

Interpretación palinofacial a partir de la identificación de la materia orgánica de los carbones del manto 160, bloque Norte– Mina el Hatillo, departamento del Cesar.

Elias Ernesto Rojas-Martinez¹ | Tatiana Milena Juliao-Lemus² | Dino Carmelo Manco-Jaraba³ | Carlos Andrés Contreras-Fernández⁴

Recibido:
Diciembre 15 de 2012

Aceptado:
Mayo 18 de 2013

Resumen

En la fase de explotación del manto 160 en el bloque norte de la mina El Hatillo (Departamento del Cesar), se detectaron cambios verticales y laterales en la calidad del carbón, que afecta la explotación en dicha área, con el fin de establecer si esta variabilidad está relacionada con los paleoambientes y la procedencia de la materia orgánica que los generaron, se tomaron 22 muestras correspondientes a los litotipos identificados en 4 puntos del bloque norte, sometiéndose a una interpretación palinofacial mediante la identificación de la materia orgánica, por medio de análisis visual de láminas delgadas a partir de métodos no oxidativos. La determinación de palinomorfos, fitoclastos y materia orgánica amorfa principalmente, logró establecer la presencia de tres palinofacies, palinofacies 1, constituida por Botryococcus, fitoclastos amorfos aciculares, esporas de hongos y cutículas, palinofacies 2: constituida por granos de polen, fitoclastos traslucidos no bioestructurados, algas, fitoclastos traslucidos bioestructurados, fitoclastos opacos equidimensionales y por secreciones y palinofacies 3: constituida por foraminíferos, fitoclastos amorfizados, esporas, hifas de hongos y por materia orgánica amorfa fluorescente, este análisis palinofacial permitió establecer que el paleoambiente de formación de los carbones se dio en un ambiente continental cercano a línea de costas con eventos importantes de fluctuaciones marinas.

Palabras clave: palinofacies, materia orgánica, carbón, palinomorfos.

Abstract

In the exploitation phase of the mantle 160 in the north block of the mine El Hatillo (Department of Cesar), were detected in vertical and lateral changes in coal quality, which affects the operation in that area, to establish whether this variability related to the palaeoenvironment and source of organic matter that generated them, 22 samples were taken for the lithotypes identified in block 4 points north palinofacial undergoing interpretation by identifying

¹Geólogo, Esp. Minería a cielo Abierto, Docente catedrático Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar - Colombia.
Correo electrónico: eliaser@hotmail.com

²Geóloga M.Sc en Geología Petrolera, ICP – ECOPEPETROL - Colombia.
Correo electrónico: tatiana.juliao@ecopetrol.com.co.

³Ingeniero de minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Sede Valledupar - Colombia.
Correo electrónico: dino_manco@hotmail.com

⁴Estudiante de ingeniería de minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Sede Valledupar - Colombia.
Correo electrónico: carlosconfer@hotmail.com

organic matter, through analysis thin – film visual from non – oxidative methods. The determination of palynomorphs, fitoclastos mainly amorphous and organic matter, managed to establish the presence of three palynofacies, palynofacies 1, comprising Botryococcus, fitoclastos amorphous, fungal spores and cuticles, palynofacies 2: consisting of pollen grains, translucent fitoclastos biostructures not algae, fitoclastos biostructures translucent, opaque equidimensional fitoclastos, secretions and palynofacies 3: consists of foraminifera, fitoclastos amorfizados, spores, fungal hyphae and fluorescent amorphous organic matter, this analysis established that palinofacial the paleoenvironment of formation of the coals resulted in continental coast lines with important events in marine fluctuations.

Keywords: palynofacies, organic matter, coal, palynomorphs

Introducción

Los métodos palinológicos para la preparación de palinofacies no han cambiado en gran medida desde [1] hasta nuestros días, utilizando para la preparación de placas de palinofacies ácidos como el HCL, HF Y HNO₃.

El término usado para describir la materia orgánica fósil en las rocas sedimentarias es Kerógeno [2] y fue introducido por Crum en 1912[3] y ha continuado en su evolución alcanzando dos definiciones:

Desde el punto de vista geoquímico se define el Kerógeno como “la materia orgánica insoluble en solventes orgánicos” [4]. Los petrógrafos orgánicos definen el Kerógeno como “el residuo particulado de materia orgánica aislado de una roca sedimentaria después de una completa dilución de la matriz rocosa por medio de ácido clorhídrico HCl y ácido fluorhídrico HF (proceso no oxidativo, es decir sin tratamiento por medio de ácido Nitríco HNO₃,” [2].

Una clasificación preliminar de la materia orgánica fue discutida durante el *Open Work-*

shop on Matter Clasification, celebrado en la Universidad de Amsterdam, en Junio de 1991 [5]; donde la materia orgánica fue denominada “materia orgánica palinológica”, con el fin de describir el Kerógeno observado mediante el empleo del microscopio en luz transmitida.

Una amplia descripción de las categorías de la materia orgánica puede ser encontrada en la literatura [4], [6-16].

El termino palinofacies fue introducido por primera vez por Combaz [10], para “describir la totalidad de los componentes orgánicos observados en una imagen al microscopio”. El término se hizo popular en estudios detallados publicados posteriormente. No obstante esta definición varía entre los diferentes autores.

Algunos llaman a los componentes orgánicos “materia orgánica” [4], [3], [7], [8], [9], [11], [14], [17], [18], [19], [20] y otros lo llaman “Kerógeno” [21-28], siendo éste el término más empleado en la actualidad para describir los componentes orgánicos [2].

