragmites*, *Juncus*, *Carex*), fundamentalmente en los límites del tremedal, aunque siempre con escaso desa-

rollo, de forma que la contribución vegetal más importante aparte de los musgos es la de las acículas de coníferas, localizadas en la misma turbera y en zonas colindantes. Las bioconstrucciones forman pequeños montículos individualizados de unos 20 a 50 cm de altura y diámetros de escala métrica.

El desarrollo de la turbera se ve favorecido por la alimentación de agua subterránea, cuyo afloramiento no parece ser puntual sino zonal, a partir de la cual pueden desarrollarse colonias de *Sphagnum*, con desarrollo pendiente abajo, así como en la vertical. El nivel piezométrico va dibujando la morfología de las construcciones de musgo, dada la capacidad de retención de agua de estas, (figura 2). La implantación original de la bioconstrucción parece evidente que se desarrolló a partir de un substrato detrítico (limos orgánicos muy heterométricos), como aparece en la figura 3, extendiéndose posteriormente a pequeñas zonas con substrato paleozoico aflorante.

Turberas litorales de Castellón

El origen de estas turberas bajas está relacionado con zonas pantanosas, alimentadas por agua subterránea y limitadas con el mar por cordones litorales. El nivel de agua se asegura debido a los importantes acuíferos determinados por carbonatos mesozoicos, junto con areniscas del Bundsandstein y por materiales detríticos, fundamentalmente conglomeráticos del Plio-Pleistoceno. La capacidad de desplazamiento de los cordones litorales permite que, ante cambios del nivel del mar se den desplazamientos de las ciénagas.

La morfología de las cuencas palustres hacia el continente la condicionan los frentes

de los abanicos aluviales y de los abanicos deltaicos coalescentes, provenientes de los relieves de las inmediaciones.

La materia vegetal que origina la turba está muy enriquecida en plantas superiores, de tipo herbácea o arbustiva, reconociéndose restos de los géneros *Juncus*, *Typma* y *Phragmites*. En los marjales actuales se encuentran mayoritariamente los géneros citados, así como una concentración relativamente importante de plantas halófitas, tales como *Halimione* o *Salicornia*.

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

Las muestras de turba se han extraído mediante una sonda de pistón manual tipo Davis de diseño orientativo basado en COHEN y SPACKMAN (1972), fabricado en acero inoxidable .

Las muestras recogidas fueron envueltas y precintadas en plástico y almacenadas en nevera a 4°C, para evitar alteraciones.

Para el análisis mineralógico mediante rayos-X se ha utilizado un difractómetro modelo Siemens D500, trabajando en condiciones de rutina a 40Kv, 20mA, con ventanas de 1°, 1°, 1° y 0.15° con ración CuKa, controlado con software DIFFRAC-AT instalado en un IBM-AT, conectado al difractómetro mediante la interface DACOMP. El tratamiento de datos se ha realizado mediante el programa EVA, del mencionado paquete informático.

La preparación de muestras se ha realizado mediante el método de polvo desorientado de la muestra total, molturada a tamaño pasante a <50mm, en portamuestras siguiendo el procedimiento de NISKANEN (1964).

Los análisis químicos se han realizado

previa digestión de la muestra total, molturada y seca a 110°C, en HNO₃ a 90°C en bombas de PFA. Las extracciones sucesivas se centrifugan para separar el residuo no digerible (silicatos), siguiendo el método de QUEROL et al. (1995).

La determinación de los elementos mayoritarios y traza se ha realizado por espectrometría de emisión con fuente de plasma acoplada inductivamente (ICP-AES) y por espectrometría de masas con fuente de plasma acoplada inductivamente (ICP-MS), previa digestión en HNO₃ a 90°C en bombas de PFA. La determinación de los elementos mayoritarios y traza se han realizado mediante un ICP-MS y un ICP-AES.

Los elementos mayoritarios se han determinado mediante un equipo ICP-AES modelo Atomscan 61-E Thermo Jarrell Ash multicanal con portamuestras automático, conectado a un PC y procesado automático. Para los elementos que han presentado más problemas en su determinación (B, V, Fe), se ha utilizado un equipo ICP-AES modelo JY-38 Jobin Ivon multifrecuencia, con una red de difracción de 3600 l/mm, de utilización manual, conectado a un PC con procesado automático.

El ICP-MS empleado ha sido un VG Plasmaquad 2+ instrument, controlado por un ordenador PC (Compaq 386 Model 20e), mediante un software ICP-MS, cuyos datos analíticos son procesados en el disco duro automáticamente.

Las digestiones (1/100 a 1/250) se diluyen de 5 a 20 veces para obtener una disolución final de unos 1/1000 a 1/2500. A la digestión se le añade indio (50 ppb In) como estandar interno, a fin de corregir la deriva del equipo, así como una disolución de monitores estándares cada cuatro muestras.

DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

En la descripción litológica de los depósitos de turba emplearemos los criterios de identificación propuestos por VON POST (1924), FARNHAM y FINNEY (1965) y HENDERSON y DOIRON (1981), esto es, una clasificación práctica basada en el tamaño de las fibras, que son, de mayor a menor, fibríca, hémica y sáprica.

Orihuela del Tremedal

Se realizaron cinco sondeos manuales, de los cuales se han seleccionado los dos más representativos por tener mayor potencia. Ambos representan la serie completa, llegando hasta el substrato rocoso.

Sobre las cuarcitas paleozoicas se presentan arcillas con alto contenido en materia orgánica, muy heterométricas con cantidades variables de arena y microconglomerados, con algunos cantos de mayor tamaño. Su espesor es muy variable, con potencias desde 0 a 60 cm. El techo de esta unidad (TR5) está constituido por arcillas de tonos pardos con nódulos de carbonato, propios de un paleosuelo libre de agua perenne, sobre las cuales y en un contacto relativamente neto se encuentran depósitos turbosos. En su mayoría la turba es de tipo fibríca (muy poco descompuesta), con poca proporción de materia mineral, pero también puede aparecer turba hémica (descomposición en estado intermedio) y en las que eventualmente aparecen niveles arcillosos. El techo de la sucesión está siempre constituido por turbas fibrícas (figura 3).

Marjal de Almenara

Se han realizado 15 sondeos manuales en toda la turbera, de los que se ha seleccionado

una de las más completas (figura 3), cuyo espesor alcanza los 4 m.

