



## **RANGO DEL CARBÓN EN LA REGIÓN DE NUEVA ROSITA, COAHUILA DE ZARAGOZA, NORTE DE MÉXICO.**

***Noé Piedad-Sánchez<sup>(1)</sup>, F. Raúl Carrillo-Pedroza<sup>(1)</sup>, Isabel Suárez-Ruiz<sup>(2)</sup>, Genaro De la Rosa-Rodríguez<sup>(3)</sup>, Brígido-Santiago-Carrasco<sup>(3)</sup>, J. Luis Rábago-González<sup>(3)</sup>, Kinardo Flores-Castro<sup>(4)</sup>, José Luis Cadena-Zamudio<sup>(4)</sup>, Rodolfo Corona-Esquivel<sup>(5, 6)</sup>, José Octavio Navarro-Lozano<sup>(4)</sup>, Fabiola González-Carrillo<sup>(1)</sup>***

1. *Tecnología e Ingeniería de Materiales, DES Ciencias Extractivas, Unidad Norte, Universidad Autónoma de Coahuila, Monclova, Coahuila de Zaragoza. noe-piedad-sanchez@uadec.edu.mx, npiedads@yahoo.com.* 2. *INCAR-CSIC, Ap. Co. 73, 33080 Oviedo, España.* 3. *Dirección Minerales Energéticos. Servicio Geológico Mexicano. Blvd. Felipe Ángeles km. 93.50-4, Col. Venta Prieta, C.P. 42080, Pachuca, Hidalgo, México.* 4. *Cuerpo Académico de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hgo., México.* 5. *Unidad Ticomán, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional. Ticomán, México, D.F., México.* 6. *Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México, D.F., México.*

### **RESUMEN**

La Región Carbonífera de Nueva Rosita (Cretácico) está localizada en el sinclinal de la Subcuenca de Sabinas (Norte de México). El área estudiada presenta una secuencia terrígena compleja del Cretácico Superior, con intercalación de capas de carbón. Este trabajo investiga las causas y eventos que llevaron a una diferente evolución y variable calidad del carbón cretácico de la región. Muestras de carbón fueron colectadas de minas subterráneas y tajos abiertos para obtener datos acerca del rango y composición del carbón por medio de técnicas petrográficas. La composición maceral de los carbones estudiados estuvo dominada por vitrinita cuyos valores de reflectancia están entre 0.7 a 1.2% (Rango medio según ISO11760:2005). La reflectancia de la vitrinita indica un gradiente térmico variable, posiblemente atribuible al vulcanismo extrusivo que aflora cerca del área estudiada, y a la historia de sepultamiento singular de la Subcuenca de Sabinas.

### **ABSTRACT**

The Nueva Rosita coal-bearing region (Cretaceous age) is located in the Sabinas Sub-basin syncline (North of Mexico). The studied area presents a complex sequence of terrigenous layers of the Upper Cretaceous age, including interlayered coal beds. This study is undertaken into the causes and events that led to the different evolution and the varied quality of Cretaceous coal in this region. Coal samples were collected from underground and open-pit mines to obtain data about the rank and composition of the coal by means of petrographic techniques. The maceral composition of the studied coals is dominated by vitrinite whose reflectance values range between 0.7 to 1.2% (medium rank, ISO 11760:2005). The vitrinite reflectance values indicate a variable thermal gradient, possibly attributable to the extrusive volcanism that outcrops near the studied area, and to the singular burial history of the Sabinas sub-basin.

### **INTRODUCCIÓN**

El área de Nueva Rosita está localizada en la Región Carbonífera del estado de Coahuila de Zaragoza (Norte de México), y geológicamente forma parte de la Subcuenca denominada Sabinas. Aunque se conoce a la Región Carbonífera de Coahuila, como aquella que se encuentra geográficamente en la porción centro-norte del estado de Coahuila de Zaragoza, el potencial carbonífero de esta región es conocido desde 1850.