En el presente artículo se definen las palinofacies de los carbones del manto 160 del bloque norte de la mina El Hatillo, La Loma, Departamento del Cesar, a partir de la identi-

ficación de la materia orgánica sedimentaria presente en 22 muestras de carbón, mediante el análisis visual de láminas delgadas realizadas a partir de métodos no oxidativos. La determinación de las palinofacies presentes se realizó a partir del conteo de 300 puntos en cada lámina, en los cuales se identificaron palinomorfos, fitoclastos y materia orgánica amorfa principalmente. La integración de cada uno de los componentes orgánicos utilizando clusters modo R a partir del software *Statistica Versión 7*, permitió la identificación de las palinofacies; luego se integraron las palinofacies por medio del clúster modo Q (restricción estratigráfica) a partir del software libre *PAST* (Palaeontological STatistics).

La integración de los paleoambientes propuestos por las palinofacies por medio de la identificación y conteo de los macerales (luz reflejada), permitieron la interpretación de las facies de depositación de la materia orgánica, mediante esta interpretación palinofacial y la identificación de las materia orgánica se busca establecer si la calidad del manto 160 y su variabilidad lateral y vertical guardan relación con la fuente de la materia orgánica, el ambiente de depositación en que se generaron o las condiciones en que se dio la digénesis de estos materiales.

Metodología

Muestreo de carbón

Se recolectaron 22 muestras mediante un muestreo de canal, seleccionando cuatro frente fresco en producción de carbón del manto 160, identificadas de la siguiente manera: estación SMD1(SMD1-01, SMD1-02, SMD1-03, SMD1-04, SMD1-05, SMD1-06), estación SMD2 (SMD2-01, SMD2-02, SMD2-03, SMD2-04), estación OPM1(OPM1-01O, OPM1-02O, OPM1-03O, OPM1-04O, OPM1-05O OPM1-06O), estación OPM2 (OPM2-020, OPM2-030, OPM2-070, OPM2-090, OPM2-120, OPM2-13). (Figura 1, 2, 3), (Tabla 1, 2, 3, 4).

Preparación de la muestra

Se utilizó el método de preparación de palinofacies implementado por el laboratorio de carbones de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y donde se observan los resultados del procedimiento con ácidos desde el inicio hasta el final. Se trata de aislar una cantidad adecuada de microfósiles en tan buen estado de preservación como sea posible y con una tolerancia mínima a la destrucción, esto implica emplear las técnicas más apropiadas para preservar la mayor cantidad de rasgos de los organismos.

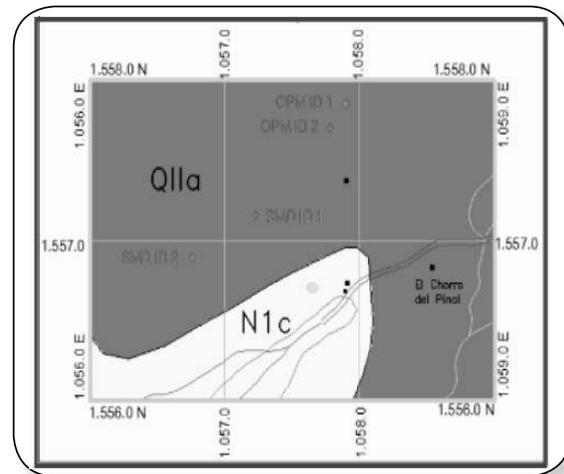
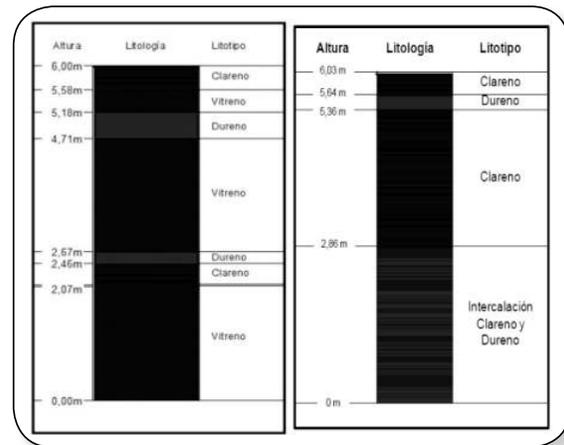


Figura 1. Ubicación puntos de muestreo en el manto 160

Fuente: (Gómez, J. M. et al., 2010)

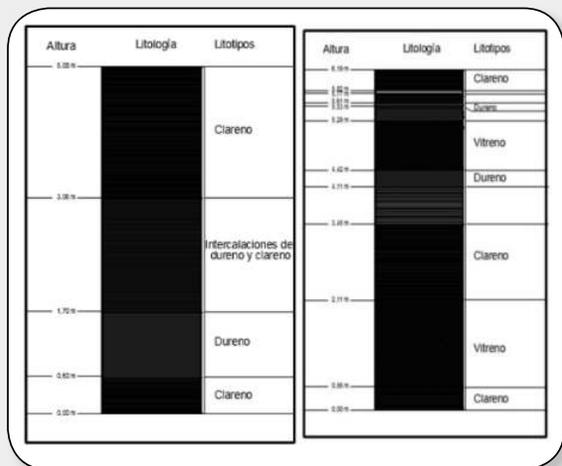


Estación OPM1

Estación OPM2

Figura 2. Columnas estratigráficas del manto 160 en las estaciones OPM1 y OPM2

Interpretación palinofacial partir de la identificación de la materia orgánica de los carbones del manto 160, bloque norte– Mina el Hatillo, departamento del Cesar.



