



Análisis de Microlitotipos de Carbones de la región Cundi-Boyacense

Coal microlithotypes analysis in the Cundinamarca - Boyacá area

MANUEL H. ROMERO M.¹

ANA P. NÚÑEZ T.¹

LUÍS J. MEJÍA U.²

ARIEL O. CADENA S.¹

ORLANDO HERNÁNDEZ F.¹

YANNETH Y. AGÁMEZ P.¹

JOSÉ DE J. DÍAZ V.¹

¹Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía; Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá

E-mail: mhrromerom@unal.edu.co

²Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá

E-mail: ljmejiau@unal.edu.co

ROMERO, M., NÚÑEZ, A., MEJÍA, L., CADENA, A., HERNÁNDEZ, O., AGÁMEZ, O., DÍAZ, J. (2007): Análisis de microlitotipos de carbones de la región Cundi-Boyacense. - GEOLOGÍA COLOMBIANA, 32, pp. 63-68, 4 Figs., Bogotá.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de los análisis petrográficos realizados a ocho (8) muestras de carbones representativos de la Formación Guaduas, en el Sinclinal de Checua-Lenguazaque (Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia). El análisis petrográfico comprende los análisis de macerales y microlitotipos. Por comparación entre el análisis próximo, último y petrográfico se encontró que los carbones varían desde bituminosos medios volátiles a bituminosos altos volátiles A; son de tipo vítrico y se formaron en un ambiente típico de pantano arbóreo. Haciendo uso de las relaciones entre el análisis microscópico, el análisis próximo y los ensayos de coquización, se plantean algunos factores que influyen en los parámetros de la calidad del coque.

Palabras Clave: *carbón, macerales, microlitotipos, petrografía, coque.*

ABSTRACT

Eight (8) representative coal samples of the Guaduas Formation in the Checua-Lenguazaque Syncline (Cundinamarca and Boyacá, Colombia) were analyzed by petrographic methods. The petrography analysis includes the macerals and microlithotypes quantification that indicated a coal of vitric type, development in an environment of typical arboreal swamp. The results from the proximate, elemental and petrography analysis show that the coals are from bituminous medium volatile to bituminous high volatile A, and this analysis are related with the quality coke parameters.

Key words: *coal, macerals, microlithotypes, petrography, coke.*

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se estudian los macerales y microlitotipos de los carbones de la Formación Guaduas, en el sinclinal de Checua-Lenguazaque (Cundinamarca-Boyacá), usando los análisis petrográficos para explicar el ambiente de depósito y formación de estos carbones. Además se trata de correlacionar los parámetros de calidad del coque con los resultados obtenidos del análisis microscópico. Para el desarrollo del proyecto se tomaron 8 muestras de carbón. Las vetas muestreadas se obtuvieron de una mina en la Vereda Firita, Peña Arriba, del Municipio de Ráquira, Departamento de Boyacá (Fig. 1) y se localizaron estratigráficamente; además se preparó una mezcla de carbón entre las vetas la Cisquera y Bocatoma en una proporción 50:50 en masa (CB50:50), por tanto se analizan nueve muestras.

PARTE EXPERIMENTAL

Las muestras se prepararon mediante limpieza manual, molienda y tamizado. La preparación de las probetas para el análisis petrográfico se realizó según procedimiento descrito en la norma ASTM, D 2797 (2004).

El análisis próximo se efectuó de acuerdo con la norma ASTM, D 3172-89 (1989) y para el análisis elemental se empleó un analizador LECO CHN 600 según norma ASTM, D 5373 (2002). El análisis de azufre se hizo en un equipo LECO CS-32 según norma ASTM, D 4239 (2004a).

Para el análisis petrográfico se empleó un microscopio Leitz® Orthoplan®, equipado con un ocular de 10X y dos objetivos de inmersión en aceite de 32X y 50X. Para el análisis de macerales se contó con un ocular con retícula micrométrica y para el análisis de microlitotipos un ocular con grilla micrométrica de 20 puntos y se adaptó una platina contadora de puntos automática; el análisis se realizó según la norma ASTM, D 2799 (2005). Las medidas de CRI y CSR del coque, se realizaron según la norma ASTM, D 5341 (1999).