La Región Carbonífera de Coahuila representa 95 por ciento de las reservas del país, y en el área de Nueva Rosita se extrae carbón metalúrgico, que es enviado a plantas lavadoras para mejorar su calidad. El carbón lavado metalúrgico se envía a Altos Hornos de México, S. A. de C. V., y en sus instalaciones en la ciudad de Monclova es coquizado y usado como materia prima para la obtención de arrabio, que posteriormente se transforma en acero. Una parte de carbón lavado y todo uno, es enviado a la Comisión Federal de Electricidad como combustible en la central carboeléctrica de Nava, Coahuila.

El objetivo de este trabajo es obtener datos para evaluar con mayor precisión la variación en las características singulares de las capas de carbón en el área de estudio.

## **GEOLOGÍA LOCAL**

Las rocas de la Subcuenca de Sabinas representan, una secuencia compleja de estratos de rocas terrígenas del Cretácico Superior, principalmente en la Formación Olmos de edad Maestrichtiano (Robeck et al., 1956), que incluye capas de carbón intercaladas, cuyas relaciones laterales son poco conocidas, provocando que no exista consenso en la litoestratigrafía, ya que algunos autores como Eguiluz de Antuñano y Amezcua-Torres (2003) indican que las capas de carbón se encuentran en la Formación Escondido de la misma edad.

Localmente, la columna litológica en la zona de estudio está conformada principalmente por una capa de arenisca, sobreyacida por mantos de carbón, y capas de limolita y lutita. Hacia la cima de los mantos de carbón principales, es común encontrar un horizonte de arcilla refractaria (bentonita) de 25 a 30 cm de espesor, la cual es el resultado de la alteración de una toba lítica de composición dacítica y sirve como guía litológica en la región, indicando variaciones en el medio ambiente sedimentario, lo que influyó en la calidad y espesor de las diferentes capas de carbón.

El área de estudio está cubierta por derrames volcánicos correspondientes al campo volcánico Las Esperanzas (Mulleried, 1941; Valdés-Moreno, 2001). La primera alusión a los derrames de lava basáltica en la zona corresponde a Adams (1881). En la década de los cuarenta Mulleried (1941) publicó estudios en los que discute la distribución y origen de los flujos de lava en la zona de Sabinas, Múzquiz, Minas de Barroterán y Las Esperanzas. De esta última población tomó el nombre de Basaltos Las Esperanzas con el que se les conoce en la literatura geológica. Mulleried (1941) indica que los Basaltos Las Esperanzas sobreyacen a la Formación Reynosa del Terciario Tardío y describe a los volcanes que los extravasaron como "extrusiones lineales" (derrames fisurales) con algunos afloramientos caracterizados por juntas columnares y extrusiones centrales (escudos de lava) evidenciadas por la presencia de bombas volcánicas cerca de prominencias topográficas pequeñas. Además, hace un cálculo del área cubierta por los derrames de lava basáltica (181 km<sup>2</sup>) y del volumen emitido (2.6 km<sup>3</sup>). Robeck et al. (1956), en un estudio geológico de los depósitos de carbón sólo citan a las lavas de Las Esperanzas de manera general.

Las lavas Esperanza son derrames basálticos (sensu lato) color pardo a cafégrisáceo en superficie intemperizada, y gris oscuro a negro en superficie fresca. Muchas lavas tienden a ser afíricas o microporfídicas con matriz afanítica a vítrea. Otras, como algunos de los derrames y material escoriáceo, son porfídicas, con fenocristales de uno a dos milímetros de largo de olivino y piroxeno (Valdés-Moreno, 2001). En ocasiones las lavas son muy vesiculares, especialmente hacia la cima de los derrames y en los depósitos de escoria cercanos a los centros de emisión (Valdés-Moreno, 2001). El espesor máximo de las lavas Esperanzas, cortado por barrenos de exploración en las zonas carboníferas cercanas al conducto central del Volcán Agua Dulce es de 53 m (Consejo de Recursos Naturales, 1994). El espesor mínimo es de 1 m y se ubica hacia los márgenes de los escudos o en los extremos distales de las corrientes de lava, productos de erupciones fisurales del frente de la Sierra de Santa Rosa (Valdés-Moreno, 2001).