Estación SMD1 Estación SMD2

Figura 3. Columnas Estratigráficas del manto 160 en las estaciones SMD1 y SMD2

Tabla 1. Toma de muestras estación OPM1

N° Muestras	Coordenadas			Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)	Litotipo	Rumbo
	N	E	H					
1	2E+06	1E+06	14	0	0,39	0,39	Clareno	N38E/60E
2	2E+06	1E+06	14	0,39	0,67	0,28	Dureno	
3	2E+06	1E+06	14	0,67	1,92	1,25	Clareno	
4	2E+06	1E+06	14	1,92	3,17	1,25	Clareno	
5	2E+06	1E+06	14	3,17	4,59	1,43	Clareno+dureno	
6	2E+06	1E+06	14	4,59	6,02	1,43	Clareno+dureno	

Fuente: (Quijano &Ramirez., 2011)[29]

Tabla 2. Toma de muestras estación OPM2

N° Muestra	Coordenadas			Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)	Litotipo	Rumbo
	N	E	H					
7	2E+06	1E+06	-32	0	0,42	0,42	Clareno	No determinado- pliegue
9	2E+06	1E+06	-32	0,42	0,82	0,4	Vitreño	
12	2E+06	1E+06	-32	0,82	1,29	0,47	Dureno	
13	2E+06	1E+06	-32	1,29	3,33	2,04	Vitreño	
5	2E+06	1E+06	-32	3,33	3,54	0,21	Dureno	
3	2E+06	1E+06	-32	3,54	3,9	0,36	Clareno	
2	2E+06	1E+06	-32	3,93	6	2,07	Vitreño	

Fuente: Quijano &Ramirez, 2011[29]

Tabla 3. Toma de muestras estación SMD1

N° Muestra	Coordenadas			Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)	Litotipo	Rumbo
	N	E	H					
1	2E+06	1E+06	-47	0	0,37	0,37	Clareno	N70E/SSE
2	2E+06	1E+06	-47	0,58	0,66	0,08	Dureno	
3	2E+06	1E+06	-47	0,9	1,77	0,87	Vitreño	
4	2E+06	1E+06	-47	1,77	2,08	0,31	Dureno	
5	2E+06	1E+06	-47	2,74	4,08	1,34	Clareno	
6	2E+06	1E+06	-47	4,08	5,63	1,55	Vitreño	

Fuente: Quijano &Ramirez, 2011 [29]

Tabla 4. Toma de muestras estación SMD2

N° Muestra	Coordenadas			Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)	Litotipo	Rumbo
	N	E	H					
4	2E+06	1E+06	41	0	2,2	2,2	Clareno	N65E/63E
3	2E+06	1E+06	41	2,2	4,1	19	Intercalaciones de dureno de 15 a 20 cm con clareno de 5 a 10 cm	
2	2E+06	1E+06	41	4,1	5,2	1,1	Dureno	
1	2E+06	1E+06	41	5,2	5,8	0,6	Clareno	

Fuente: Quijano &Ramirez., 2011[29]

Clasificación y conteo de la materia orgánica

Tyson [16] sugiere que un conteo ideal establece contar 500 partículas (cuando existe una alta diversidad de partículas de kerógeno) o 300 partículas (cuando el contenido orgánico es más homogéneo) por muestra. En este estudio se ha establecido un conteo de 300 partículas por muestra, tanto en luz blanca transmitida como en fluorescencia.

Para el análisis visual de las muestras se utilizó un microscopio de luz blanca transmitida y luz azul UV incidente (fluorescente) LeitzLaborlux S de la marca Leica, adaptado con una cámara moticom 2500, para la toma de microfotografías.

El conteo se realizó con ocular de aumento de 10X y objetivo de aumento de 20X, sobre el segmento más cercano (cubre objetos inferior, con partículas tamizadas en malla 20) y se registraron las partículas de tamaño superior a 10 micrómetros discriminadas por medio de una parrilla reticulada. En el caso de los palinomorfos con tamaño inferior a 10 µm son considerados equivalente a los de tamaño igual o superior a 10 µm [16].

Estadística

Los datos registrados luego de hacerse el conteo son promediados y luego normalizados, para poder representar las tendencias y la relación de cada componente en particular con respecto al total de las partículas contadas.

Posteriormente se procede al análisis de

clúster o agrupamiento, el cual tiene por fin agrupar un conjunto de observaciones en un número dado de clústeres o grupos. Este agrupamiento se basa en la idea de distancia o similitud entre las observaciones

En este estudio se aplicaron los *clúster* modo R (evaluación de componentes orgánicos (Kerógeno)), que nos permite evaluar el poder discriminatorio de cada uno de los componentes orgánicos presentes en las muestras y finalmente establecer la cantidad de Palinofacies del total de muestras analizadas, y clúster modo Q (agrupamiento de muestras) que revelan las diversas tendencias de los grupos de kerógeno. El análisis clúster modo-R fue realizado usando el software STATISTICA versión 7 (1984-2000); para el análisis clúster modo-Q se empleó el software libre PAST (Palaeontological STatistics), ya que este permite realizar el análisis de agrupamiento de las muestras con restricción estratigráfica.

Resultados y discusión

Cada conteo realizado en las diferentes placas palinológicas se normalizó para posteriormente ser sometidos al análisis de agrupamiento (modo-R) mediante el uso del software STATISTICA-7 (Figura4).

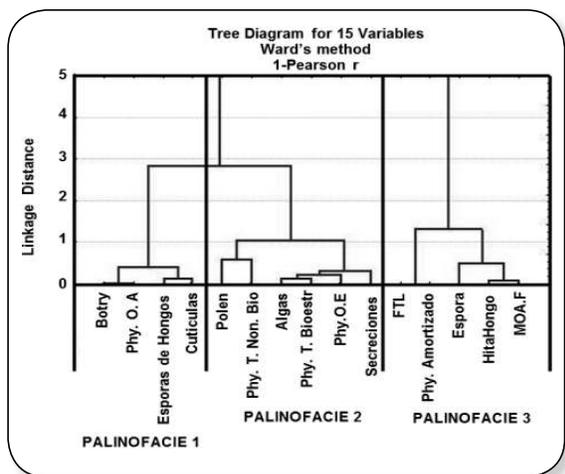


Figura 4. Dendrograma generalizado del análisis de palinofacies (modo R) de las 22 muestras analizadas.

