

## VARIACIÓN VERTICAL DE LA CALIDAD Y CORRELACIÓN DE LOS MANTOS DE CARBÓN DEL MIEMBRO SABALETAS DE LA FORMACIÓN AMAGÁ

Astrid Blandón<sup>1</sup> & Georges Gorin<sup>2</sup>

1. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería de Materiales

2. University of Geneva, Department of Geology and Paleontology

*asblando@unalmed.edu.co, georges.gorin@terre.unige.ch*

Recibido para evaluación: 12 de Septiembre de 2007

Aceptación: 6 de Noviembre de 2007

Entrega de versión final: 30 de Noviembre de 2007

### Resumen

Para determinar la variación vertical de los mantos de carbón y las lutitas asociadas del Miembro Sabaletas de la Formación Amagá y establecer la correlación entre ellos, se muestrearon las asociaciones de litotipos (plies) en 8 mantos de carbón dentro de la cuenca estudiada. Se llevaron a cabo los siguientes análisis: Próximos, elementales, de pirólisis Rock-Eval, petrográficos en secciones pulidas, análisis de palinofacies y conteo de esporomorfos en secciones delgadas preparadas con un método palinológico adaptado para los carbones y lutitas asociadas, éstas últimas, se estudiaron con difracción de rayos X.

Los carbones son sub-bituminosos (materia volátil > 40% y  $R_o < 0.4$ ), tienen bajo contenido de cenizas (<5%), y son pobres en azufre (< 0.5%). Los plies de carbón tienen índices de hidrógeno que varían entre 64 y 443, S1 de pirólisis Rock-Eval entre 0.11 y 3.73 y S2 entre 40 y 289 mg HC/g. roca. Las muestras son ricas en vitrinita (>70%) y liptinitas (> 15%) y pobres en inertinita (< 5%).

Los resultados, muestran diferencias marcadas en los mantos de las minas estudiadas, sugiriendo que no existe correlación entre los denominados mantos 1, 2 y 3 de las minas Nechí y el Bloque, ni con los mantos 3 de las minas el Arenal y el Pontón.

*Palabras Clave:* Carbón, Formación Amagá, correlación, variación vertical.

### Abstract

In the Amaga Formation in order to determine the vertical variation in quality of coal seams and associated shales and to establish correlation between them; lithotype associations (plies) were sampled in eight coal seams of the Sabaletas Member.

The following investigations were carried out: proximate, ultimate and rock-eval pyrolysis analysis, petrographic analysis of polished sections, palynofacies and sporomorph analysis in slides prepared using a Schulze modified method for sub-bituminous coals and associated shales. Shales were studied with x ray diffraction.

Coals are sub-bituminous (VM > 40% y  $R_o < 0.4\%$ ), they have a low ash content (< 5%) and are poor in sulphur (< 0.5%). Coal plies have the following Rock-Eval pyrolysis parameters: HI varying between 64 and 443, S1 of between 0.11 and 3.73 and S2 between 40 and 289 mg HC/g. of rock. Petrographic data show that most samples are rich in vitrinite (> 70) and liptinite (>15%) and poor in inertinite (<5%).

Results are showing important differences in studied coals seams, which demonstrate that no correlation can be established between seams 1, 2 and 3 from the Nechí and El Bloque Mines, and between seams 3 from the El Arenal and El Pontón mines.

*Keywords:* Coal, Amaga Formation, correlation, vertical variation.

## 1. INTRODUCCION

Colombia cuenta con grandes reservas de carbón distribuidas en todo el territorio nacional cuyas variaciones en calidad son evidentes regionalmente, pero no a nivel de cuenca. En este sentido, el estudio detallado de la materia orgánica en carbones de bajo rango (sub-bituminosos) como los de la Formación Amagá en Colombia puede contribuir a entender las variaciones verticales y laterales en la calidad de los mantos de carbón. Por lo tanto estos carbones se convierten en un gran laboratorio que permite dilucidar algunas inquietudes acerca del origen y por ende plantear algunas metodologías que se pueden aplicar al estudio de los carbones en otras zonas del país y del mundo.