La base estratigráfica está formada por arcillas pardas poco plásticas, que pasan gradualmente a arcillas grises con mayor contenido en materia orgánica. Sobre ella y en contacto neto (en detalle), se encuentra un grueso conjunto de turba sáprica de 2.4 m de potencia, con niveles alternantes de concentraciones de gasterópodos. Intercalados en el conjunto turboso aparecen tres delgadas intercalaciones margo-arenosas de potencia decreciente a techo. con relativa abundancia de gasterópodos y con pequeños nódulos de carbonato en el nivel superior. El conjunto organógeno aumenta su contenido en arcilla en las proximidades del techo, para pasar (hacia los 160 cm de profundidad), mediante un contacto irregular a unas lutitas grises poco plásticas y ricas en gasterópodos. El contenido en materia orgánica de este nivel disminuye hacia techo, hasta llegar a un nivel formado por arcillas pardas, de comportamiento muy poco pástico. Intercalada entre las arcillas grises aparecen tres niveles arenosos, estrato y granodecrecientes a techo.

Marjal de Benicasim

En esta cuenca se han realizado 15 sondeos manuales, obteniéndose espesores de turba muy variables. Entre ellos se han seleccionado dos, que creemos más representativos.

La columna KB-3B se encuentra en una zona con substrato arcilloso, deducido a partir de sondeos próximos, con una potencia de turba del orden de 250 cm, aunque en el que se describe no se alcanzó su contacto. El nivel turboso es rico en gasterópodos y presenta turba fíbrica, hémica y sáprica alter-

nantes, y contenidos en arcilla crecientes hacia techo, entre las que se intercalan niveles arcillosos con variables contenidos en materia orgánica y con un espesor creciente hacia techo de la unidad.

A unos 78 cm de profundidad y sobre la turba, aparece un nivel de limos grises con gasterópodos que pasa gradualmente a lutitas pardas con gasterópodos.

La base de la columna KB-4D está formada por arenas con abundante fauna de origen marino, entre las que se reconoce el género *Cardium*. Con un contacto muy neto, aparece sobre ellas un conjunto turboso, formado por turba hémica y sáprica alter-nante, con un nivel más arcilloso intermedido (figura 3). Un contacto erosivo separa a este conjunto de un último nivel arcilloso.

GEOQUIMICA

De los elementos químicos analizados haremos especial mención a los que aparecen en la bibliografía como más representativos respecto a ambientes de salinidad del medio (B, Ba, V, S, Fe, K, Ca, Na, Sr, Ca).

Varios elementos se han reconocido por diversos autores como preferentemente asociados a materia orgánica en depósitos de turba. Así, el boro se encuentra fijado principalmente por la materia vegetal en carbones (WARD, 1980; CLARK y SWAINE CORREA DA SILVA FIHO, 1982; GOODARZI, 1988; SOLARI et al., 1989; BEATON et al. 1991; QUEROL et al., 1995; entre otros), y en menor cuantía a la materia mineral, principalmente a la illita (LEUTWEIN y RİSLER, 1956; KLER et al., 1987). El vanadio también tiene mayor afinidad por la materia orgánica (HORTON y AUBREY, 1950; KOJIMA y FUROSAWA, 1986; QUEROL et al.,

1995), si bien MAZAK y LEVINSKA-OCHWAT (1987) consideran que en un 98% de V en carbones se encuentra asociado a la materia mineral. Por el contrario existen mayores discrepancias con respecto a Sr y a Ba, de forma que algunos autores suponen sus mayores fijadores a la materia mineral (BROWN y SWAINE, 1964 o NICHOLS, 1968), mientras otros consideran su asociación más relacionada con la materia orgánica (BENSON y HOLM, 1985; QUEROL et al., 1995).

Ca, Na, K, S y Fe, pese a ser importantes para la vida vegetal se presentan en mayor cuantía en la materia mineral. De esta forma, el calcio forma parte de la la calcita inorgánica y de la orgánica (caparazones de gasterópodos, lamelibranquios, foraminíferos y ostrácodos), además se asocia a yeso. Igual tendencia sigue el estroncio, que se encuentra sustituyendo al calcio. El Na aparece asociado principalmente a halita y a feldspatos y el K aparece principalmente en arcillas. El S se asocia con el Ca en forma de yeso, y con el Fe en forma de pirita y en parte a la materia orgánica.

En términos absolutos es necesario marcar algunas diferencias netas. Quizá la más representativa es la escasez de boro en el tremedal hasta el punto de situarse en los límites de detección analíticos, con un valor máximo de 0.4 ppm B y frente a concentraciones de 3.5 ppm hasta 48.3 ppm B en los marjales, siendo este valor mínimo para una cantidad de materia orgánica de 6.8% (a 450°C). La concentración de bario en turberas bajas es relativamente bajo y se encuentra en un rango de valores relativamente estrecho (13.8 a 75.2 ppm Ba), mientras que en las turberas altas presenta valores mayores (82.6 a 301 ppm Ba), a excepción de una muestra de la columna TR-1, con un valor extremadamente bajo, de 7.4 ppm Ba.

Otros elementos dignos de resaltar son el calcio y el estroncio, el primero con concentraciones de rango entre 0.9% y 36.8% en peso de Ca en los marjales, frente a valores de 0.3% hasta 0.7% de Ca en el tremedal. El Sr pone de manifiesto unas tendencias más significativas, presentando diferencias de 91.18 a 888.33 ppm de Sr en las turberas litorales y de 11.3 a 25.5 ppm de Sr en las turberas intramontañosas. El sodio presenta valores muy bajos en el tremedal (de 0.004% a 0.02% de Na), y significativamente altos en los marjales (de 0.3% a 1.6%). Las diferencias en el magnesio son algo más discretas, con rangos de 0.1%-0.2% de Mg, con respecto a concentraciones de 0.4% a 0.8% de Mg en los marjales.

El S también es más abundante en ambientes de marjal, con un rango de 0.5 a 5.5% de S, con un valor medio de 2.8%, siendo en ambientes de tremedal de .05 a 0.7% de azufre, con valor medio de 0.3%.

Los resultados químicos se han procesado estadísticamente mediante análisis factorial, que se torna una eficaz herramienta para establecer una correlación entre los elementos, a fin de poder discriminar entre los diferentes factores por los que afectan su concentración en los depósitos de turba.

Este procedimiento se ha realizado de cuatro maneras distintas. Por una parte se han introducido la totalidad de las muestras analizadas, con sus respectivos elementos determinados, con lo que obtenemos un visión general de las correlaciones entre los distintos elementos (figura 4A). Por otra parte se han introducido las muestras que se presentan en las figuras 2 y 3, con los elementos que hemos seleccionado (mencionados arriba), para determinar las diferencias geoquímicas debidas a los distintos ambientes deposicionales considerados (fi-

gura 4B). En tercer lugar se ha hecho una diferenciación de ambientes y se han tratado los datos siguiendo este criterio. De tal forma que se han agrupado las muestras de tremedal por un lado y las de marjal por otro. Esto supone un desgaste en cuanto a su fiabilidad estadística pero, por contra, resalta las diferencias ambientales en ambos depósitos y con ello, las características geoquímicas para sendos medios sedimentarios (figura 4 C y D). Las correlaciones elemento a elemento y de contenido en materia orgánica, para el conjunto de los elementos y para cada uno de los ambientes se han representado en las tablas 1, 2 y 3.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El análisis estadístico nos muestra que B y Na aparecen relacionados, lo que implica que les afecta un mismo tipo de factores. En los sedimentos de tremedal no se observa este hecho, aunque en él las variaciones de B son inferiores al error analítico, como ya se ha comentado. Dicha correlación es justificable si se tiene en cuenta que las concentraciones de dichos elementos están correlacionados con la salinidad del medio.

