

Análisis petrográfico automático en Carbones de Capa

Automatic petrographic analysis of single seam coals

J.C. Catalina (*), D. Alarcón (*) y J.G. Prado (**)

(*)AITEMIN, Alenza 1, 28003, Madrid

(**)INCAR, Ap.Co. 73, Oviedo

ABSTRACT

A new system has been developed to improve the interlaboratory accuracy in maceral and reflectance analysis of single seam bituminous coals. It performs automatically both types of analysis, following the same steps as the manual method. Scanning, focusing and analysis are automatic; only preparation of coal samples and starting requires a human operator. The main and most novel idea of this approach is to coordinate an expert system with an image processing system using both reflectance and morphological information. In this way the system tries to reproduce the analysis procedure followed by a human expert.

Key words: Automatic analysis, reflectance analysis, image processing, expert system, coal petrography

Geogaceta, 20 (3) (1996), 654-656

ISSN:0213683X

Introducción

El análisis petrográfico del carbón tiene varias modalidades; reflectancia, análisis maceral, análisis de microlitotipos, etc., siendo las dos primeras las más utilizadas. Ambas requieren un experto en petrografía del carbón, sobre todo el análisis maceral que además es más tedioso y difícil de reproducir debido a que es en parte subjetivo. Por ello ya hace años que se ha intentado automatizar ambos tipos de análisis.

La reflectancia es más fácil de automatizar y por ello se han descrito algunos sistemas que la realizan bastante satisfactoriamente (Riepe *et al.*, 1984). Pero el análisis maceral automático, bien basado en niveles de gris (Cloke *et al.*, 1995) o en colores de imágenes digitalizadas (David *et al.*, 1993, Mukherjee *et al.*, 1994) no ha dado buenos resultados.

Este trabajo, iniciado en 1990 (*), ha enfocado el problema de forma diferente, haciendo que el proceso de imagen sea interpretado por un sistema experto, que incorpora el conocimiento y la experiencia de un especialista (Catalina *et al.*, 1994). Además no solamente se utilizan criterios de niveles de gris sino que también se consideran parámetros morfológicos. (Catalina *et al.*, 1995).

Los principales objetivos han sido: desarrollar un sistema que permita analizar de forma totalmente automática la reflectancia y la composición maceral de carbones de capa; eliminar los errores que se derivan de la subjetividad del análisis maceral, sobre todo entre laboratorios diferentes; poder

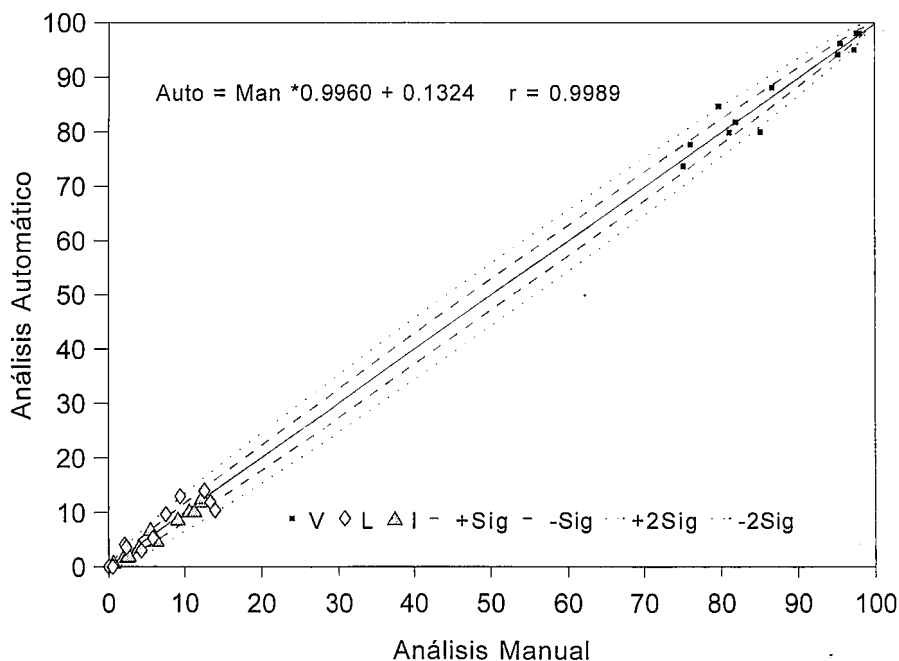


Fig.1. - Correlación entre los resultados manuales y automáticos del análisis maceral por grupos en hullas bituminosas, realizados en los mismos puntos.