Se escogió la Formación Amagá de edad Paleogeno en el sector Amagá por las siguientes razones: aunque cubre un área pequeña y las reservas son pocas comparadas con otras zonas del país tales como la Cuenca Cesar-Ranchería, desde el punto de vista científico es importante ya que los carbones en este sector son de bajo rango (sub-bituminosos) y por lo tanto el estado de transformación y preservación de la materia orgánica permite aproximarse al tipo de ambiente y de vegetación que prevaleció durante la acumulación de la turba; además éstos carbones presentan alta variabilidad vertical y lateral; razón por la cual se seleccionaron varias minas distribuidas hacia el norte y centro del sector (Fig. 1) en donde los mantos tienen los mismos nombres, pero no se sabe si realmente son correlacionables.

Los resultados de los análisis de los mantos totales no dan la información necesaria

para hacer las correlaciones para verificar la continuidad o no de los mantos. Debido a que un manto normalmente representa un tiempo grande de deposición (1000 años para 10 cm de carbón) que implica variaciones importantes en el clima y por ende en el tipo de materia orgánica que se deposita. Por esta razón se plantea la necesidad de hacer el estudio detallado de la variación vertical de los mantos de carbón para poder establecer y esclarecer como se deposita la materia orgánica a través del tiempo, y las implicaciones que esto tiene en la calidad del carbón.

Los objetivos de este trabajo son: estudiar la materia orgánica sedimentaria presente en los carbones y rocas asociadas con el fin de establecer la gran variación de materia orgánica y de materia mineral en los carbones y las implicaciones que esto tendría en la explotación y beneficio de los carbones; y a nivel más local, dilucidar la correlación o no de los mantos de carbón en una región donde la tectónica complica las correlaciones de campo.

## 2. METODOLOGÍA

Se tomaron 8 mantos de las minas El Bloque, Nechi, El Arenal y el Pontón, pertenecientes al Miembro Sabaletas de la Formación Amagá, Figura 1.

Los mantos macroscópicamente se subdividieron en plies (Thomas, 2002) y se muestrearon en forma de canal el techo, el piso, el manto y las intercalaciones presentes. A las muestras se les efectuaron análisis próximos, elementales, pirólisis Rock-Eval, microscopía en luz reflejada y transmitida normal y reflejada fluorescente, se extrajo el bitumen y se hizo la cromatografía líquida de los extractos obtenidos. Además se hizo la difracción de rayos x de la mayoría de las lutitas, y se analizaron algunas de las muestras en microscopía electrónica.

En este estudio, el análisis de palinofacies se desarrolló e implementó para carbones de bajo rango como los de la Formación Amagá (Blandón et al, 2007), pero también se puede aplicar para carbones colombianos de un rango mayor (Guajira, Cesar etc).