Los centros de emisión de los basaltos Las Esperanzas son de dos tipos distintos: En la región oriental las lavas fueron extravasadas por los volcanes escudo de tipo central, llamados Agua Dulce (520 msnm), Kakanapo Grande (510 msnm), Kakanapo Chico (470 msnm), La Peña (420 msnm) y El Barril (400msnm); en la región occidental las lavas Las Esperanzas fueron expulsadas a lo largo de los bordes oriental y meridional del anticlinal de la Sierra Santa Rosa como derrames fisurales, ya que no existen evidencias de aparatos volcánicos centrales (Valdés-Moreno, 2001).



Los resultados geoquímicos obtenidos por Valdés-Moreno (2001) sugieren que los magmas que dieron origen al Campo Volcánico Las Esperanzas tiene una influencia marcada del manto y con muy poca o nula contaminación con material de la corteza continental, con la combinación de fusión parcial y cristalización fraccionada como procesos petrológicos dominantes. Las edades de las lavas del Campo Volcánico Las Esperanzas, determinadas por la técnica de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en roca total, y reportadas por Valdés-Moreno (2001), son pobres lo que se atribuye a la edad relativamente joven de las muestras, a su composición química baja en K y a la alteración en los ejemplares. Asimismo, Valdés-Moreno (2001) indica en sus conclusiones que tectónicamente el caso de los derrames fisurales de Las Esperanzas es complicado, por la presencia de dos fisuras ortogonales en el borde de la Sierra de Santa Rosa que sugiere que la deformación fue triaxial o que hubo un cambio en la orientación de los esfuerzos, por lo que aún no se ha determinado la edad del inicio de la actividad magmática intraplaca de la región.

## MUESTREO

Los datos geológicos en el área de estudio son escasos y/o muy regionales, por lo que en este trabajo se recolectaron muestras de carbón en afloramientos de minas subterráneas y minas a cielo abierto para obtener información de la petrografía orgánica, incluyendo la identificación de los grupos macerales y la medición del poder reflector de la vitrinita.

## PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron preparadas de acuerdo a la norma ASTM D2797: Preparing coal samples for microscopical analysis by reflected light (ASTM, 2007). Las muestras fueron molidas a malla No. 20 (850  $\mu\text{m}$ ) y montadas usando una resina epóxica. La superficie a examinar fue devastada y pulida calidad espejo, y luego desecada antes del análisis de reflectancia.

## REFLECTANCIA DE LA VITRINITA

La determinación de la reflectancia de la vitrinita se realizó de acuerdo a la ASTM D 2798: Microscopical determination of the vitrinite reflectance of coal (ASTM, 2007) y a la ISO 7404-2:2009: Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 2: Methods of preparing coal samples (ISO-ANSI, 2009), utilizando un microscopio LEICA™ DM RX acoplado a un espectrómetro MSP 400 COAL™.

La determinación del grupo maceral se realizó de acuerdo a ISO 7404-3:2009: Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 3: Method of determining maceral group composition (ISO-ANSI, 2009).

Siguiendo las normas ASTM (2007) e ISO 7404-5:2009: Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite (ISO-ANSI, 2009), se realizaron 100 mediciones de la reflectancia aleatoria ( $R_r$ , random reflectance) en partículas individuales de vitrinita. La calibración se lleva a cabo considerando una lámpara de xenón conectada con fibra óptica al espectrómetro, y estándares de 0.898% (Itrio-Aluminio-Granate) y 1.704% (Gadolinio-Galio-Granate) de reflectancia. La mediciones y el análisis estadístico se llevó a cabo con el software MSP200™ suministrado por la compañía LEICA.