Fig.1. - Correlation between the manual and automatic results of the group maceral analysis in bituminous coals, accomplished in the same points.

aplicar los análisis petrográficos, en casos de falta de expertos, a la nueva clasificación del carbón (ECE, 1988).

Estructura del sistema

El sistema consta de dos partes claramente diferenciadas: La primera es el conjunto de dispositivos que capturan la ima-

gen y la digitalizan, la segunda el software que analiza la imagen digital y obtiene los resultados.

El prototipo del sistema de adquisición de imágenes consta de las partes siguientes: Un microscopio Zeiss UMPSP 50 con platina y enfoque motorizados y filtros gobernados por ordenador a través de un módulo MSP-65, una cámara de video de alta reso-

lución con tecnología 3-CCD (Sony DXC-750P), una tarjeta de digitalización MATROX IMAGE Series de alta capacidad y velocidad, capaz igual que la cámara de trabajar en color, un ordenador PC con microprocesador 486 a 66 MHz, monitores de color de alta resolución para la cámara de video y la imagen digitalizada. Para la conexión del ordenador con el microscopio se ha utilizado una tarjeta National Instruments y un interface GPIB.

El software desarrollado para todas las fases del proceso está escrito fundamentalmente en lenguaje C y C++ y consta de los módulos siguientes: Sistema experto, Módulo de proceso de imágenes y Módulo de gestión del análisis.

El módulo de gestión se encarga de controlar el microscopio (motor platina, enfoque, diafragmas, filtros, toma y acondicionamiento de imágenes, coordinación del sistema experto con el sistema de proceso de imágenes, gestión del análisis y generación de resultados.

El módulo de proceso de imágenes substituye al observador mediante la evaluación de algoritmos especializados de proceso de imagen dando respuestas a las preguntas del sistema experto sobre la imagen.

El sistema experto compendia el conocimiento y la experiencia del especialista en petrografía del carbón, para emular su razonamiento haciendo preguntas a un observador virtual de la imagen del microscopio.

Procedimiento de análisis

Consta de dos partes, una de arranque que requiere un operador y otra totalmente automatizada.

En la primera el operador coloca un patrón de reflectancia en la platina automática X-Y para hacer la calibración. Después coloca la preparación del carbón, la enfoca y selecciona dos puntos en esquinas opuestas del área que va a analizarse. El sistema se coloca automáticamente en otros 7 puntos distribuidos por toda el área que va a analizarse y pide que se enfoquen manualmente. Con los datos de enfoque de estos 9 puntos iniciales el sistema calcula un plano de regresión que utiliza después para el enfoque automático. A partir de entonces se entra en la segunda fase

En la segunda fase, totalmente automática, el sistema barre toda la superficie según una malla predeterminada de acuerdo con la teoría del recuento de puntos. En cada punto, se hace un enfoque inicial según el plano de regresión y un segundo enfoque más fino por contraste de la imagen digitalizada.

Las operaciones realizadas en cada pun-

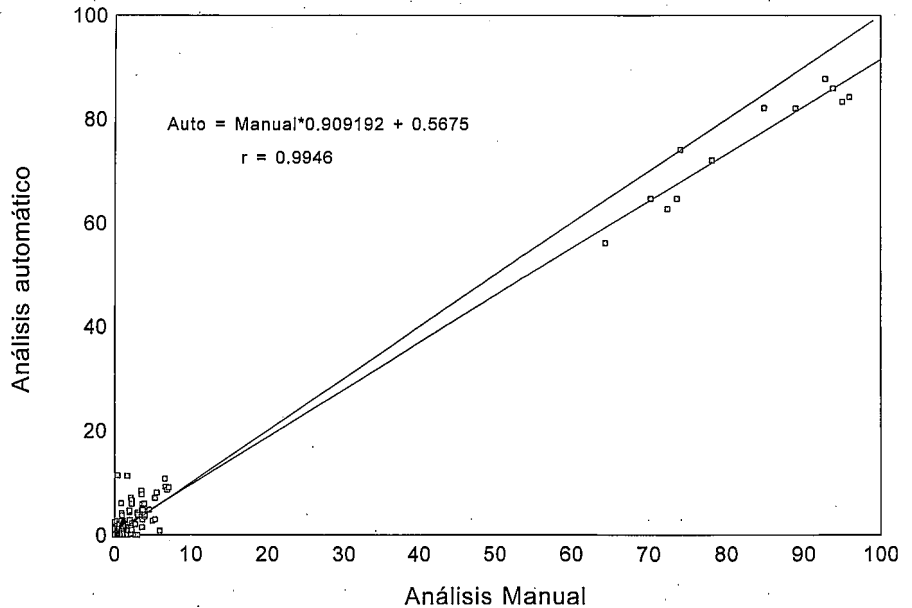


Fig.2. - Correlación entre los resultados manuales y automáticos del análisis maceral individual en hullas bituminosas, sobre los mismos puntos.