FUNDAMENTACIÓN TEORICA

Existen diferentes tipos de carbones minerales en función del grado de carbonificación. Este grado alcanzado durante el enterramiento va desde turba hasta antracita y se le conoce como rango, que depende de la acción bioquímica sobre las plantas originales durante la turbificación y está influenciado por procesos diagenéticos en los que intervienen fundamentalmente el tiempo, la temperatura y la presión (TAYLOR *et al.* 1998).

Si bien las capas de carbón contienen ciertos materiales inorgánicos, se componen en gran parte de macerales o compuestos orgánicos derivados del material vegetal, que comprende desde plantas leñosas hasta resinas (STACH *et al.* 1975). Las tres categorías generales

de macerales son la vitrinita, la liptinita y la inertinita. La vitrinita se refiere a materiales de plantas leñosas (troncos, raíces, ramas), alterados durante el proceso de turbificación. Los macerales liptiniticos corresponden a las partes más resistentes de la planta (esporas, polen, ceras y resinas). Los macerales del grupo de la vitrinita y de la inertinita se reconocen de acuerdo con el grado de conservación y de reflectancia, mientras que el grupo de la

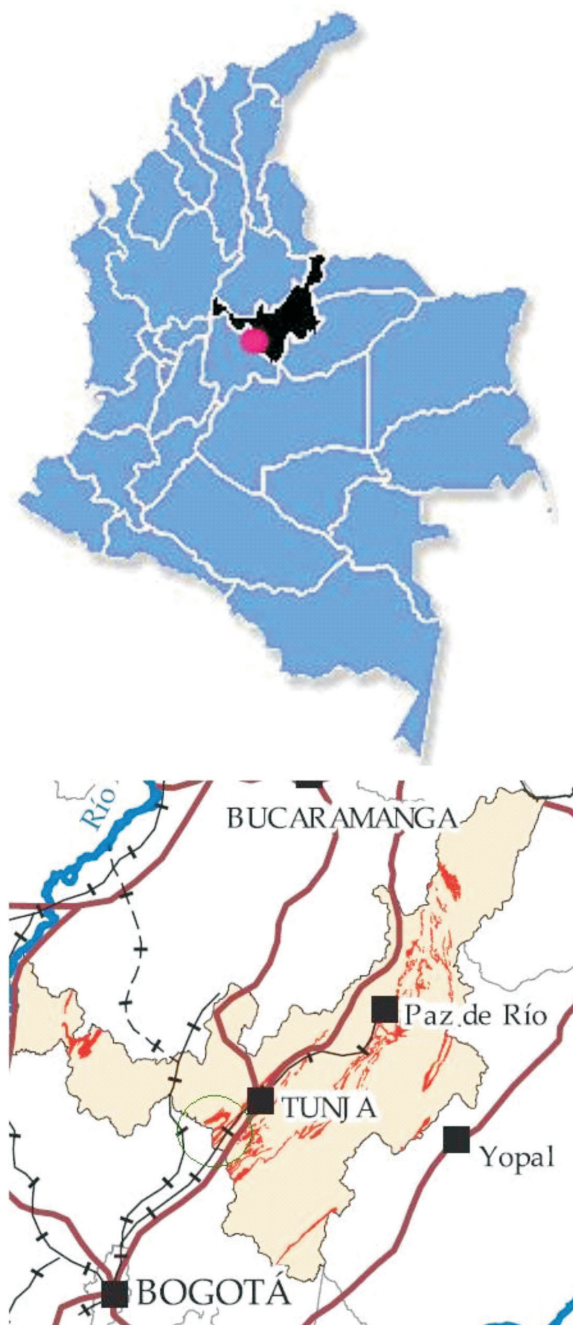


Fig. 1. Localización de la zona muestreada INGEOMINAS (2004).

exinita se caracteriza por macerales que tienen el mismo origen (STACH *et al.* 1975). Los macerales con espesores mayores a 50 micrómetros se clasifican como: macerales puros (monomacerales), asociaciones de dos macerales (bimacerales) y de macerales correspondientes a los tres grupos de macerales (trimacerales) (STACH *et al.* 1975).