El B es un elemento claramente diferenciador de ambientes marinos, dada su afinidad a la materia vegetal, tal y como se ha comentado más arriba, debido a que las concentraciones en el mar son del orden de 4440 ppb de B, frente a concentraciones de 10 ppb en aguas de río (LI, 1982). Esta afinidad y sus variaciones de concentración según sea la procedencia del agua, permiten que sea un elemento de primer orden en la diferenciación de ambientes.

El azufre es aportado por el agua marina en forma de sulfatos, que puede ser asimilado

directamente por la planta, además de que en un ambiente anóxico daría lugar a H_2S , por efecto de bacterias sulforeductoras, el cual puede asociarse al Fe, para dar sulfuros, y a la materia orgánica (PRICE y SHIEH, 1979). El resto de los sulfatos no aprovechados pueden quedar en los intersticios de la turba y precipitar en forma de yeso (ver tabla 4).

Con alimentación de la turbera por agua dulce, el S se presenta principalmente como S orgánico, a partir de la asimilación de sulfato por la planta (CASAGRANDE et al., 1979; CASAGRANDE 1987), de forma que al morir la planta, una buena parte del S orgánico se libera, mientras que en ambiente de mayor influencia marina la actuación de las bacterias sulforeductoras en situación sinsedimentaria tiene una mayor influencia (Casagrande et al., 1979). Si la alimentación de la turbera tiene alguna influencia marina, el S tiende a presentarse como S orgánico, S pirítico y S sulfático (PRICE y CASAGRANDE, 1991).

S y Fe aparecen con una correlación inversa en el tremedal, esto es, cuando aumenta el contenido en S disminuye el de Fe, y viceversa. Sin embargo con respecto a la materia orgánica existe una fuerte concentración con el S. Por ello, este elemento se encuentra mayoritariamente como S orgánico, mientras que el contenido en S pirítico es residual. Así, con alimentación exclusivamente de agua dulce, la presencia de pirita es observable en las zonas de la turbera más diagenizada, esto es, hacia el muro, mientras que hacia techo de la serie turbosa, el S se encontraría asociado a la materia orgánica. Por contra, en los marjales encontramos que la presencia de sulfatos (yeso) y pirita en las fases minerales de la turba en ambientes de influencia marina (tabla 4).

Sr y Ca siguen una tendencia similar, dado que son elementos de radio atómico semejante y en la estructura cristalina el estroncio se encuentra sustituyendo al calcio, fundamentalmente en redes cristalográficas más abiertas, tales como el aragonito y la calcita. Por ello, esta relación es más evidente en las series estratigráficas en donde existe mayor abundancia de calcita, tal es el caso de KM-5R (tabla 4).

Por otra parte, el agua dulce que alimenta a los marjales está muy influenciada por los afloramientos calcáreos mesozoicos próximos, mientras que el tremedal la influencia de los afloramientos litológicos externos las dan cuarcitas y pizarras, que aportan muy leves cantidades de calcio. Todo ello justifica la no correlación entre Sr y Ca en las turberas altas.

Por otro lado, Fe y K se encuentran relacionados, con mucha más evidencia si estos se refieren al contenido en materia orgánica, por lo que parecen estar asociados a las mismas fases del depósito.

Con todo lo expuesto podemos concluir que en los depósitos de turba, B y Na resultan ser los mayores indicadores de salinidad, añadido a esto su asociación a la materia orgánica. El Sr tiene una menor importancia, por cuanto está condicionado por el contenido en carbonatos de las mismas.

Dado que el azufre se encuentra en tres formas diferentes, S orgánico, S pirítico y S sulfático, las variaciones en su concentración están relacionadas por estos factores, y es posible correlacionar materia orgánica con el contenido en piritita y yeso con el contenido en S y, a su vez, con la salinidad

del medio. Además proporciona una idea de la maduración de la turba, si se la compara con el contenido en sulfuros.

El contenido en Ba se encuentra muy influenciado por la presencia de mineralizaciones de BSO_4 y su contaminación en las aguas, por lo que no supone un indicador especialmente eficaz en cuanto a salinidad se refiere, si bien en aguas continentales suele ser más elevado, aunque con variaciones excesivamente amplias (FISHER y PUCHELT, 1974).

Las altas concentraciones en Ba, así como en Fe, deben estar relacionadas con la fuerte mineralización de las aguas que alimentan la turbera de Orihuela, lo que resulta plausible dado que en el macizo del tremedal se tienen diferentes manifestaciones magmáticas y filonianas (cuarzo y baritina, principalmente) en las proximidades de la turbera, con antiguas explotaciones de hierro en las proximidades.

En el caso concreto de los marjales, estos elementos ponen de relieve el hecho de una mayor influencia marina hacia el techo de la serie.

AGRADECIMIENTOS

Para este trabajo el primero de los firmantes ha disfrutado de una beca predoctoral de la Generalitat Valenciana. Al Dr. S. Martínez Manent por su colaboración en la realización de los análisis geoquímicos en el ICP-AES.