Fig.2. - Correlation between the manual and automatic results of the individual maceral analysis in bituminous coals, realized in the same points.

to son: Enfoque, adquisición de la imagen, corrección de iluminación y conversión de niveles de gris en reflectancias, histograma global de la imagen, evaluación de las características del punto central y parámetros morfológicos de varios tipos de zonas.

El sistema experto con esos datos determina cuál es el maceral que está en el centro de la imagen haciendo preguntas al módulo de proceso de imagen, el elemento se asigna a un maceral y al grupo correspondiente. Si el maceral es telocolinita su reflectancia se almacena para construir el histograma de reflectancia de la vitrinita.

Todos los datos del análisis maceral y de reflectancia se muestran en la pantalla y pueden imprimirse si se desea. Las imágenes individuales se comprimen y almacenan en discos magnetoópticos de alta capacidad (128 MB) para su posible utilización posterior.

Para un análisis de macerales se requiere analizar un mínimo de 500 campos.

Evaluación del sistema

Para evaluar el sistema se escogió una serie de 14 carbones de rango creciente con reflectancias entre 0.6 y 2.0%. Para cada muestra se analizaron entre 350 y 500 imágenes, que se almacenaban, permitiendo que los análisis pudiesen efectuarse en los mismos puntos cuando se hacían ajustes en

el software del sistema experto o del módulo de proceso de imagen. Los mismos puntos eran evaluados por un especialista en petrografía y en la versión prototipo del sistema ésta información se suministraba al módulo de gestión del análisis para fines comparativos.

Resultados y conclusiones

La fig. 1 muestra los resultados comparados entre el análisis manual y automático para los tres grupos macerales (Vitrinita, Liptinita, Inertinita) de los 12 carbones estudiados. Prácticamente todos los puntos caen entre más-menos dos veces la desviación estandar (Sigma) derivada de la distribución binomial. El error es inferior al que suele alcanzarse en este tipo de análisis entre laboratorios diferentes. La Fig. 2 muestra los resultados para el mismo tipo de análisis maceral pero considerando los macerales individuales de cada grupo aisladamente. El mayor error del sistema está en la distinción entre Telocolinita y Gecolcolinita por lo que se han unido ambos macerales en la correlación. Ésta, aunque da un buen coeficiente no es satisfactoria ya que el error relativo para algunos macerales es demasiado alto y para la vitrinita da resultados sistemáticamente bajos. Sin embargo no hay macerales de otro grupo mal identificados como vitrinita lo que los hace

