

# Influencia del contenido en Inertinita de los carbones en la eficacia de combustión

*Combustion behaviour of coals with different inertinite contents.*

D. Álvarez, A.G. Borrego y R. Menéndez

Instituto Nacional del Carbón, La Corredoria s/n. Ap. 73. 33080 Oviedo.

## ABSTRACT

*There is the common belief that coal macerals of inertinite group are essentially inert in any conversion process. Particularly, the low plastic properties achieved by inertinite during the pyrolysis stage of coal combustion are thought to affect the porosity of coal chars and therefore give rise to poor combustion efficiencies. This study reports on the excellent combustion performance of some high inertinite coals, compared with others with the same rank and low inertinite content.*

**Keywords:** Coal Combustion , inertinite reactivity, maceral composition, combustion efficiency

*Geogaceta, 20 (3) (1996), 738-741*  
*ISSN:0213683X*

## Introducción

Los macerales del grupo inertinita se han considerado tradicionalmente como inertes. Los criterios para determinar la cantidad de inertinita que reacciona han sido de la más variada índole. Así, algunos autores concluyen que la reactividad de la inertinita depende del rango del carbón al que pertenece y asumen, la mayoría de las veces apoyándose en criterios experimentales, distintos valores de corte de reflectancia de la vitrinita por encima de los cuales la inertinita no reacciona (Taylor *et al.*, 1967; Jones *et al.*, 1985; Skorupska *et al.* 1987; Falcon y Snyman, 1986) o ajustan ecuaciones en las que la reflectancia de la vitrinita es la variable independiente (Diessel y Wolff-Fischer, 1987; Bailey *et al.*, 1990). Otros indican que la reactividad de la inertinita depende de su propia reflectancia o fluorescencia (Shapiro y Gray, 1960; Diessel *et al.*, 1983, 1985; Thomas *et al.*, 1993); algunos más la hacen depender del maceral en cuestión dentro del grupo inertinita, considerándose que hay macerales reactivos y otros semireactivos (Nandi *et al.*, 1977; Furimsky *et al.*, 1990). Finalmente, Kruszewska (1989) considera que la reactividad de la inertinita depende de la re-

fectancia global de todos los macerales de la muestra, y por tanto se ve afectada por la composición maceral del carbón. En cualquier caso, la etiqueta de inerte para la inertinita hace referencia a su capacidad de desarrollar porosidad durante la pirólisis, ya tenga lugar ésta en condiciones de coquización o combustión. En la bibliografía mencionada aquí, se ha estudiado este efecto en relación con la coquización. Sin embargo, las condiciones de combustión difieren significativamente de las de coquización y diversas experiencias han mostrado que la inertinita puede experimentar fenómenos de plasticidad bastante acusados en condiciones de combustión (Thomas *et al.*, 1993, Bend, 1991). Los carbones de Gondwana, a menudo con elevados contenidos en inertinita, han invadido el mercado en los últimos años, poniéndose de manifiesto más que nunca la necesidad de determinar si la inertinita reacciona o no y hasta que punto lo hace durante la combustión, ya que este hecho condiciona la eficacia del proceso y por tanto, la cantidad de residuos inquemados emitidos. A fin de fijar una de las variables que afectan a la eficacia de la combustión, el rango, en este trabajo se estu-

dia el comportamiento durante la combustión de una serie de carbones de rango similar y contenidos crecientes en inertinita.

## Experimental

Los carbones fueron caracterizados por microscopía de luz reflejada. El análisis maceral se realizó por conteo automático de puntos (500) y el scan combinando este método con la medida de la reflectancia de la partícula según condiciones estándar (luz monocromática a 546 nm). Los carbones fueron quemados en condiciones similares a las que operan normalmente en las calderas industriales de carbón pulverizado (Temperatura: 1100-1150 °C en atmósfera de N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (94/6) y flujo de 34.2 l h<sup>-1</sup>).

## Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra la composición maceral y reflectancia de los carbones estudiados ordenados por contenidos crecientes en inertinita. Todos los carbones se caracterizan por contenidos bajos en liptinita a excepción del GE que alcanza un 14 %. La reflectancia de la vitrinita, indicadora del rango de los carbones varía entre 0.6 y 0.7 %, con lo

cual, en principio, no se esperan variaciones en función del grado de evolución de los carbones.