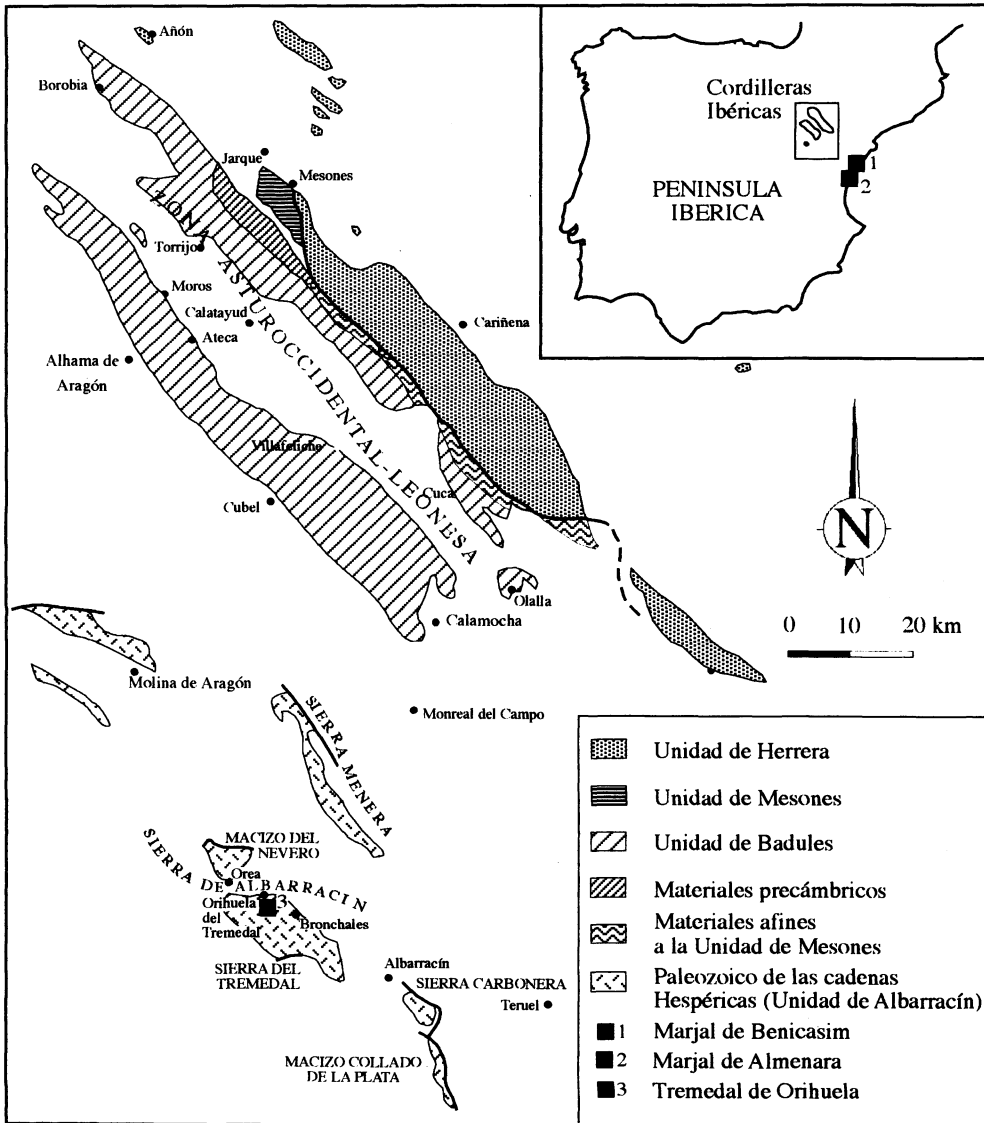


Fig. 1. Localización geográfica y geológica de las turberas.

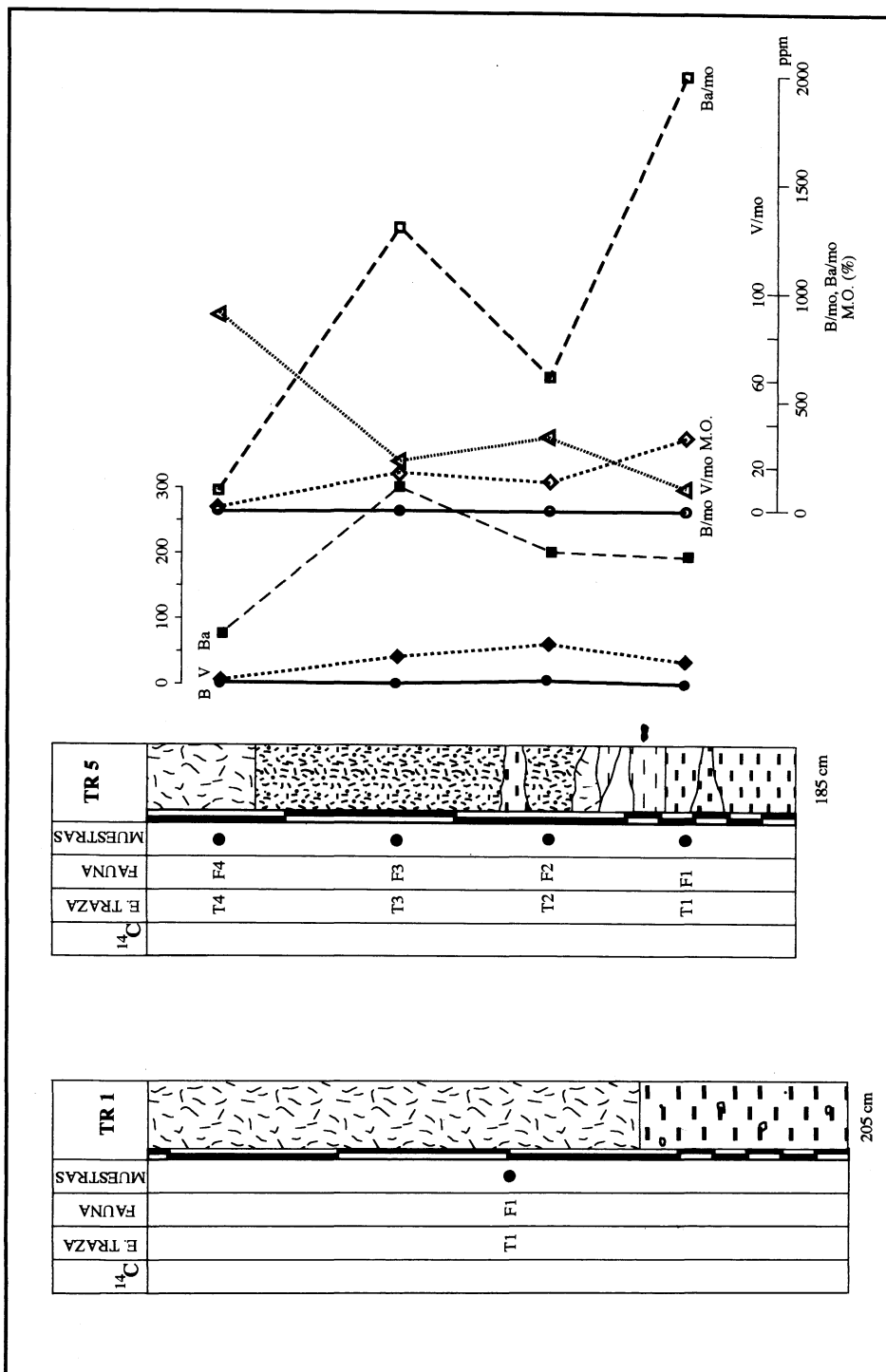


Fig. 2. Evolución vertical de elementos traza y de materia orgánica en el tremedal de Orihuela en el sondeo TR5. (B/mo = contenido en boro/ contenido en materia orgánica). Ver leyenda en figura 3.