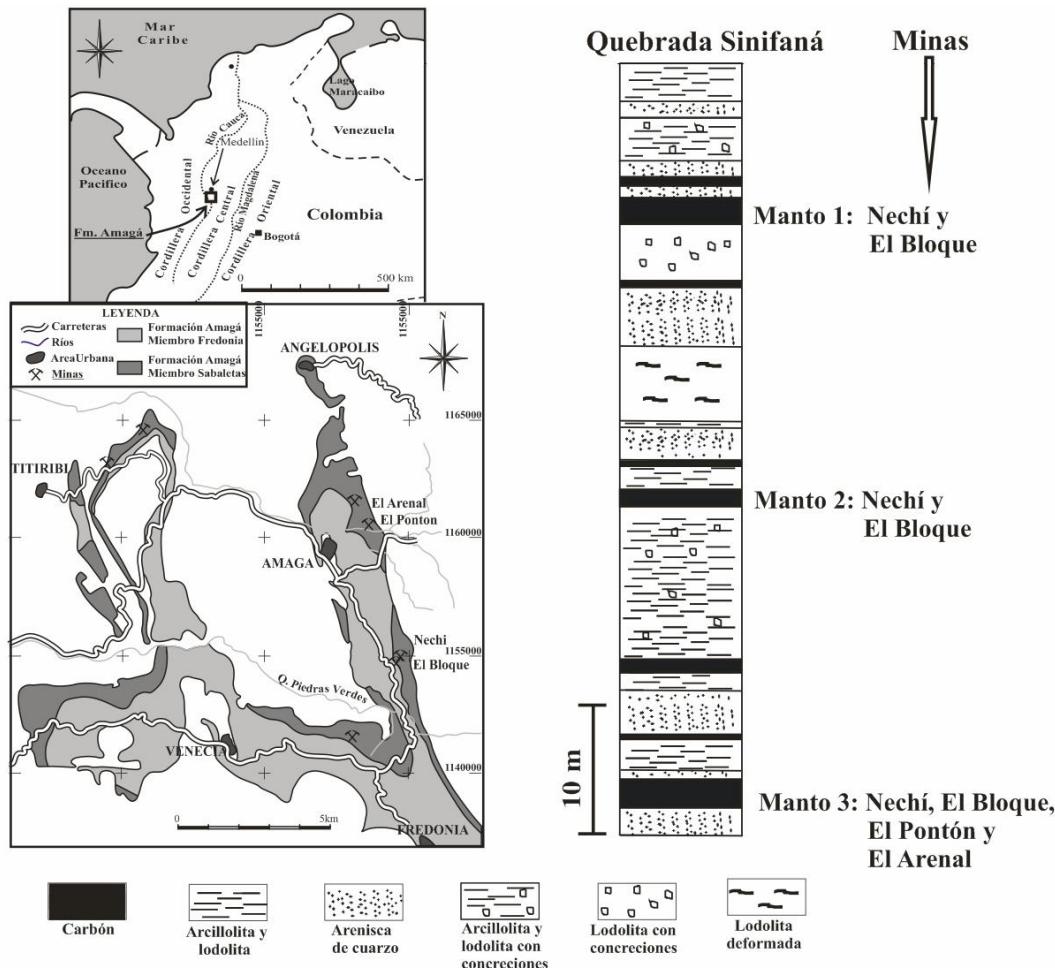


Figura 1. Mapa de localización y columna estratigráfica de la zona estudiada (modificada de INGEOMINAS y MINERCOL, 2004).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Variaciones de la materia orgánica y de la materia mineral en los carbones y las implicaciones en la explotación y beneficio de los carbones

Los mantos de carbón de la Formación Amagá debido a que normalmente son delgados ( $< 3$  m, Figura 1), se explotan en muchos de los casos de una manera artesanal, tratando de eliminar al máximo la contaminación proveniente del piso y del techo de los mantos. Dichos carbones se usan principalmente como combustible para generar energía en las distintas empresas de textiles, bebidas, papel etc. de la ciudad de Medellín y del departamento del Valle, donde ellos son llevados.

El estudio en muestras de mantos totales permite concluir acerca de rasgos generales dentro de una misma columna estratigráfica, ya que los resultados están más influenciados por el rango del carbón que por la composición de la materia orgánica, mientras que las muestras de plies indican las variaciones en las condiciones de deposición.

La metodología empleada en este trabajo para estudiar detalladamente los mantos de carbón permitió establecer que en la mayoría de los mantos el contenido de azufre se incrementa hacia el techo de los mantos, mientras que hacia la base los porcentajes son normalmente bajos ( $<0.5\%$ , Figura 2). El aumento de azufre hacia el techo indica una evolución hacia un paleoambiente más reductor. Esta información sería de gran ayuda para los pequeños mineros, ya que podrían extraer el carbón sin incluir la parte del techo que es la que tiene mayor porcentaje de azufre.

Conocer detalladamente el comportamiento de la materia orgánica, y de la materia mineral, Figuras 2 y 3, permite buscar nuevas perspectivas en el uso de los carbones, ya que se podrían tener carbones con características especiales que no es fácil de obtener cuando se trabajan muestras de mantos totales.

Es normal encontrar en todos los mantos plies con

características totalmente opuestas y localizados contiguamente o muy cercanos. Esto permite afirmar que existe gran variabilidad tanto horizontal como vertical en los mantos estudiados a escalas pequeñas, Figura 3. Por lo tanto se hace necesario tener mucho mayor cuidado durante las labores de explotación y beneficio del carbón.