Algunos de los criterios para la determinación de macerales reactivos e inertes se han basado en el origen mismo del maceral. De este modo, la fusinita, que se origina por combustión en incendios forestales o mediante procesos de oxidación muy intensos, se considera extremadamente inerte. Sin embargo, la semifusinita, originada por oxidación parcial o combustión incompleta, se considera parcialmente reactiva; y la proporción de semifusinita inerte la fijan Shapiro y Gray (1960) y mucho después Furimsky *et al.*, (1990) en 1/3. Estos autores consideran inertes el resto de los macerales del grupo inertinita. Sin embargo, Nandi *et al.*, (1977) entienden como inerte la semifusinita, además de la fusinita y la micrinita mientras considera reactiva la macrinita, originada por procesos de oxidación de intensidad variable de geles húmicos. Parece claro, que los macerales de la inertinita, cuya reactividad es objeto de mayor controversia, son la semifusinita y la macrinita. Ambos macerales son muy abundantes en los carbones VD y KR. La semifusinita es también abundante en CE y DR especialmente cuando sus proporciones se comparan con las de fusinita.

Cuando los distintos criterios utilizados por los diversos autores (ver introducción) se aplican a los carbones estudiados, se obtienen resultados tan dispersos como los que se muestran en la Tabla 2, donde se observa que para carbones como VD y KR la proporción de inertinita inerte puede variar (según el criterio utilizado) entre un 6 y un 67%. Incluso ordenando los criterios por grupos, por ejemplo aquellos basados en establecer un punto de corte en función de la reflectancia de la vitrinita de la muestra, se observan enormes desacuerdos (por ejemplo 36-67% en VD y KR y 16-26% en LE), siendo solo comparables los valores obtenidos por Jones *et al.* (1985), Diessel y Wolff-Fischer, (1987) y Bailey *et al.* (1990). También son similares los valores obtenidos según Furimsky *et al.* (1990) y Nandi *et al.* (1977) basados en la composición maceral (Tabla 2). Se aprecian en cambio grandes diferencias al considerar criterios basados en la reflectancia de la propia inertinita (Diessel, 1983 propone 1.8%; Shapiro y Gray 1960 eligen 2.2%; Thomas *et al.*, 1993 se inclinan por 1.4%) aunque estos criterios, al basarse en características del

	GG	GE	CE	LE	DR	VD	KR
<b>Inertinita</b>	10.4	11.1	17.8	29.1	40.7	67.6	68.4
<b>Fusinita</b>	4.9	3.7	6.0	18.7	17.3	4.8	6.8
<b>Semifusinita</b>	3.5	2.6	8.2	8.8	14.6	31.7	34.4
<b>Macrinita</b>	0.2	1.4	0.8	0.2	2.7	17.8	16.9
<b>micrinita</b>	0.6	1.8	1.0	0.0	1.0	1.5	0.6
<b>Esclerotinita</b>	0.4	0.0	0.6	0.6	1.5	0.0	0.0
<b>Inertodetrinita</b>	0.8	1.6	1.2	0.8	3.6	11.8	9.7
<b>Vitrinita</b>	84.2	74.3	78.3	65.9	50.1	27.4	25.4
<b>Telinita</b>	2.9	1.4	0.8	1.2	0.4	0.0	0.2
<b>Collotelinita</b>	53.7	42.7	17.4	41.6	13.2	10.0	9.7
<b>Collodetrinita</b>	27.4	29.8	59.7	22.9	36.1	17.0	15.3
<b>Corpogelinita</b>	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2
<b>Liptinita</b>	5.4	14.6	3.9	5.0	9.2	5.0	6.2
<b>Esporinita</b>	5.0	11.8	2.5	4.2	8.4	4.4	5.0
<b>Resinita</b>	0.4	0.0	0.8	0.2	0.4	0.6	0.6
<b>Cutinita</b>	0.0	2.8	0.6	0.6	0.4	0.0	0.6
<b>Ro (%)</b>	0.68	0.58	0.62	0.71	0.59	0.73	0.71

Tabla 1.- Composición maceral y reflectancia de la vitrinita (Ro) de los carbones estudiados.

Table 1.- Maceral composition and rank (Ro) of the coals studied in this work.

maceral en si mismo, parecen, en principio, más razonables. De hecho, la reflectancia de los materiales carbonaceos depende del grado de ordenamiento de su estructura y, por tanto, de su composición química. Así los macerales de elevado contenido en carbono y alto grado de ordenación muestran reflectancias más altas. A la vez, la baja plasticidad de los macerales altamente reflectantes hace que el desarrollo de porosidad durante la etapa de pirólisis sea limitado y, por tanto, se puede pensar que dificulten la accesibilidad del material al oxígeno.