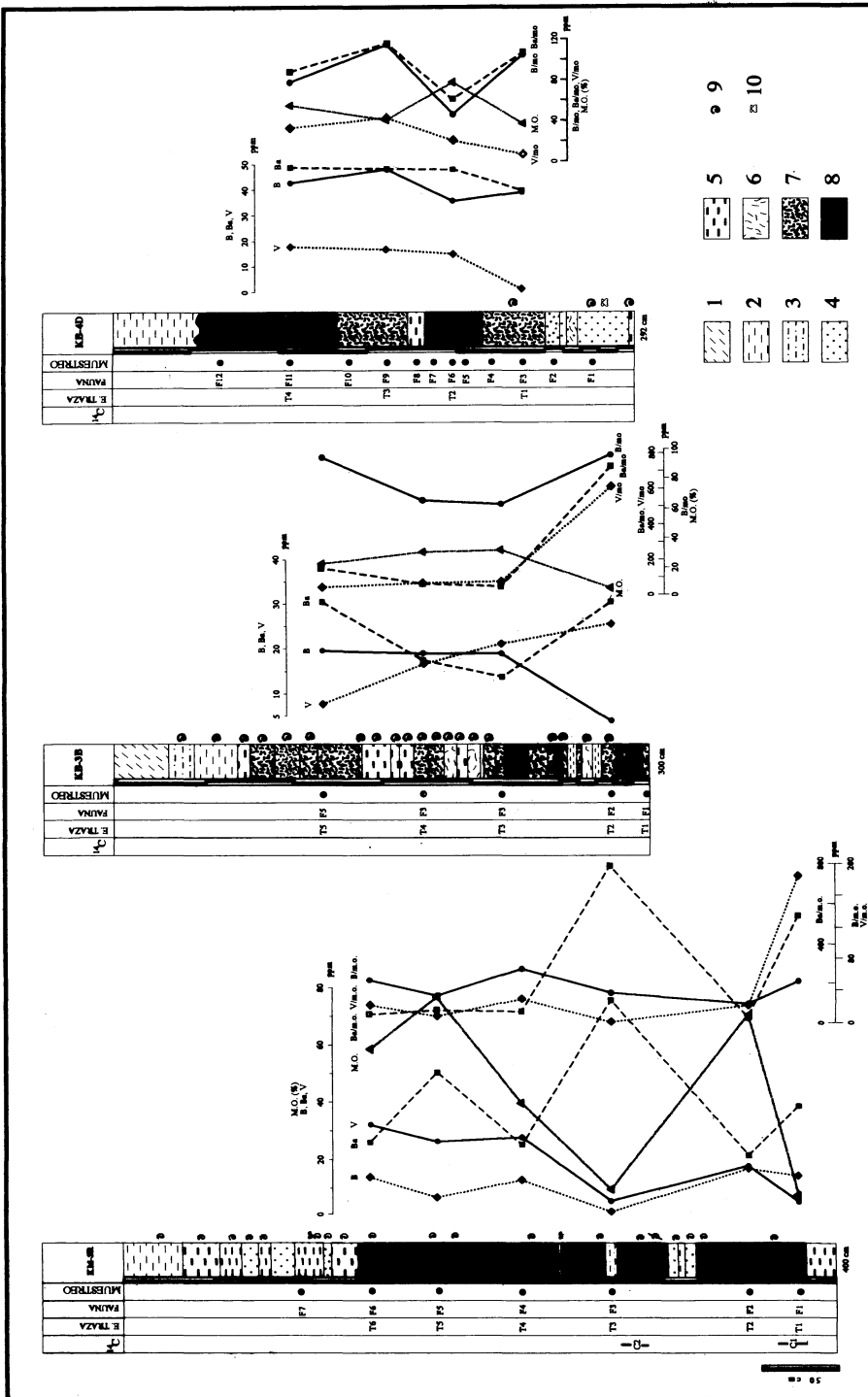


Fig. 3. Evolución vertical de elementos traza y de materia orgánica en los sondeos de los marjales de Benicasim (3B, 4D), de Almenara (5R) (B/mo = contenido en boro/ contenido en materia orgánica).

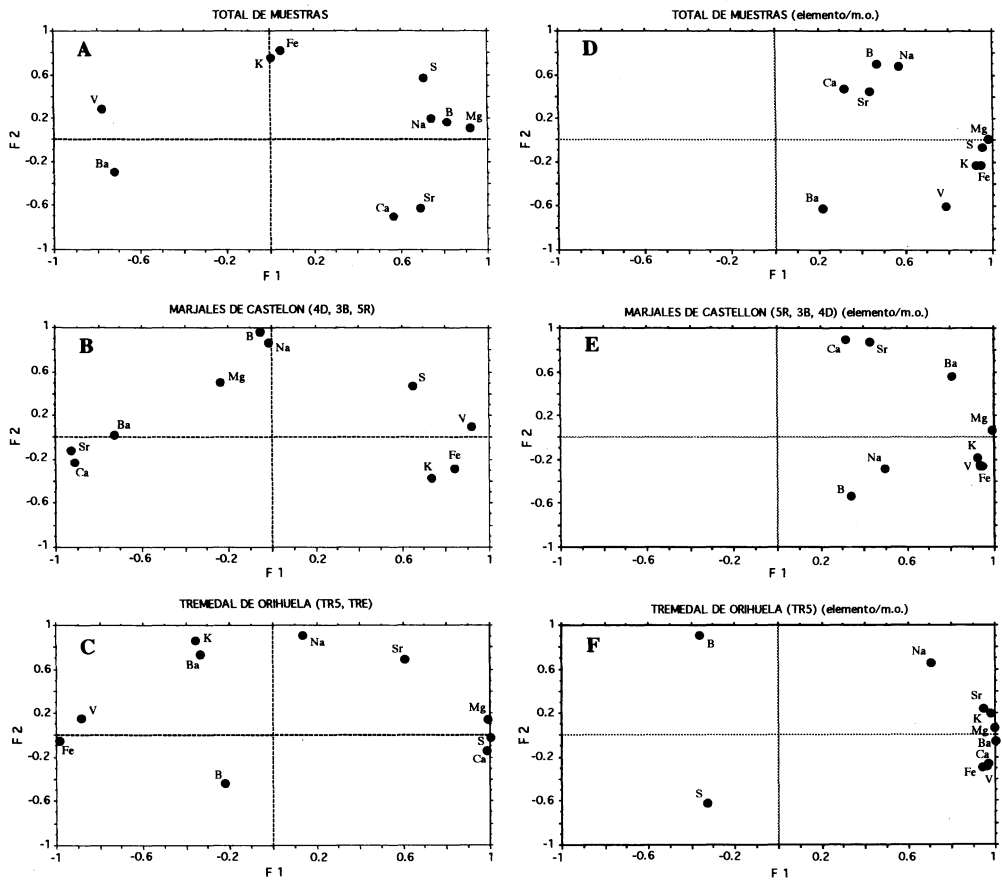


Fig. 4. Evolución vertical de algunos elementos mayores (S, Fe, Ca, Na) y de materia orgánica en los sondeos de los marjales de Benicasim (3B, 4D), de Almenara (5R) y en el tremedal de Orihuela (TR5). Para equivalencia con la litología ver figuras 2 y 3.