Se obtuvieron tres palinofacies como se muestran en las figuras 6, 7, 8 y 9 se puede observar que solo la palinofacies 3 podría tener alguna influencia marina; las palinofacies 1 y 2 parecen estar influenciadas por sedimentos terrestres.

Palinofacies 1: Constituida por *Botryococcus*, fitoclastos amorfos aciculares, esporas de hongos y cutículas (Figura 5).

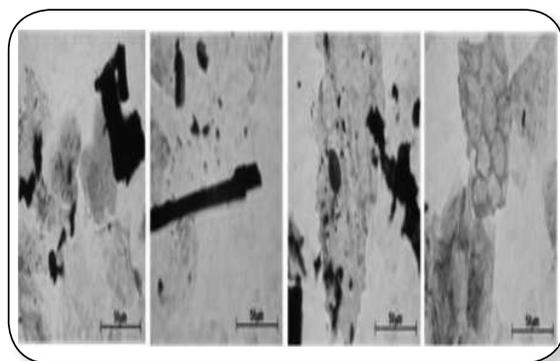


Figura 5. Constituyentes de la palinofacies 1.

Palinofacies 2: Constituida por granos de polen, fitoclastos traslucidos no bioestructurados, Algas, Fitoclastos traslucidos bioestructurados, Fitoclastos opacos equidimensionales y por secreciones (Figura 6).

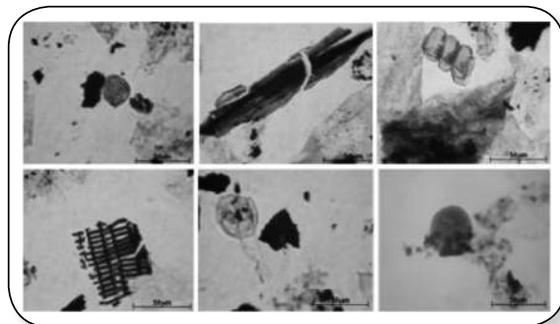


Figura 6. Constituyentes de la palinofacies 2.

Palinofacies 3: Constituida por foraminíferos, Fitoclastosamortizados, esporas, hifas de hongos y por materia orgánica amorfa fluorescente (Figura 7).

Interpretación palinofacial partir de la identificación de la materia orgánica de los carbones del manto 160, bloque norte– Mina el Hatillo, departamento del Cesar.

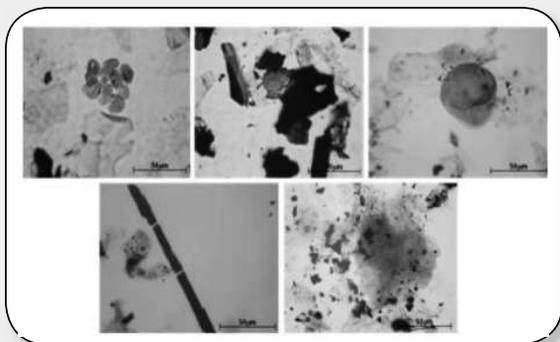
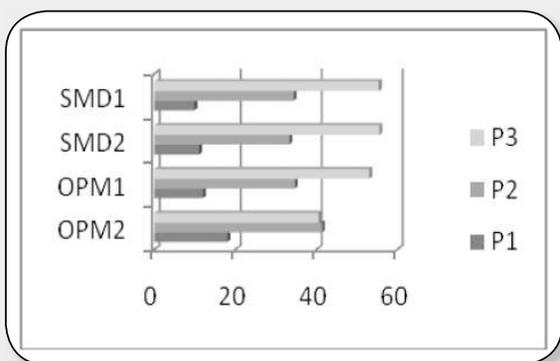


Figura 7. Constituyentes de la palinofacies 3

Palinofacies de las secciones SMD1, SMD2, OPM1 y OPM2

En la figura 8 se observa que en todas las secciones la palinofacies 3 predomina excepto en la sección OPM2, en ésta predomina la palinofacies 2. La palinofacies 1 está presente en todas sin ser predominante.



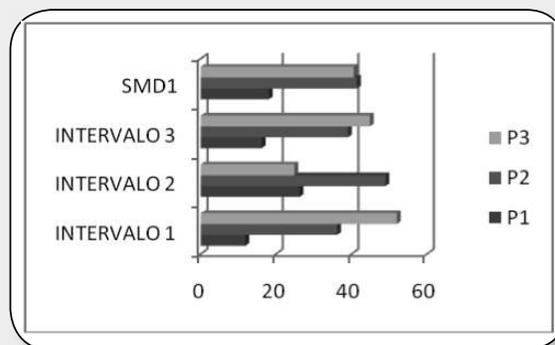
P1: Palinofacie 1. P2: Palinofacie 2. P3: Palinofacie 3. SMD1, SMD2, OPM1, OPM2 : Secciones.

Figura 8. Predominio de las palinofacies en las diferentes secciones.

Palinofacies para las secciones individuales.

Sección SMD1.

De acuerdo al dendograma de la figura 9 esta sección se divide en tres intervalos de acuerdo al grado de afinidad entre las muestras.



P1: Palinofacies 1. P2: Palinofacies 2. P3: Palinofacies 3. SMD1: Sección SMD1.

Figura 9. Predominio de las palinofacies en los intervalos de la sección SMD1.

Teniendo como referencia la sección SMD1 en las figuras 8, 9; se observa que en los intervalos 1, 3 predomina la palinofacies 3; solo en el intervalo 2 predomina la palinofacies 2. En el intervalo 2 igualmente predomina la palinofacies 1 (Figura 10).