Con el fin de cuantificar la distribución total de reflectancias se realizaron análisis scan sobre todos los carbones. La representación de los histogramas en forma de reflectancias acumuladas permite una mejor observación de la cantidad de material altamente reflectante en los diversos carbones (Fig. 1). La forma de las curvas pone de manifiesto la enorme diferencia existente entre los carbones KR y VD y el resto de los carbones: apenas el 50% del volumen de estos carbones tiene una reflectancia inferior al 1.5%, mientras que en el resto, este porcentaje supera el 80%. La curva de DR revela la presencia de un elevado porcentaje de inertinita de

baja reflectancia (<1.5%). A partir de este valor la curva converge con la de LE, a pesar de que el contenido en inertinita de este último era más de un 10% menor. GG, GE y CE exhiben curvas casi idénticas, diferenciándose únicamente, por sus rangos ligeramente diferentes.

De los datos expuestos hasta el momento se deduce que la inertinita de los carbones GG, GE, CE y LE presenta una distribución homogénea desde reflectancias ligeramente menores de 1% hasta valores muy altos (3-4%); DR posee un elevado contenido de inertinita de baja reflectancia, próxima a los valores de la vitrinita del mismo carbón, y VD y KR contienen abundante inertinita de alta reflectancia.

La Fig.2 muestra la representación de la eficacia de combustión frente al contenido en inertinita del carbón. Contra todo pronóstico, los carbones con mayores contenidos en inertinita (DR, VD y KR) son precisamente los que han experimentado las combustiones más eficaces. Sin embargo, el hecho de que LE, con casi un 30% de inertinita presente el mismo grado de quemado que GG (10% de inertinita) impide dar un carácter absolutamente general a dicha afirmación.

	GG	GE	CE	LE	DR	VD	KR
Taylor <i>et al.</i> , 1967	9.4	10.3	14.4	25.9	33.3	66.4	67.0
Jones <i>et al.</i> , 1985	4.2	5.3	6.6	18.9	18.3	41.6	44.2
Skorupska <i>et al.</i> , 1987	7.0	8.1	9.6	23.1	26.7	61.2	62.6
Falcon y Snyman, 1986	7.8	9.1	12.6	25.3	31.3	65.2	65.4
Diessel y Wolff-Fischer, 1987	3.7	5.5	4.9	15.6	17.0	37.2	36.4
Bailey <i>et al.</i> , 1990	3.9	5.9	4.9	16.4	19.2	42.4	40.0
Kruszewska, 1989	10.9	14.0	15.8	20.6	35.4	54.4	51.6
Thomas <i>et al.</i> , 1993	5.0	5.3	6.6	19.9	18.1	51.0	54.0
Diessel, 1983	2.6	1.9	4.4	14.7	8.3	29.0	24.8
Shapiro y Gray, 1960	1.4	0.0	3.3	10.5	3.7	6.4	6.6
Furimsky <i>et al.</i> , 1990	8.4	8.6	13.9	25.4	32.2	43.6	46.0
Nandi <i>et al.</i> , 1977	8.8	8.1	5.2	27.5	38.2	36.6	40.8

Tabla 2.- Porcentaje de material inerte en los carbones según los criterios de diferentes autores.

Table 2.-Percentage of non-reactive material in the coals following the criteria of several authors.