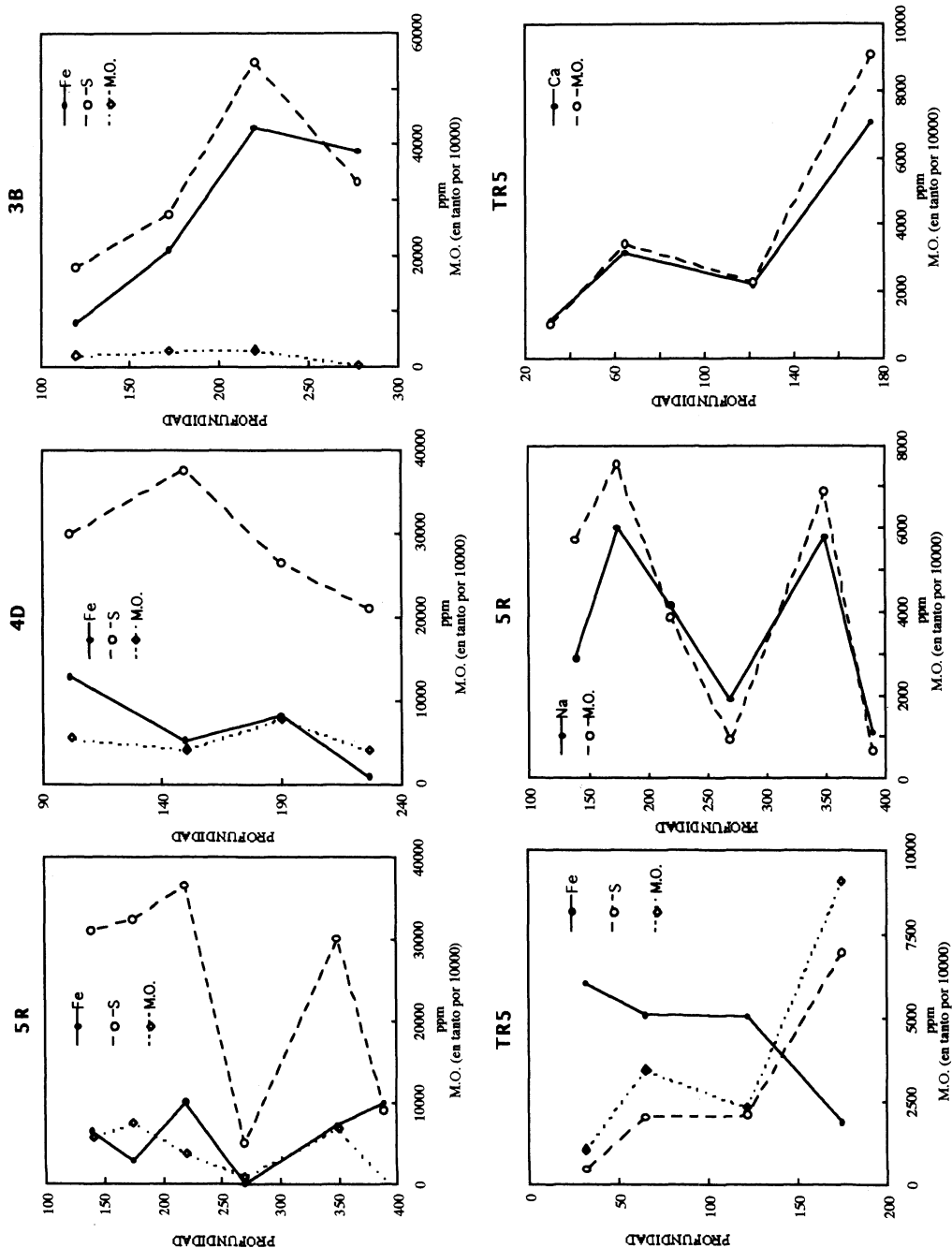


Fig. 5. Análisis factorial (AF) de los elementos geoquímicos considerados. A: AF de los elementos del total de muestras; B: AF de las muestras de marjal; C: AF de las muestras del tremedal; D: AF de los elementos respecto de la materia orgánica; E: AF de los elementos respecto de la materia orgánica de marjal; F: AF de los elementos respecto de la materia orgánica de tremedal.

TABLA 1

Correlación de elementos geoquímicos y de materia orgánica en sedimentos del tremedal de Orihuela y marjales de Benicasim y Almenara

	B	V	Fe	S	Ba	Sr	K	Na	Mg	Ca	S/Fe	B _{mo}	V _{mo}	Fe _{mo}	S _{mo}	B _{amo}	Sr _{mo}	K _{mo}	Na _{mo}	Mg _{mo}	Ca _{mo}	M.O	
B	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-.43	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	<-.01	.17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	.67	-.34	.6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-.46	.59	-.29	-.61	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	.32	-.68	-.32	.14	-.31	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	<-.01	.11	.65	.25	-.23	-.38	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	.93	-.37	<-.01	.57	-.39	.23	<.01	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	.71	-.65	.11	.7	-.65	.6	.18	.6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	.18	-.64	-.34	<-.01	-.21	.96	-.39	.17	.43	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S/Fe	<-.01	-.49	-.32	-.17	<-.01	.81	-.41	<.01	.2	.9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B_{mo}	.71	-.45	.34	.64	-.56	.36	.34	.7	.73	.29	<.01	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V_{mo}	-.47	.5	.5	-.14	.26	-.38	.52	-.41	-.2	-.34	-.28	<-.01	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe_{mo}	-.24	.15	.7	.22	-.14	-.17	.64	-.2	.18	-.16	-.16	.31	.86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S_{mo}	-.11	<.01	.72	.36	-.26	<.01	.63	<.01	.32	<.01	-.1	.45	.76	.98	1	-	-	-	-	-	-	-	-
B_{amo}	-.56	.47	<-.01	-.57	.78	-.17	<.01	-.49	-.53	<.01	<.01	-.4	.6	.19	<.01	1	-	-	-	-	-	-	-
Sr_{mo}	-.19	-.41	<-.01	-.16	-.12	.75	<.01	-.15	.24	.82	.87	.16	<.01	.19	.24	.18	1	-	-	-	-	-	-
K_{mo}	-.29	.1	.56	<.01	-.14	-.17	.77	-.24	.16	-.17	-.18	.28	.82	.91	.88	.22	.22	1	-	-	-	-	-
Na_{mo}	.56	-.41	.35	.5	-.47	.33	.4	.68	.61	.35	.22	.94	<.01	.38	.5	-.27	.31	.36	1	-	-	-	-
Mg_{mo}	-.22	<-.01	.5	.12	-.21	.16	.6	-.18	.32	.17	.15	.39	.73	.91	.92	.18	.52	.92	.49	1	-	-	-
Ca_{mo}	-.18	-.41	-.14	-.2	<.01	.77	-.15	-.13	.19	.86	.92	.11	<-.01	<.01	.12	.18	.99	<.01	.26	.4	1	-	-
M.O.	.39	-.31	-.31	.24	-.21	<.01	-.31	.32	.22	-.14	-.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