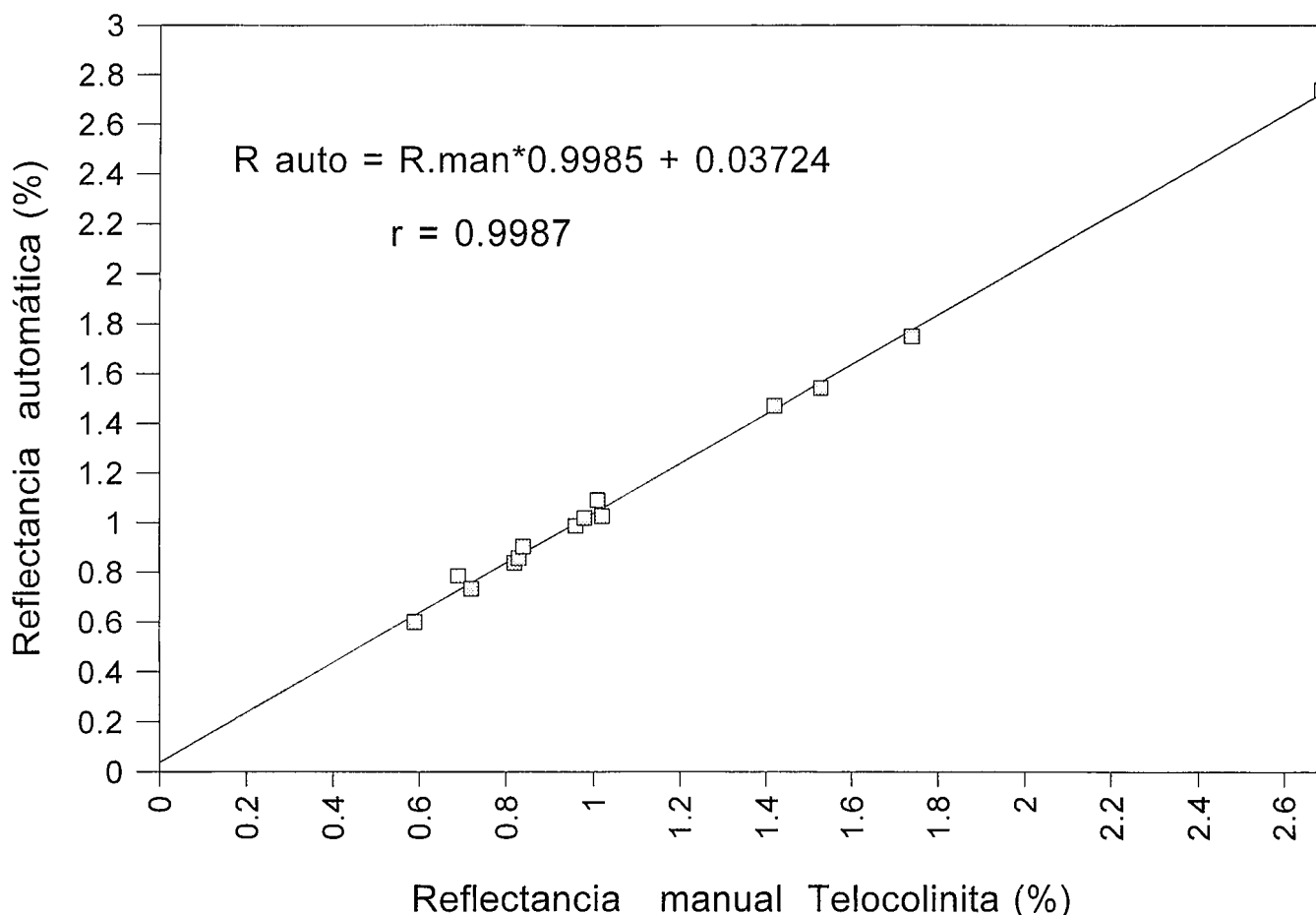


Fig.3. - Correlación entre las reflectancias manuales y automáticas de la Telocollinita de una serie de 14 hullas bituminosas.

Fig.3. - Correlation between the manual and automatic reflectance of the Telocollinite in a serie of 14 bituminous coals.

válidos para estudios de reflectancia. El grupo que más errores da es la Liptinita, que está influida por el pulido y la materia mineral.

Los resultados de la Fig.3 comparan la reflectancia de las muestras obtenida con un microscopio provisto de fotomultiplicador y analizadas en otro microscopio con los resultados automáticos dados por el sistema considerando solamente los que el sistema experto diagnostica como Telocollinita. La correlación es perfecta y totalmente comparable a la que se realiza entre laboratorios diferentes.

Como conclusión se puede decir que el sistema desarrollado sirve perfectamente para realizar de una forma totalmente automática el análisis de reflectancia y de grupos macerales en carbones. Esto cubre un alto porcentaje de las necesidades del análisis

petrográfico de carbones bituminosos de capa. El análisis maceral individual se ha conseguido en muchos macerales con errores análogos a los manuales, pero aún queda trabajo pendiente para aumentar la exactitud en otros y extender el sistema a las antracitas.

(*)Proyecto financiado por la Commission of the European Communities, D.G.XVI (CECA- 7220/EC/753 y 7220/EC/764), DIGICYT (ROB89-1139-CO2-02--CE) y OCICARBÓN (C-21.096 y C-21.385)

Referencias

Catalina, J.C., Alarcón, D. and Prado, J.G. (1994), *Second World Congress on Expert Systems*, Estoril/Lisboa, Portugal,

1469-1479

Catalina, J.C., Alarcon, D. and Prado, J.G. (1995) *Proc. Eighth Internat. Conf. on Coal Sci.* Vol.I, 239-242, Oviedo

Cloke, M, Lester, E., Allen, M. and Miles, N.J. (1995) *Fuel*, V74, nº 5, 659/669

David, P. and Fermont, W.J.J. (1993) *Fuel. Proc. Technology*, 36, 9-15

David, P. and Fermont, W.J.J. (1993) *Org. Geochem.*, V 20, nº 6, 747-758

Economic Commission for Europe (1988). *International Codification System for Medium and High Rank Coals.*

Mukherjee, D.P., Banerjee, B., Uma Shankar, B. and Majumder, D.D. 1994, *Int. Jour. Coal. Geol.*, V 25, nº2, 155-170

Riepe, W. and Steller, M. (1984) *Fuel*, 63, 313-318.