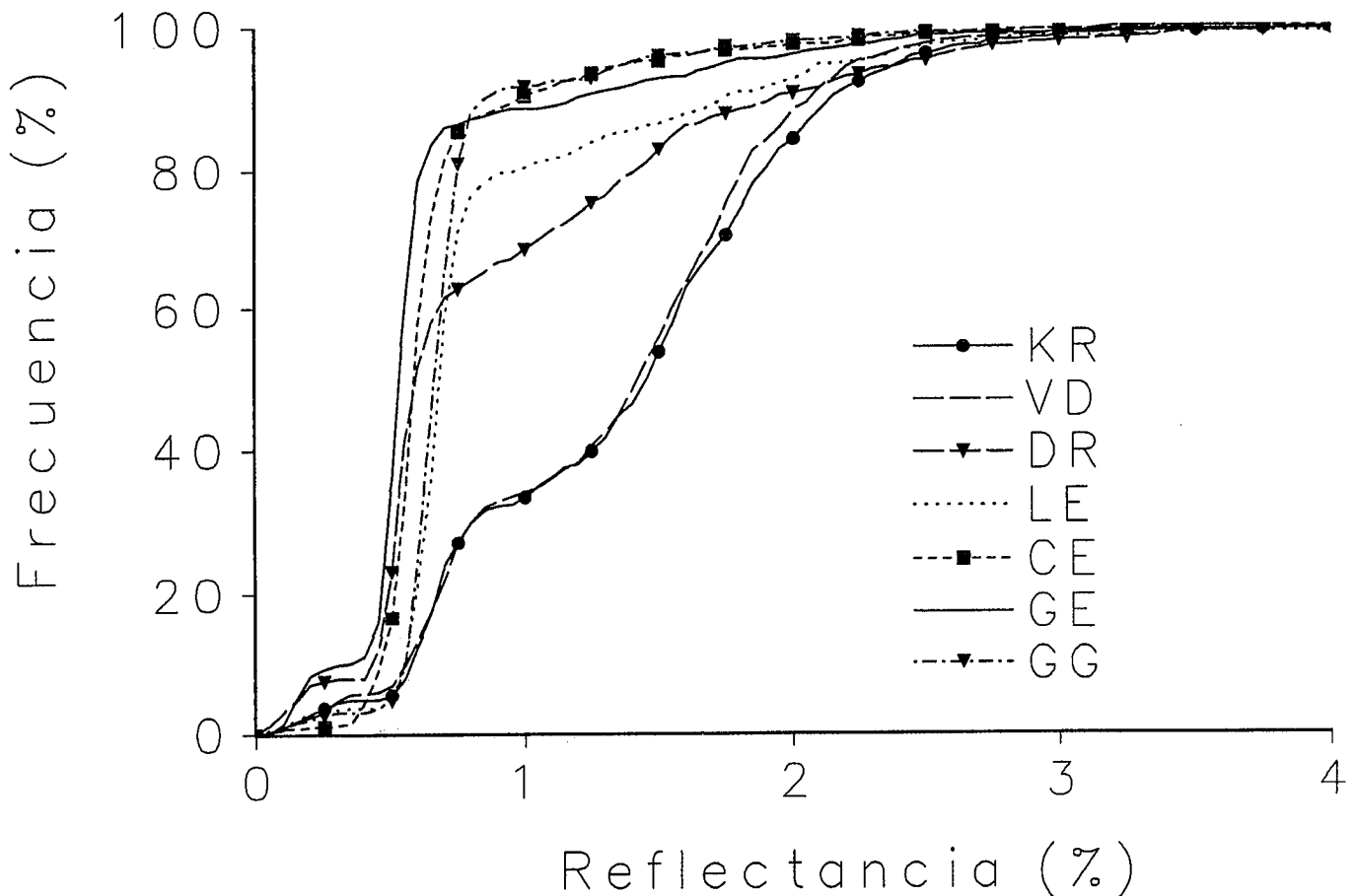


Fig. 1.- Histogramas de reflectancia acumulados de los carbones estudiados.

Fig. 1.- Cumulative reflectance histograms of the studied coals.