## RESULTADOS

Los resultados indican que las capas de carbón contienen a la vitrinita como el principal componente maceral (>65% en promedio), con cantidades subordinadas de inertinita y escasa liptinita, y una reflectancia de la vitrinita que varía entre 0.7 a 1.2 %, lo que indica que son carbones de rango medio (ISO 11760:2005) o bituminosos. Estos datos caen dentro del rango promedio regional de resultados reportados por autores como Obregón-Andría y Muñoz-Loredo (), Ariciaga-Martínez (1987), Ariciaga-Martínez y Maycotte (1987), Eguiluz de Antuñano (2001), Piedad-Sánchez (2004), Corona-Esquivel et al. (2006, 2007), Carrillo-Pedroza et al. (2010). La composición maceral dominada por la vitrinita

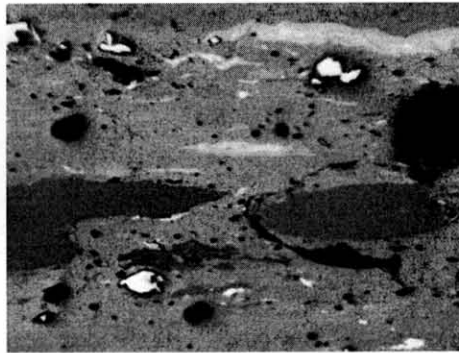


Figura X. Fotomicrografía de sección pulida de carbón del área de Nueva Rosita, Coahuila de Zaragoza (N de México) donde se observa al centro liptinitas, en una masa de vitrinita con huellas de desgasificación y algunas partículas de inertinita en la parte superior (Luz reflejada, con objetivo en inmersión de aceite 50X).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los valores de reflectancia indican que las capas de carbón han estado afectadas por un gradiente térmico variable. La presencia de la toba lítica de composición dacítica alterada entre los mantos de carbón, indicaría la influencia de un evento volcánico de edad Cretácica, o al menos, de un evento asociado a magmatismo (¿hidrotermalismo?), lo que aportó un flujo de calor adicional a la Cuenca Carbonífera en el área de Nueva Rosita. Esta aportación de calor adicional podría ser muy semejante al flujo de calor calculado de  $3830 \text{ mW/m}^2$  para un magma dacítico en fisuras paralelas al rift del volcán Kilauea (Teplow et al., 2008) considerando la conductividad térmica  $K = 2.9 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  para el basalto (Brigaud y Vasseur, 1989; Teplow et al., 2008). Este flujo de calor es mayor que el promedio de  $270\text{-}290 \text{ mW/m}^2$ , típico de cordilleras mesoocéánicas, o de  $20\text{-}40 \text{ MW/km}$  para fumarolas hidrotermales. En este caso, el problema de la transmisión de calor es significativo pero difícil de cuantificar y de datar, pero no se debe olvidar que una vez que un fluido está presente, la transmisión de calor es más eficiente y la mezcla magmática se propaga a través del material sedimentario. Este pulso volcánico parece ser más antiguo que el que dio origen a los basaltos de Las Esperanzas, y podría estar emparentado al episodio magmático documentado en el rift de Río Grande, Texas, con edad entre 53 y 23 m.a. (Seager y Morgan, 1979).

Estas variaciones térmicas locales podrían explicar la variación de la calidad del carbón tanto a nivel horizontal como vertical, adicional al enterramiento diferencial de las otras subcuencas de la región por su ubicación en diferentes sinclinales. Futuros estudios petrográficos y geoquímicos en conjunto con los resultados obtenidos permitirán delimitar y evaluar con mayor precisión nuevas áreas de interés económico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento parcial de CONACYT a través de los proyectos 025355 y 67039, a la empresa Minerales Monclova S. A. de C. V. por las muestras proporcionadas. Piedad-Sánchez agradece a José Luis Hernández Michaca y Víctor Sánchez-Granados de Geología y Medio Ambiente S.A. de C.V. por el apoyo logístico para la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams, W.E., 1881. Coals in México, Santa Rosa District. Transactions of the American Institute of Mining Engineers. 10: 270-273.
- Arciaga-Martínez, C., 1987. Censo de localidades con indicios de carbón en México: Exploración Regional. Informe, Superintendencia de Estudios Zona Norte, Comisión Federal de Electricidad. 84 p.
- Arciaga-Martínez, C., y Maycotte, J.I., 1987. Resultados geológicos del censo de localidades con indicios de