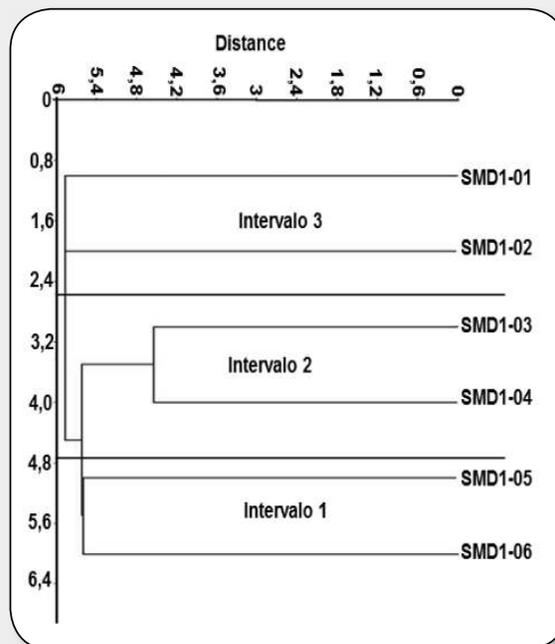
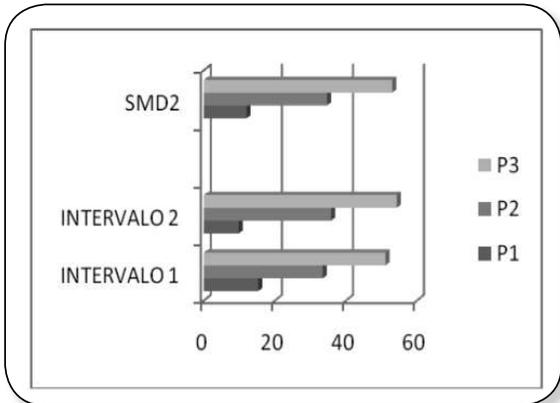


Figura 10. Clúster donde se integra el dendograma (modo-Q) y las palinofacies resultantes del dendograma (modo-R) del análisis Palinofacial de la sección SMD1.

Sección SMD2.

De acuerdo al dendograma de la figura

11, esta sección se divide en dos intervalos de acuerdo al grado de afinidad entre las muestras.



P1: Palinofacies 1. P2: Palinofacies 2. P3: Palinofacies 3. SMD2 Sección 2.

Figura 11. Predominio de las palinofacies en los intervalos de la sección SMD2.

Teniendo como referencia la sección SMD2 en las figuras 8,11; se observa que en el intervalo 2 predominan las palinofacies 2 y 3 (Figura 12).

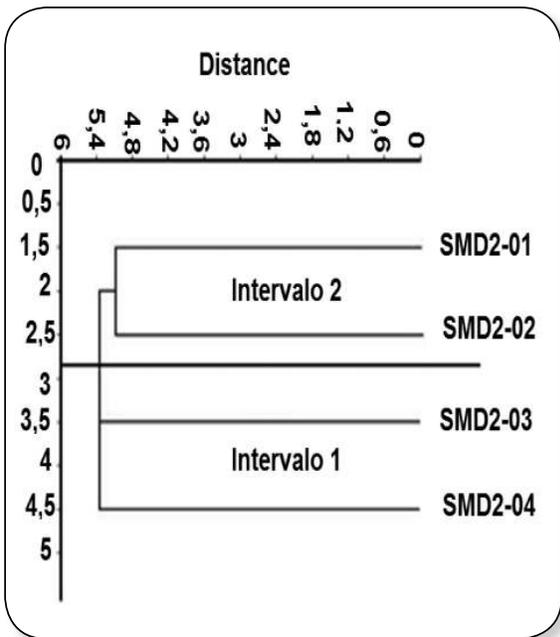
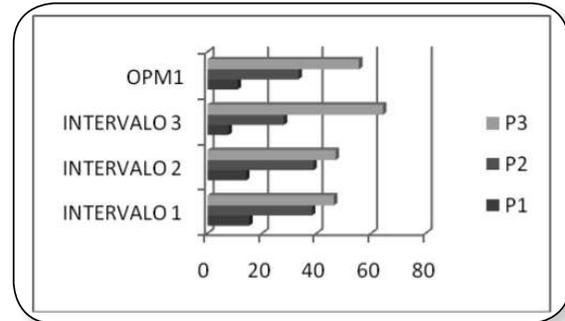


Figura 12. Clúster en el cual se integra el dendrograma (modo-Q) y las palinofacies resultantes del dendrograma (modo-R) del análisis Palinofacial de la sección SMD2.

Sección OPM1.

De acuerdo al dendrograma de la figura 13, esta sección se divide en tres intervalos de acuerdo al grado de afinidad entre las muestras.



P1: Palinofacies 1. P2: Palinofacies 2. P3: Palinofacies 3. OPM1: Sección 1.

Figura 13. Predominio de las palinofacies en los intervalos de la sección OPM1.

Teniendo como referencia la sección OPM1 en la figura 13, se observa que en el intervalo 3 predomina la palinofacies 3, en el intervalo 1 y 2 predomina la palinofacies 2. La palinofacies 1 se presenta en todos los intervalos sin ser relevante (Figura14).