Las pruebas de CRI (índice de la reactividad del coque) y de CSR (resistencia del coque después de la reacción), suministran la información básica de los coques y son los parámetros más importantes empleados para controlar su calidad. La prueba CRI permite establecer el porcentaje en peso de carbono reaccionado en el coque a una temperatura de 1.100° C, mientras la prueba de CSR permite determinar la resistencia mecánica después de la reacción con CO₂ (SPEIGHT 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de los análisis próximo y último. Los resultados muestran que la mayoría de los carbones estudiados tienen un contenido de materia volátil entre el 23,30% y el 26,90%, en tanto que los carbones de La Ancha No. 2 y La limpia No. 2 poseen valores mayores al 33,90%. El contenido de cenizas es menor a 12,10% lo cual indica que estos carbones son bastante limpios y requerirán mínimos tratamientos de limpieza. El contenido de azufre no supera el 0,84% para seis de los carbones, mientras que las muestras de las vetas La Ancha No. 2 y La Limpia alcanzan porcentajes de 1,11% y 1,16% respectivamente. El contenido de carbono se encuentra por encima del 77,70% y llega hasta valores del 86,00 % en el caso de la veta La Cisquera.

Es importante resaltar que los resultados obtenidos de los análisis para la muestra CB50:50, indican que sus valores son el resultado del promedio de los valores individuales lo cual muestra el carácter aditivo de las mezclas, a excepción de la materia volátil que no presenta este comportamiento. En la misma tabla 1, se presenta el

análisis próximo en base seca, libre de materia mineral. Los resultados muestran que los carbones estudiados son carbones del tipo bituminoso medio volátil, con excepción de los carbones de las vetas La Ancha No. 2 y La Limpia No. 2 que se clasifican como carbones bituminosos altos volátiles A, según la ASTM, D 388 (1999).

De acuerdo con esta clasificación, puede afirmarse que los carbones estudiados son aptos para su utilización en los procesos de coquización, exceptuando los carbones de La Ancha No. 2 y La Limpia No.2 que pueden usarse como suministro para calderas o para coque de bajas temperaturas. La mezcla de los carbones de las vetas La Cisquera y Bocatoma presenta resultados bastantes favorables, para que ésta mezcla pueda ser utilizada en la producción de coque.

La tabla 2 muestra la ubicación estratigráfica de las vetas de mayor a menor enterramiento. Los contenidos de cenizas, carbono, hidrógeno y nitrógeno de las muestras estudiadas (Tabla 1) no presentan ninguna relación; pero el contenido de materia volátil si disminuye con la profundidad.

Los resultados obtenidos del análisis de macerales se presentan en la tabla 3. Los carbones analizados, incluyendo la mezcla CB50:50 muestran un dominio del grupo de la vitrinita. La materia mineral determinada petrográficamente tiene porcentajes que varían desde 0,33% a 6,50% y está compuesta, principalmente por pirita y material arcilloso. El contenido de vitrinita, superior al 65,00%, indica que son carbones de tipo vítrico, generados a partir de una turbera (MEJIA *et al.* 2006). Igualmente se observa que los materiales estudiados tienen un alto contenido de inertinita y bajo de exinita lo cual los hace aptos para procesos de coquización (STACH *et al.* 1975).

En el grupo de la inertinita se observaron en mayor proporción los macerales semi-fusinita y fusinita. La presencia de estos macerales puede deberse a períodos de sequía o por la generación de incendios cuando el nivel

Tabla 1. Análisis próximo y elemental para los carbones estudiados.