X_{mo} = X/M.O. ; M.O.: materia orgánica. Valores expresados en términos de R²

TABLA 2
Correlación de elementos geoquímicos y de materia orgánica en sedimentos del tremedal de Orihuela

	B	V	Fe	S	Ba	Sr	K	Na	Mg	Ca	S/Fe	B _{mo}	V _{mo}	Fe _{mo}	S _{mo}	Ba _{mo}	Sr _{mo}	K _{mo}	Na _{mo}	Mg _{mo}	Ca _{mo}	M.O.	
B	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	.21	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	.37	.88	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-.20	-.88	-.98	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-.74	.40	.22	-.37	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-.18	-.30	-.6	.61	.15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-.01	.41	.35	-.36	.57	.44	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	-.01	-.01	-.13	.13	.40	.78	.88	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-.28	-.83	-.98	.99	-.23	.72	-.22	.27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-.14	-.84	-.96	.99	-.44	.55	-.47	<.01	.96	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S/Fe	-.25	-.94	-.98	.98	-.37	.49	-.44	.04	.95	.97	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B_{mo}	1	.22	.37	-.20	-.74	-.18	-.02	-.10	-.28	-.14	-.26	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V_{mo}	-.18	.55	.77	-.85	.51	-.72	.22	-.21	-.84	-.88	-.75	-.18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe_{mo}	-.15	.37	.68	-.75	.37	-.77	.10	-.28	-.77	-.78	-.62	-.16	.98	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S_{mo}	-.37	-.29	-.53	.50	.38	.95	.59	.88	.63	.4	.41	-.37	-.49	-.55	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba_{mo}	-.53	.34	.49	-.62	.75	-.43	.35	.04	-.57	-.7	-.52	-.53	.91	.88	-.14	1	-	-	-	-	-	-	-
Sr_{mo}	-.29	.52	.65	-.73	.75	-.25	.68	.34	-.65	-.83	-.69	-.29	.85	.78	.03	.91	1	-	-	-	-	-	-
K_{mo}	-.25	.43	.64	-.72	.65	-.35	.59	.26	-.66	-.81	-.64	-.25	.89	.85	-.07	.93	.98	1	-	-	-	-	-
Na_{mo}	-.22	.37	.42	-.47	.71	.19	.92	.73	-.35	-.61	-.49	-.23	.52	.44	.43	.67	.89	.84	1	-	-	-	-
Mg_{mo}	-.39	.36	.57	-.67	.68	-.43	.44	.12	-.62	-.76	-.56	-.39	.92	.90	-.14	.98	.95	.98	.75	1	-	-	-
Ca_{mo}	-.49	.44	.57	-.7	.71	-.56	.23	-.13	-.67	-.75	-.6	-.49	.95	.91	-.3	.98	.86	.88	.55	.95	1	-	-
M.O.	-.08	-.85	-.95	.98	-.50	.52	-.48	<.01	.95	.999	.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

$X_{mo} = X/M.O.$; **M.O.**: materia orgánica. Valores expresados en términos de R^2

TABLA 3
Correlación de elementos geoquímicos y de materia orgánica en sedimentos de los marjales de Benicasim y Almenara

	B	V	Fe	S	Ba	Sr	K	Na	Mg	Ca	S/Fe	B _{mo}	V _{mo}	Fe _{mo}	S _{mo}	Ba _{mo}	Sr _{mo}	K _{mo}	Na _{mo}	Mg _{mo}	Ca _{mo}	M.O.	
B	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	.03	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-.32	.78	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	.36	.63	.60	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	.09	-.50	-.55	-.56	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-.08	-.81	-.63	-.5	.66	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-.36	.72	.62	.01	-.28	-.75	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	.89	.07	-.25	.25	.21	-.17	-.18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	.36	-.02	-.39	.11	.13	.24	-.33	.17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-.17	-.83	-.56	-.58	.70	.96	-.64	-.14	.06	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S/Fe	-.24	-.69	-.43	-.54	.73	.83	-.54	-.13	-.07	.91	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B _{mo}	.42	.23	.18	.16	-.05	-.16	.13	.47	.09	-.10	-.21	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V _{mo}	-.48	.58	.64	.08	-.16	-.35	.69	-.39	.07	-.30	-.25	.29	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe _{mo}	-.47	.58	.69	.15	-.18	-.33	.63	-.38	.07	-.27	-.21	.29	.99	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S _{mo}	-.44	.58	.70	.19	-.19	-.3	.59	-.36	.08	-.25	-.20	.34	.98	.99	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba _{mo}	-.70	-.08	.12	-.55	.47	.34	.31	-.53	-.13	.43	.53	<-.01	.61	.58	.56	1	-	-	-	-	-	-	-
Sr _{mo}	-.56	-.46	-.19	-.63	.64	.73	-.18	-.45	-.12	.80	.87	-.15	.14	.15	.84	.84	1	-	-	-	-	-	-
K _{mo}	-.57	.49	.54	-.11	-.12	-.35	.77	-.46	-.05	-.30	-.25	.22	.96	.91	.89	.67	.18	1	-	-	-	-	-
Na _{mo}	.19	.18	.21	-.03	.19	-.17	.24	.45	-.09	.05	.07	.87	.37	.37	.41	.28	.12	.32	1	-	-	-	-
Mg _{mo}	-.62	.31	.45	-.21	.08	-.05	.55	-.51	.05	.02	.07	.22	.94	.92	.91	.84	.47	.93	.38	1	-	-	-
Ca _{mo}	-.49	-.53	-.25	-.62	.66	.78	-.27	-.37	-.14	.86	.92	-.17	.01	.03	.04	.76	.99	.04	.11	.35	1	-	-
M.O.	.61	-.03	-.36	.34	-.01	-.09	-.36	.47	.45	-.21	-.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