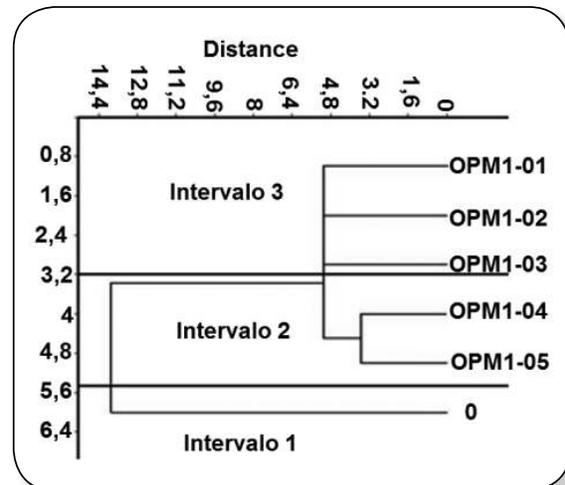
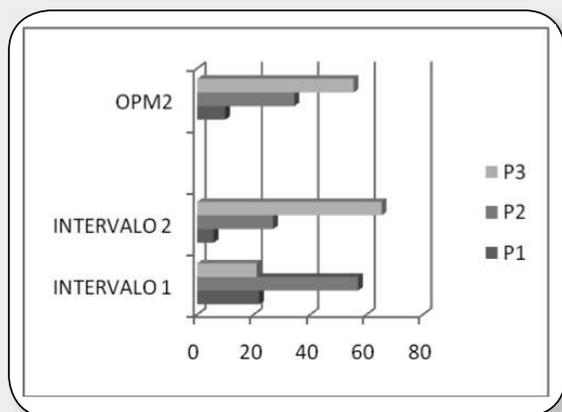


Figura 14. Clúster en el cual se integra el dendrograma (modo-Q) y las palinofacies resultantes del dendrograma (modo-R) del análisis Palinofacial de la sección OPM1.

Interpretación palinofacial partir de la identificación de la materia orgánica de los carbones del manto 160, bloque norte- Mina el Hatillo, departamento del Cesar.

Sección OPM2.

De acuerdo al dendograma de la figura 15, esta sección se divide en dos intervalos de acuerdo al grado de afinidad entre las muestras.



P1: Palinofacies 1. P2: Palinofacies 2. P3: Palinofacies 3. OPM2: Sección 2.

Figura 15. Predominio de las palinofacies en los intervalos de la sección OPM2

Teniendo como referencia la sección OPM2 en la figura 15 se observa que en el intervalo 2 predomina la palinofacies 3 y en el intervalo 1 predomina la palinofacies 2 (Figura 16).

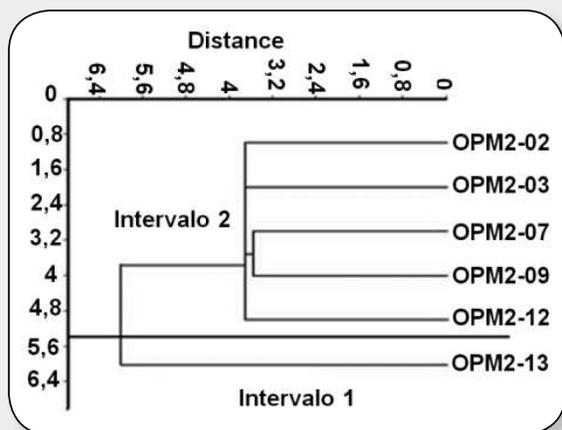


Figura 16. Clúster en el cual se integra el dendograma (modo-Q) y las palinofacies resultantes del dendograma (modo-R) del análisis Palinofacial de la sección OPM2

de deducir que la palinofacies 3 de influencia marina predomina en los intervalos 1 y 3 de la sección SMD1, en el intervalo 2 de la sección SMD2, en el intervalo 3 de la sección OPM1 y en intervalo 2 de la sección OPM2. Los demás intervalos de las diferentes secciones tienen influencias terrestres y podría hacerse correlaciones entre ellos.

Con la interpretación palinofacial y los litotipos encontrados en las columnas levantadas en los frentes muestreados para esta investigación, se plantea hipotéticamente una interpretación paleoambiental, correlacionándose los 4 frentes muestreados en el presente estudio. Estableciéndose ambientes de depositación de pantano de bosques húmedos, de bosques secos en condiciones reotróficas, en un ambiente donde el nivel freático se encuentra sobre la superficie de la turba y presencia de abundante aporte de nutriente; en condiciones mesotróficas, es decir con escasos aportes de nutrientes; en condiciones ombotróficas, su suministro nutricional proviene de precipitaciones atmosféricas, razón por la cual son pobres en nutrientes (Figura 17). No obstante para corroborar y precisar este planteamiento, se hace necesario realizar estudios de petrografía orgánica y análisis próximo e integrar esta información con la interpretación palinofacial que conduzca a un modelo paleoambiental del manto 160 que permita vislumbrar con mejor claridad si la variabilidad de la calidad del manto se encuentra relacionado a la fuente de la materia orgánica y a las condiciones de depositación.