- ASTM, 2007. Annual book of ASTM standards: Petroleum products, lubricants, and fossil fuels; Gaseous fuels; coal and coke, sec. 5, v. 5.06. ASTM International, West Conshohocken, PA. 711 pp.
- Brigaud, F., y Vasseur, G., 1989. Mineralogy, porosity and fluid control on thermal conductivity of sedimentary rocks. *Geophysical Journal*. 98: 525-542.
- Carrillo-Pedroza, F.; Piedad-Sánchez, N.; Soria-Aguilar, M.; Pecina-Treviño, T.; Dávalos-Sánchez, A.; Villasana-Martínez, O.; Gauna-Arista, J.A.; Enciso-Cárdenas, J.J.; Garza-García, M.; 2010. Estudio comparativo de diversos tratamientos para la remoción de azufre en carbón mineral. Pruebas de laboratorio. *GEOMIMET*. XXXVII (287): 6-17.
- Corona-Esquivel, R., Martínez-Hernández, E., Tritlla, J., Benavides-Muñoz, M.E., Piedad-Sánchez, N., 2007. Principales yacimientos de carbón mineral en México. *Geomimet*. XXXIV (269): 8-40.
- Corona-Esquivel, R., Tritlla, J., Benavides-Muñoz, M.E., Piedad-Sánchez, N., Ferrusquía-Villafranca, I., 2006. Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Volumen Conmemorativo del Centenario: Revisión de algunas tipologías de depósitos minerales de México. LVIII (1): 141-160.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2001. Geologic evolution and gas resources of the Sabinas Basin in northeastern Mexico. In: Bartolini, C., Bufler, R.T., Cantú-Chapa, A. (eds.). *The western Gulf of Mexico Basin: tectonics, sedimentary basins and petroleum systems*. AAPG Memoir. 75: 241-270.
- Eguiluz, de Antuñano, S., and Amezcua-Torres, N., 2003. Coalbed methane resources of the Sabinas Basin, Coahuila, México. in C. Bartolini, R. T. Bufler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. AAPG Memoir. 79: 395-402.
- ISO 11760:2005. Classification of coals. International Organization for Standardization. American National Standards Institute. 9 p.
- ISO 7404-2:2009. Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 2: Methods of preparing coal samples. International Organization for Standardization. American National Standards Institute. 12 p.
- ISO 7404-3:2009. Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 3: Method of determining maceral group composition. International Organization for Standardization. American National Standards Institute. 7 p.
- ISO 7404-5:2009. Methods for the petrographic analysis of coals -- Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite. International Organization for Standardization. American National Standards Institute. 14 p.
- Mulleried, F. K., 1941. Actividad Volcánica bastante reciente del Oriente del Estado de Coahuila, México. *Revista Geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia*. 1 (2,3): 182-201.
- Obregón-Andría, L., y Muñoz-Loredo, G., XX. Evolución de los carbones de Coahuila.
- Piedad-Sanchez, N., 2004. Prospection des hydrocarbures par une approche intégrée de pétrographie, géochimie et modélisation de la transformation de la matière organique: analyse et reconstitution de l'histoire thermique des Bassins Carbonifère Central des Asturies (Espagne) et Sabinas-Piedras Negras (Coahuila, Mexique). Tesis Doctoral. UHP Nancy I, Francia. 356 pp.
- Robeck, R. C., Pesquera, V. R., Arredondo, S. U., 1956. Geología y depósitos de carbón de la región de Sabinas, Estado de Coahuila. 20<sup>th</sup> International Geological Congress, Mexico City, 190 p.
- Seager, W.R., y Morgan, P., 1979. Rio Grande rift in Southern New Mexico, West Texas, and Northern Chihuahua. In: Riecker, R.C. (editor), *Rio Grande rift: Tectonics and magmatism*. American Geophysical Union. 87-106.
- Teplov, W. J.; Marsh, B. D.; Hulen, J.; Spielman, P.; Kaleikini, M.; Fitch, D. C.; Rickard, W., 2008. Dacite Melt at the Puna Geothermal Venture Wellfield, Big Island of Hawaii. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, abstract #V23A-2129.
- Valdez-Moreno, G., 2001. Geoquímica y petrología de las rocas ígneas de los campos volcánicos Las Esperanzas y Ocampo, Coahuila, México. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México. 115 pp.