Veta	Análisis próximo, % p/p				Análisis elemental					% MM*	Carbono fijo, % p/p (slmm)	Materia volátil, %p/p (slmm)
					(% p/p, base seca)							
	Carbono fijo	Humedad residual	Cenizas	Materia volátil	C	H	O	N	S			
La Cisquera	70,17	1,94	4,63	23,26	86,00	4,71	7,40	1,09	0,80	5,44	75,60	24,40
La Ancha	65,80	1,10	7,58	25,52	84,20	4,69	9,30	1,20	0,61	8,52	72,80	27,20
La Angosta	62,88	1,18	9,84	26,10	80,90	4,81	12,53	1,13	0,63	11,00	71,50	28,50
La Perdida	60,49	1,23	12,10	26,18	77,70	4,67	15,82	1,11	0,70	13,40	70,80	29,00
Bocatoma	62,84	2,77	6,94	27,45	83,90	4,87	9,38	1,13	0,72	7,89	70,20	29,80
La Limpia	61,53	1,36	7,77	29,34	81,80	5,19	10,68	1,17	1,16	9,03	68,40	31,60
La Ancha No.2	60,20	0,83	4,97	34,00	81,99	5,31	9,67	2,01	1,11	5,98	64,40	35,60
La Limpia No. 2	61,01	0,21	4,88	33,90	83,45	5,30	8,44	1,97	0,84	5,73	64,70	35,30
CB50:50**	67,20	0,53	5,37	26,90	84,95	4,79	8,40	1,11	0,75	6,21	72,00	28,00

de agua decreció (MEJIA *et al.* 2006).

La alta proporción de materia no oxidada (vitritina), indica condiciones ambientales que favorecen la preservación de los tejidos de las plantas debido a la ausencia de oxígeno, provocada por el cubrimiento del material por la lámina de agua. La fracción inorgánica es minoritaria, debido a las variaciones en el nivel freático. La elevada proporción de vitritina indica una facies de ambiente de bosque pantanoso (MEJIA *et al.* 2006).

La baja proporción de exinita observada en los car-

bones estudiados, puede deberse al poco aporte de material exinitico a la turbera o a la destrucción de los precursores liptiníticos, por la influencia de aguas marinas y salobres en el período de formación (TAYLOR *et al.* 1998).

La materia mineral (Tabla 3) es variable en las muestras estudiadas y se encuentra en los granos de los macerales, rellenando espacios o diseminada en el carbón. Las arcillas asociadas con el carbón, como la carbargilita, se encuentran distribuidas regularmente en los granos de todas las muestras, en tanto que en los carbones La Ancha No. 2, La Limpia No. 2, y la mezcla CB50:50, no supera el 0,65%.

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis de microlitotipos, donde puede verse que el grupo predominante es el monomaceral. Dentro de los componentes monomacerales, la vitritina es la de mayor abundancia. La inertita ocupa el segundo lugar, con un porcentaje muy bajo, de manera variable a lo largo de toda la serie de carbones. Por último, la liptita no se encuentra en ninguno de los carbones. Los resultados obtenidos para el grupo bimaceral (Tabla 4) muestran que este grupo tiene un por-

Tabla 2. Ubicación estratigráfica de las vetas.

Veta	Ubicación Estratigráfica
La Cisquera	1
La Angosta	2
La Ancha	3
Bocatoma	4
La Perdida	5
La Limpia	6
La Limpia No.2	7
La Ancha No.2	8

Tabla 3. Distribución de macerales para las muestras de estudio.

Veta	Vitritina, %	Liptinita, %	Inertinita, %	MM, %	Total, %
La Cisquera	76,90	2,10	17,00	3,80	99,80
La Ancha	78,90	2,50	15,00	3,30	99,70
La Angosta	82,30	2,40	10,30	4,60	99,60
La Perdida	70,00	4,00	19,50	6,50	100,00
Bocatoma	78,00	4,00	13,00	5,00	100,00
La Limpia	77,10	5,00	12,50	5,30	99,90
La Ancha No.2	74,00	5,00	19,80	0,30	99,90
La Limpia No.2	80,00	4,60	14,50	0,60	99,70
CB50:50	86,00	0,40	13,00	0,60	100,00

Tabla 4. Distribución de microlitotipos para las muestras de estudio.