Del análisis de los clúster y graficas se pue-

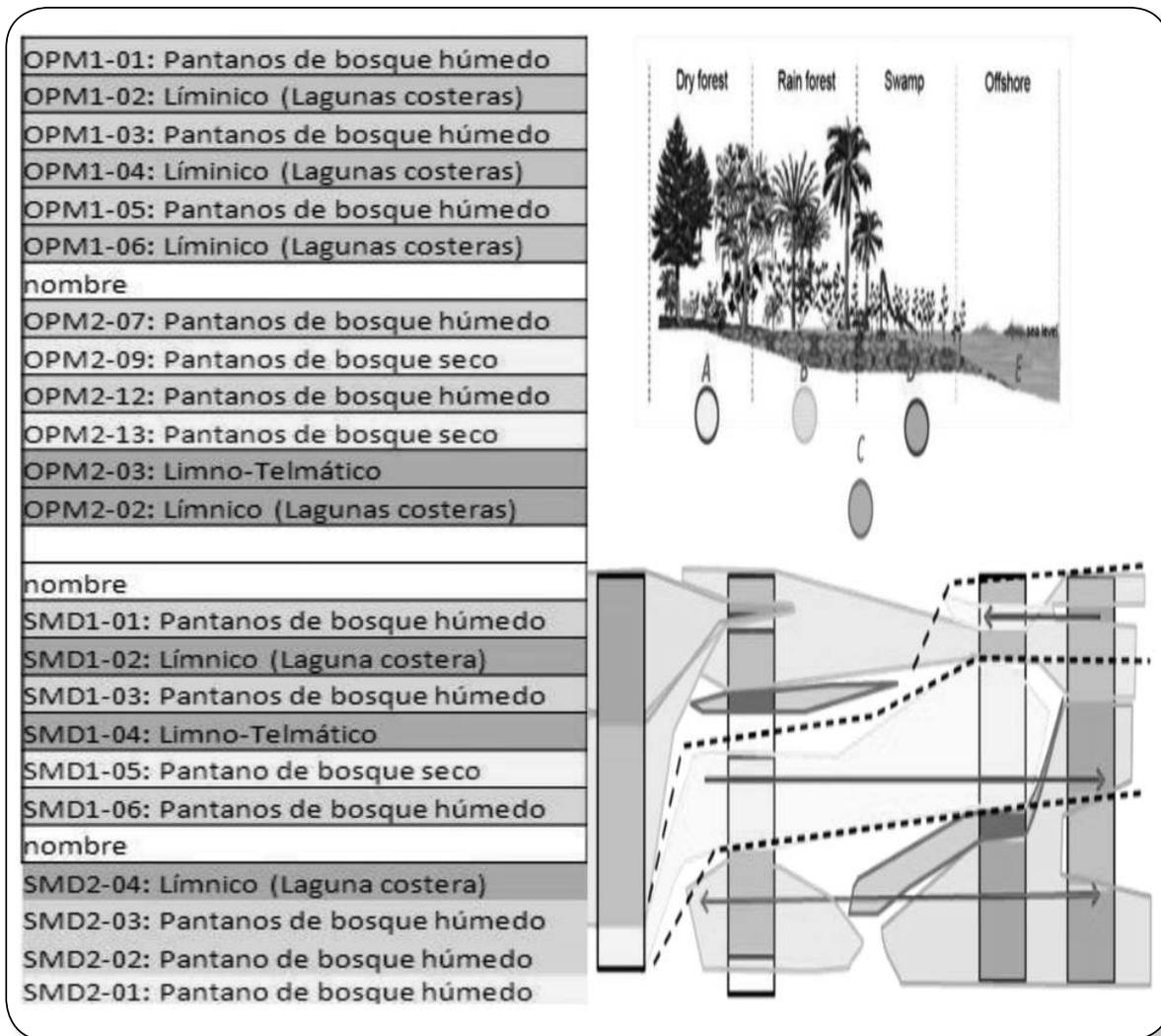


Figura 17. Interpretación paleo ambiental hipotética con base en los análisis palinofaciales y litotipos identificados.

Conclusiones

A partir de la metodología desarrollada y la técnica empleada se lograron identificar tres palinofacies caracterizadas así: palinofacies 1, constituida por *botryococcus*, fitoclastos amorfos aciculares, esporas de hongos y cutículas, relacionadas a ambientes lacustres estuaricos en zona de línea costera, palinofacies 2: constituida por granos de polen, fitoclastos traslucidos no bioestructurados, algas, fitoclastos traslucidos bioestructurados, fitoclastos opacos equidimensionales y por secreciones asociadas a ambiente continentales y palinofacies 3: constituida por foraminíferos, fitoclastosa-

morfizados, esporas, hifas de hongos y por materia orgánica amorfa fluorescente, indicando ambiente marino con fluctuaciones a continental debido a periodos de transgresiones y regresiones.

El análisis palinofacial de las muestras recolectadas en la estación SMD1, revelan que hacia la base del manto 160 predomina la palinofacies 3 y hacia el tope hay prevalencia de las palinofacies 3 y 2; en la estación de muestreo SMD2, hacia la base y el tope prevalece la palinofacies 3, en la estación OPM1 hacia la base hay predominio de la palinofacies 3, con presencia considerable de la palinofacies 2, en la estación OPM2, hacia la base hay do-

minio de la palinofacies 2 y hacia el tope de la palinofacies 3.

La integración de las palinofacies definidas por las columnas estratigráficas levantadas en las cuatros estaciones de muestreo permite precisar que el paleoambiente del manto 160 corresponde a un ambiente continental pantanoso de bosque húmedo y seco cercano a línea de costa con eventos importantes de fluctuaciones marinos someros transgresivos, evidenciando que los carbones de este manto se formaron cerca de la línea de costa con constantes periodos de transgresiones y regresiones, que generaban cuencas restringidas con ambientes anóxicos, que facilitaban la acumulación y sedimentación de azufre de ahí la variabilidad tanto vertical como lateral de la calidad de los carbones del manto 160 de la mina El Hatillo, hipotéticamente se plantea una interpretación paleoambiental que debe ser corroborado con estudios de petrografía orgánica y análisis próximos.