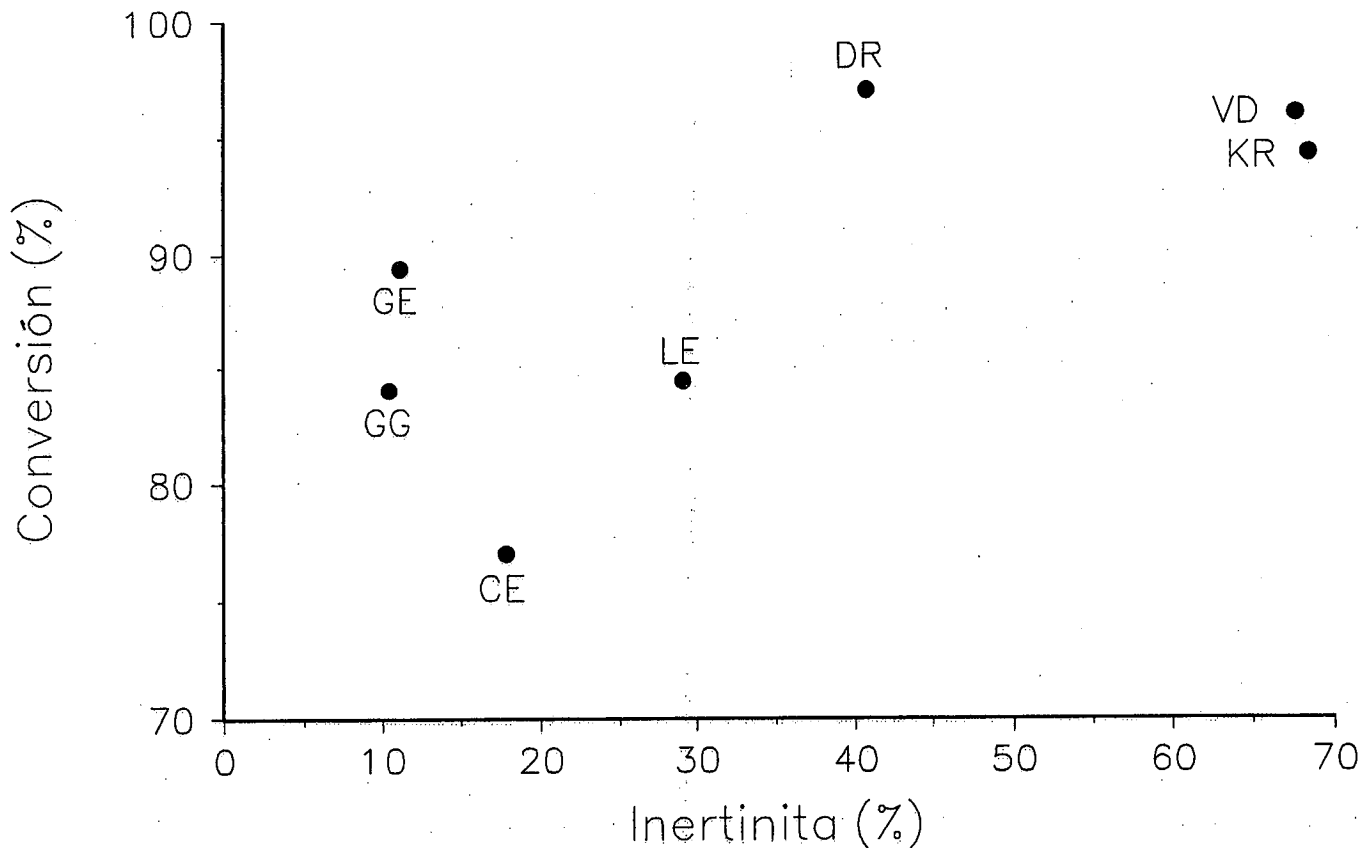


Fig. 2.- Variación de la eficacia de combustión con el contenido en inertinita del carbón

Fig. 2.- Variation of combustion efficiency with inertinite content of coal.

Si se puede concluir, en cambio, que el condicionante de la eficacia de combustión de estos carbones no es su contenido en inertinita. Al contrario, este maceral exhibe un excelente comportamiento durante la combustión en las condiciones experimentales ensayadas.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto Joule JOUF-0050-C.A.G. Borrego agradece a la Unión Europea una beca del programa Training and Mobility of Researchers.

#### Referencias

- Bailey, J., Tate, A., Diessel, C., Wall, T. (1990): *Fuel*, 69, 225-  
 Bend, S. (1991). *Tesis Doctoral*. Universidad de Newcastle upon Tyne.  
 Diessel, C. (1983): *Fuel*, 62, 883-892.  
 Diessel, C. (1985): *Fuel*, 64, 1542-1546.  
 Diessel, C. y Wolff-Fischer, E. (1987): *Int. J. Coal Geol.*, 9, 87-108.  
 Falcon, R. y Snyman, C. (1986): *Rev. paper n.2. Geological Society of South Africa*. Johannesburg.  
 Furimsky, E., Plamer, A., Kalkreuth, W., Cameron, A., Kovacik, G. (1990): *Fuel Process. Technol.*, 25, 135-  
 Jones, R., McCourt, C., Morley, C. y King, K. (1985): *Fuel*, 64, 1460-1467  
 Kruszewska K. (1989): *Fuel*, 68, 753-757.  
 Nandi, B., Brown, T. y Lee, G. (1977): *Fuel*, 56, 125.  
 Shapiro, N. y Gray, R. (1960): *Proc. Ill. Min. Inst.*, 68, 83  
 Skorupska, N.M., Sanyal, A., Hesselman, J., Crelling, J. Edwards, I.A.S. y Marsh, H. (1987): *Proceedings of the ICCS'87*, 827-831. Elsevier.  
 Taylor, G.H., Mackowsky, M. Th. y Alpern, B. (1967): *Fuel*, 46, 431-  
 Thomas, C. Shibaoka, M. Gawronski, E. Gosnell, M. y Phong-Anant (1993): *Fuel*, 72, 913-919.