ANÁLISIS DE MICROLITOTIPOS												
VETA	MONOMACERAL				BIMACERAL				TRIMACERAL			
	Vitritina	Liptinita	Inertinita	Total	Clarita	Durita	Vitrinertita	Total	Duroclarita	Vitrinertoliptita	Clarodurita	Total
1	41,40	0,00	1,60	43,00	0,20	1,60	53,40	55,20	0,80	0,00	0,90	1,60
2	64,20	0,00	2,60	66,80	1,20	0,40	28,20	29,80	2,80	0,00	0,00	2,80
3	68,80	0,00	9,50	78,30	2,30	1,60	5,70	9,60	9,50	0,00	0,40	9,90
4	39,40	0,00	3,70	43,10	1,30	1,00	51,60	53,90	2,70	0,00	0,00	2,70
5	57,30	0,00	2,80	60,10	0,90	0,90	34,90	36,70	1,40	1,60	0,00	3,00
6	70,50	0,00	2,80	73,30	4,40	2,40	18,80	25,60	0,20	0,00	0,10	0,30
7	66,80	0,00	4,00	70,80	2,60	1,40	23,00	27,00	1,20	0,00	0,80	2,00
8	76,50	0,00	1,80	78,30	2,00	1,00	17,70	20,70	1,00	0,00	0,00	1,00
9	67,80	0,00	5,00	72,80	0,40	0,00	25,80	26,20	1,00	0,00	0,00	1,00

centajes entre el 9,60% (La Angosta) y el 55,20%, (La Cisuera). El mayor aporte está dado por la vitrinertita y es muy variable a lo largo de los carbones analizados. Los valores de la durita son menores y su fluctuación no es tan marcada como en la vitrinertita, a excepción de la mezcla (CB50:50) en donde no se reconoció durita.

En la tabla 4 se observa que el grupo trimaceral es el de menor porcentaje comparado con los monomacerales y los bimacerales. La fracción predominante dentro de este grupo es la duroclarita. La vitrinertoliptita sólo se reconoce en la veta Bocatoma con 1,60%.

De acuerdo con estos resultados, en los carbones estudiados se aprecia un predominio de los microlitotipos asociados con la vitrinita y en menor medida con la liptinita. De acuerdo con los porcentajes de vitrita, vitrinertita y duroclarita, el modelo deposicional es típico de un ambiente pantano arbóreo (MEJIA *et al.* 2006).

En la tabla 5, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de CRI y CSR; estos datos se relacionaron con los análisis de macerales y de microlitotipos, específicamente con el maceral vitrinita, ya que éste se encuentra en mayor porcentaje en las muestras estudiadas (Fig. 2 a 4).

Tabla 5. Ensayos de CRI y CSR.

VETA	CRI	CSR
La Perdida	19,58	61,10
La Limpia	13,47	62,47
Bocatoma	26,54	44,04
La Ancha No. 2	16,05	56,70
La Ancha	8,55	68,16
La Angosta	9,80	65,88
La Limpia No. 2	15,26	56,93
La Cisuera	25,02	60,45

En la figura 2 se observa que a medida que aumenta el contenido de vitrinita, el CRI disminuye en forma lineal, es decir, que a un mayor contenido de vitrinita el valor de CRI es más bajo.

En la misma figura se observa que el CSR no presenta un comportamiento que permita predecir la tendencia de este índice con respecto al contenido de vitrinita.

En la figura 3 se ve un comportamiento muy similar al de la figura 2, es decir, el aumento en el contenido de vitrita se correlaciona con una disminución en el valor de CRI, posiblemente debido al mismo efecto que presenta el alto porcentaje del maceral vitrinita en la vitrita.

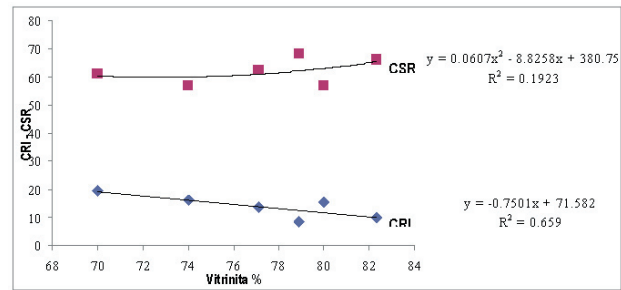


Fig. 2. Correlación entre el CRI y CSR y el porcentaje de vitrinita.

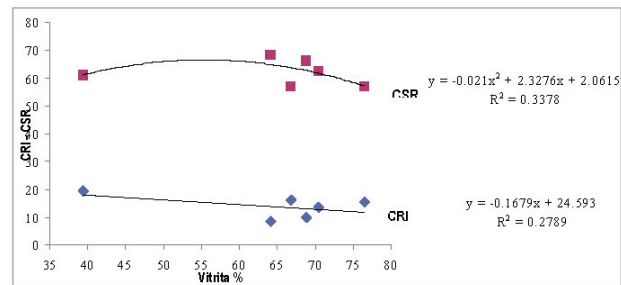


Fig. 3. Correlación entre el CRI y CSR y el porcentaje de vitrita.