X_{mo} = X/M.O. ; M.O.: materia orgánica. Valores expresados en términos de R²

TABLA 4

Mineralogía de turberas altas y de turberas bajas

Localización	Muestra	Mineralogía
Tremedal de Orihuela (TR5)	TR5-1	C + Pi + Q + FS
	TR5-2	Q + FS + Pi
	TR5-3	Q + FS
	TR5-4	Q
Marjal de Almenara (KB-5R)	5R-1	Q + C + FS + Pi
	5R-2	Q + FS
	5R-3	C + Pi
	5R-4	C + Pi + Y + FS
	5R-5	C + Q + Pi + Y + FS
	5R-6	C + Pi + Q + Y + FS
Marjal de Benicasim (KB-4D)	4D-1	Q + C + FS + Pi
	4D-2	C + Q + Ha + FS
	4D-3	Q + FS + Y + Pi + Ha + C
	4D-4	Q + C + Pi
(KB-3B)	3B-1	Q + FS + Pi + Y
	3B-2	Q + Pi + Y + FS
	3B-3	Q + Y + FS
	3B-4	Q + Y + FS + Pi
	3B-5	Q + C + Pi + Y + FS

Q: cuarzo, C: carcita, Y: yeso, Pi: pirla, FS: filosilicatos, Ha: halita

BIBLIOGRAFÍA

- BENSON, S. A. y HOLM, P. L. (1985). Comparison of inorganics constituents in three low-rank coals. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 24: 145-149.
- BOUSKA, V. (1981).- *Geochemistry of Coal*. Amsterdam: Elsevier, 284 pp.
- CAMERON, C. C.; ESTERLE, J. S. y PLAMER, C. A. (1989). The geology, botany and chemistry of selected peat-forming environments from temperate and tropical latitudes. *Int. J. Coal. Geol.*, 4: 73-96.
- CASAGRANDE, D. J. (1987). Sulfur in peat and coal. Presentation to Geological Society of London, April 1986. In: A. C. Scott (Ed.), *Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances*. Geol. Soc. Spec. Publ., 32:87-105.
- CASAGRANDE, D. J.; IDOWO, G.; FRIEDMAN, A.; RICKERT, P. y SCHLENZ, D. (1979). H₂S incorporation in coal precursors: Origin of sulfur in coal. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41: 161-167.
- SCHLENZ, D. (1979). H₂S incorporation in coal precursors: Origins of organic sulfur in coal. *Nature* (London), 282:599-600.
- PRICE, T. P. Y CASAGRANDE, D. J. (1990). Sulfur distribution and isotopic composition in peats from the Okefenokee Swamp, Georgia and the Everglades, Florida. *Int. J. Coal Geol.*, 17:1-20.
- CHAPMAN, V. J. (1960). *Salt marshes and salt deserts of the world*. London, Leonard Hill LPT, 392 pp.
- CLARK, M. C. y SWAINE, D. J. (1962). Trace elements in coal. I New South Wales Coals. *CSIRO Div. Coal Res. Tech. Commun.* 45: 511-514.
- COHEN, A. D. Y SPACKMAN, W. (1972). Methods in peat petrology and their application to reconstruction of Paleoenvironments. *Geol. Soc. America Bull.*, 83:129-142.
- EVERETT, K. E. (1991). Histosols. In: *Pedogenesis and soil taxonomy. II The soil orders* (L.P. Wilding, N.E. Smeck and G.F. Hall (eds.)). 1-53. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- FARNHAM, R. S. Y FINNEY, H. R. (1965). Classification and properties of organic soils. *Adv. Agron.*, 17:115-162.
- FINKELMAN, R. B. (1981). *Modes of occurrence of trace elements in coal. US Geol. Surv. Open-File Rep.* No. OFR-81-99, 301 pp.
- FISHER, K. Y PUCHELT, H. (1974). Barium. En: Wedepohl (editor). *Handbook of Geochemistry*. Vol II/4 (56). Springer Verlag.
- GORE, A. J. P. (1983).- Introduction. In: A.J.P. Gore (editor). *Ecosystems of the world, U.A. Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor, General Studies*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-34.
- HENDERSON, R. E. AND DOIRON, R. (1981). Some identification hints for the field classification of peat. In: *Proceedings of Organic Soils Mapping Workshop, Fredericton, New Brunswick*. Agriculture Canada Land Resources Research Institute, Ottawa, pp. 105-110.
- JU. H.; KLER, D. V.; NENACHOVA, V. F.; SAPRIKIN, F. J. y SPIRT, M. J. (1987). Metallogeny and geochemistry of coal-and-shale-bearing strata of the Soviet Union. *Nauka*, Moscow, 239pp. (en ruso)
- LEUTWEIN, F. y RÍSLER, H. (1956). Geochemische Untersuchungen an Nord-westdeutschen und Nordhessischen tertiären Braunkohlen. *Neues Jahrb. Mineral. Abb.*, 101 (1):67-96.
- LI, Y.H. (1982). A brief discussion on the mean oceanic residence time of elements. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46:2671-2675.
- MENENDEZ AMOR, J. y ESTERAS MARTIN, M. (1965).- Análisis polínico de la turbera de «los Ojos del Tremedal» (Orihuela del Tremedal, Teruel). *Rev. Teruel*, 34: 1-18.
- MOOR, P. D. y BELLAMY, D. J. (1973). *Peatlands*. Paul Elek, London, 221 pp.
- NISKANEN (1964). Reduction of orientation effects in the quantitative X-ray diffraction analysis of kaolin minerals. *American Mineralogist.*, 49: 258-272.
- QUEROL, X. , FERNÁNDEZ-TURIEL, J. C. Y LÓPEZ-SOLER, A. (1995).- Trace elements in coal and their behaviour during coal combustion in a large power statis. *Fuel* (en prensa).
- SWAINE, D. J. (1990). Trace elements in Coal. Butterworth & Co. (Publishers). 265 pp.
- SCOTT, D. B. y MEDIOLI, F. S. (1980). Quantitative studies of marsh foraminiferal distribution in Nova Scotia: implications for sea level studies. *Cushman Foundation for Foramin. Res. Spec. Publ.*, 17, 58 pp
- SOLARI, J. A.; FIEDLER, H. Y SCHNEIDER, C. L. (1989). Modeling of the distribution of trace elements in coal. *Fuel*, 68: 536-539.
- VON POST, L. (1924). Das genetische Systems des organogenen Bildungen Schwedens. *Int. Congr. of Pedology, Helsinki, Proc.*, 4: 287-304.

Recibido: 6/2/95

Aceptado: 30/5/95