Referencias

- [1] Combaz, A., 1964. Les palynofacies. *Rev. Micropaleontol.* 7: p. 205-218.
- [2] Tyson, R.V., 1993. Palynofacies analysis. In: Jenkins, D.G. (Ed.), *Applied Micropaleontology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 153-191.
- [3] Carruthers, R. G., Caldwell, W., AND STEUART, D. R., 1912, *The Oil Shales of the Lothians*. HMSO, Edinburgh, 201 p.
- [4] Durand, B., Espitalie, J & Oudin, J.L., 1970. Analyse géochimique de la matière organique extraite des roches sédimentaires: III. Accroissement de la rapidité du protocole opératoire par l'amélioration de l'appareillages. *Revue de l'Institut Français Du Pétrole* 25: p. 1268-1279.
- [5] Lorente, M. A., & Ran, E. T. H. (EDS.), 1991. Open Workshop on Organic Matter Classification, Amsterdam. Hugo de Vries-Laboratory. 73 p.
- [6] Boulter, M. C., & Riddick, A., 1986. Classification and analysis of palynofacies from the Palaeocene sediments of the Forties Field. *Sedimentology* 33: p. 871-886.
- [7] Van Bergen, P. F., & Kerp, J. H. F., 1990. Sedimentary environments and palynofacies of a Triassic section in southern Germany. In: Fermont, J.J., Weegink, J.W. (Eds.), *International Symposium on Organic Petrology Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, vol. 45: p. 23-38.
- [8] Van Bergen, P., Janssen, N., Alferink, J., & Kerp, J., 1990. Recognition of organic matter types in standard palynological slides. In: Fermont, W.J.J., Weegink, J.W. (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Organic Petrology January 1990. Mededelingen-Rijks Geologische Dienst*, vol. 45: p. 9-21.
- [9] Van Der Zwan, C. J., 1990. Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore mid Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology* 62: p. 157-186.
- [10] Batten, D. J., 1996. Palynofacies. In: Jansonius, J., McGregor, D.J. (Eds.), *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, TX, p. 1011-1064.
- [11] Oboh-Ikuenobe, F. E., & Yepes, O., 1996. Palynofacies signatures of lithostratigraphic units at Site 959, ODP Leg 159 (Côte d'Ivoire-Ghana Transform Margin). *Palynology* 20: 250 p.
- [12] Oboh-Ikuenobe, F. E., 1996. Correlating palynofacies assemblages with sequence stratigraphy in Upper Creta-

- ceous (Campanian) sedimentary rocks of the Book Cliffs, east-central Utah. Geological Society of America Bulletin V. 108, N. 10: p. 1275-1294.
- [13] Oboh-Ikuenobe, F. E., Yepes, O & Odeh Leg 159 Scientific Party, 1997. Palynofacies analysis of sediments from the Côte d'Ivoire-Ghana Transform Margin: preliminary correlation with some regional events in the Equatorial Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129: p. 291-314
- [14] Oboh-Ikuenobe, F. E., Obi, C. G., & Jaramillo, C. A., 2005. Lithofacies, palynofacies, and sequence stratigraphy of Palaeogene strata in Southeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences* 41: p. 79-102.
- [15] Ercegovac, M., & Kostic A., 2006. Organic facies and palynofacies: Nomenclature, classification and applicability for petroleum source rock evaluation. *International journal of coal geology* 68: p. 70-78.
- [16] Tyson, R.V., 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies. Chapman and Hall, London. 615 p.
- [17] Gehmann JR., H. M., 1962. Organic matter in limestones. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 26: p. 885-897.
- [18] Lorente, M. A., 1990. Textural characteristics of organic matter in several subenvironments of Orinoco Upper delta. *Geologie en Mijnbouw* 69: p. 263-278.
- [19] Alpern, B., 1970. Classification pétrographique des constituants organiques fossiles des roches sédimentaires. *Rev. Inst. Fr. Pet.* 25: p. 1233-1266.
- [20] Farr, K. M., 1989. Palynomorph and palynodebris distributions in modern British and Irish estuarine sediments. In: Batten, D.J., Keen, M.C. (Eds.), Northwest European Micropalaeontology and Palynology. British Micropalaeontology Society Series. Ellis Horwood, Chichester, p. 265-285.
- [21] Boulter, M. C., 1994. An approach to a standard terminology for palynodebris. In: Traverse, A. (Ed.), Sedimentation of Organic Particles. Cambridge University Press, p. 199-216.
- [22] Tyson, R.V., 1996. Sequence-stratigraphical interpretation of organic facies variations in marine siliciclastic systems; general principles and application to the onshore Kimmeridge Clay Formation, UK. In: Hesselbo, S.P., Parkinson, D.N. (Eds.), Sequence Stratigraphy in British Geology. Geological Society Special Publications, vol. 103: p. 75-96.
- [23] Araujo, C. V., Condé, V. C., Botelho-Neto, J., Pedrão, E & Conceição, J. C. J., 1998. Palynofacies in a sequence stratigraphy context, an example of an upper Aptian section from Almada Basin, Brazil. The American Association of Petroleum Geologists, International Conference and Exhibition, Abstracts 82: p. 1886-1887.
- [24] Mendonça Filho J.G. 1999. Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânicas em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 254 p.
- [25] Carvalho, M. A., 1999. Preliminary results of palynofacies analysis of the upper Aptian succession of the Sergipe Basin, Brazil. *Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Serra Negra-SP*, p. 545-549.
- [26] Carvalho, M. A., Mendonça E, J. G & Menezes, T. R., 2006. Paleoenvironmental reconstruction based on palynofacies analysis of the Aptian–Albian

succession of the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. *Marine Micropaleontology* 59: p. 56-81.

- [27] Carvalho, M. A., Mendonca F, J. G & Menezes, T. R., 2006. Palynofacies and sequence stratigraphy of the Aptian–Albian of the Sergipe Basin, Brazil. *Sedimentary Geology* 192: p. 57-74.
- [28] Mendonça Filho, J. G., Carvalho, M. A., Menezes, T. R., 2002. Palinofácies. In: Dutra, T.D. (Ed.), *Técnicas e Procedimentos para Trabalho com Fósseis*, Organizadora. UNISINOS, p. 20-24.
- [29] Quijano, A., & Ramírez. M., 2011. Estimación de la variabilidad de la calidad del manto de carbón 160, mediante análisis geoestadístico. Bloque norte– mina El Hatillo, Departamento del Cesar, Trabajo de grado, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Minas, Fundación Universitaria del Área Andina, 113 Pag, Valledupar.
- [30] Gómez, J. M. (2010). Estudio de la Combustión Espontánea del Carbón Durante el Acopio en la Mina El Hatillo – Cesar. Fundación Universitaria del Área Andina, 121 pág.