La figura 4 muestra, que al aumentar el porcentaje de vitrinertita también lo hace el parámetro CRI en forma lineal, este comportamiento, indica que al encontrarse los macerales vitrinita e inertinita mezclados, se puede favorecer el aumento parámetro CRI.

CONCLUSIONES

Los carbones estudiados se clasifican como bituminosos medios volátiles a altos volátiles A y por sus características fisicoquímicas y petrográficas son óptimos para ser utilizados en los proceso de coquización, excepto los carbones de las vetas La Limpia No. 2 y La Ancha No. 2 que pueden usarse como suministro para calderas o para coque de bajas temperaturas.

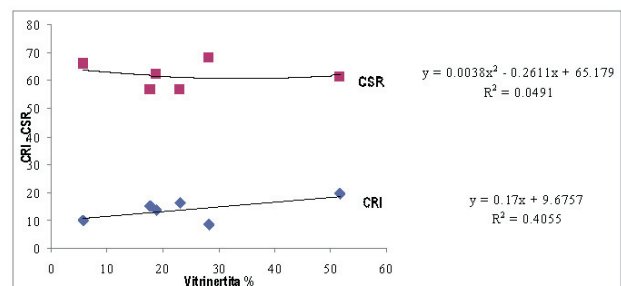


Fig. 4. Correlación entre el CRI y CSR y el porcentaje de vitrinertita.

Existe una relación de tipo lineal entre el parámetro de CRI y el contenido de vitrinita, tanto en su presentación como maceral, como en sus asociaciones de microlitotipos.

Los carbones estudiados son de tipo vítrico y se formaron en condiciones de ausencia de oxígeno, correspondientes a facies de paleo-ambiente de bosque pantanoso con alternancia de inundaciones de moderadas a altas. El análisis de microlitotipos indica un ambiente de formación de pantano arbóreo, en condiciones variables, de óxicas a anóxicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo prestado para la realización de esta investigación y a la DIB por su financiación a través del proyecto DIB-8003065 "Plano de caracterización petrográfica para carbones de la región Cundiboyacense como modelo de predicción de mezclas para la fabricación de coque".

REFERENCIAS

- ASTM, D 3172 (1989): "Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke".
- ASTM, D 5341 (1999): "Test Method for Measuring Coke Reactivity Index (CRI) and Coke Strength After Reaction (CSR)".
- ASTM, D 388 (1999): "Standard Classification of Coals by Rank".
- ASTM, D 5373 (2002): "Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples of Coal and Coke".
- ASTM, D 2797 (2004): "Standard Practice for Preparing Coal Samples for Microscopical Analysis by Reflected Light".
- ASTM, D 4239 (2004a): "Standard Test Methods for Sulphur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion Methods".
- ASTM, D 2799 (2005): "Standard Test Method for Microscopically Determination of the Maceral Composition of Coal".
- INGEOMINAS (2004): El carbón colombiano recursos, reservas y calidad. Bogotá.
- MEJÍA, L. J.; CONVERS C. E. & GONZÁLES J. P. (2006): Análisis de Microlitotipos en los Carbones de la Formación Guaduas en el Sinclinal de Sueva, Cundinamarca. Geología Colombiana. No. 31. p 11-26, Bogotá.
- SPEIGHT, J.G. (1994): The Chemistry and Technology of coal; Marcel Dekker, Inc.: 270 Madison Avenue, New York, 2a ed.
- STACH, E., MACKOWSKY, M., TEICHMÜLLER, M., TEICHMÜLLER, R., TAYLOR, G. H. & CHANDRA. D. (1975): Coal petrology, Textbook, Gebrüder- Berlin. p. 428.
- TAYLOR, G., TEICHMÜLLER, M., DAVIS, A., DIESSEL, C., LITKE, R. & ROBERT, P. (1998): Organic petrology. Berlin Stuttgart. p. 704.

Manuscrito recibido Septiembre 2007; aceptado Octubre 2007