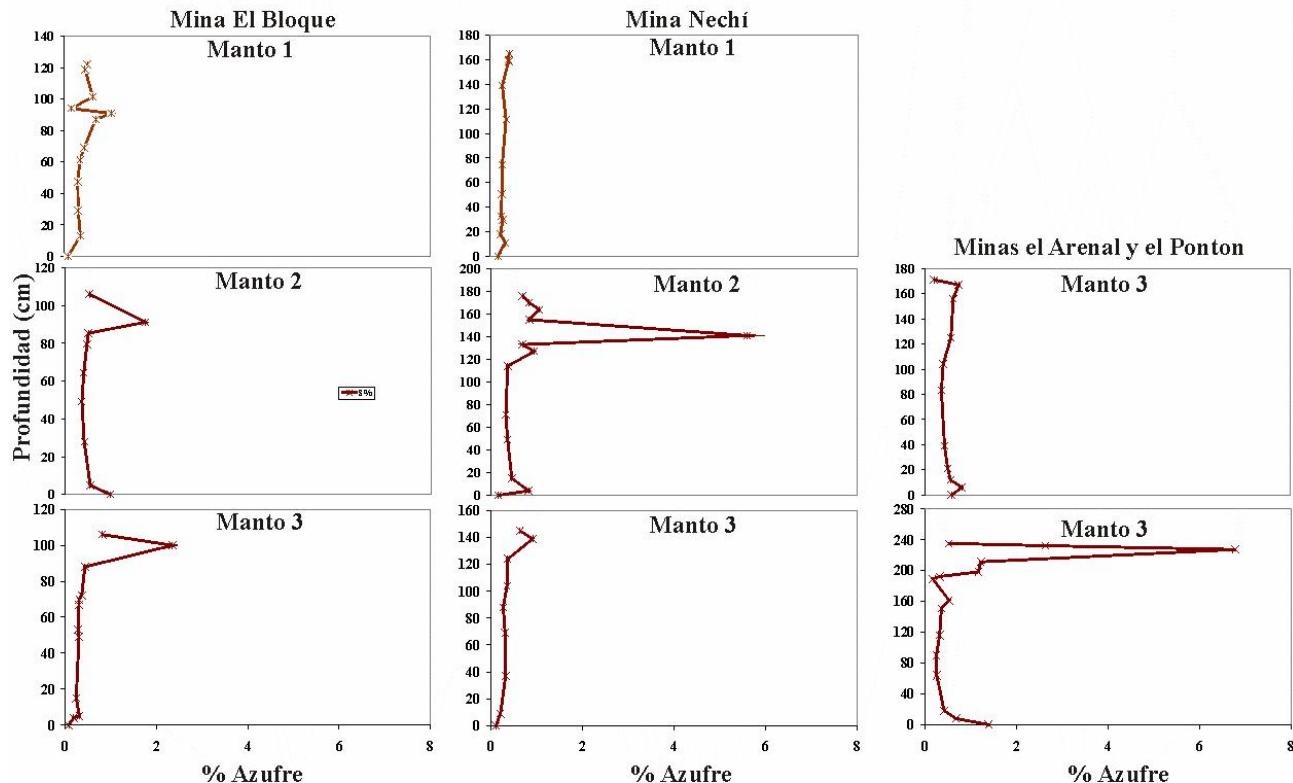


Figura 2. Variación vertical del contenido de azufre de los mantos estudiados

Para el lavado del carbón, conocer en que zonas del manto y como se encuentran concentrados los minerales (asociados o no a la materia orgánica y en que tamaño), ahorraría mucho dinero, puesto que durante la explotación es posible separar dichas zonas para darles un tratamiento diferente. Mientras que en gran parte del manto no se necesitaría ningún proceso de beneficio,

ya que en la mayoría de los casos se trata de carbones con bajos contenidos de azufre (<0.5%) y de cenizas (< 5%, Figuras 2 y 4). En la figura 4 se tienen valores altos de ceniza para las rocas del piso y el techo de los mantos de carbón; que corresponden básicamente a lutitas, limolitas y arcillolitas.

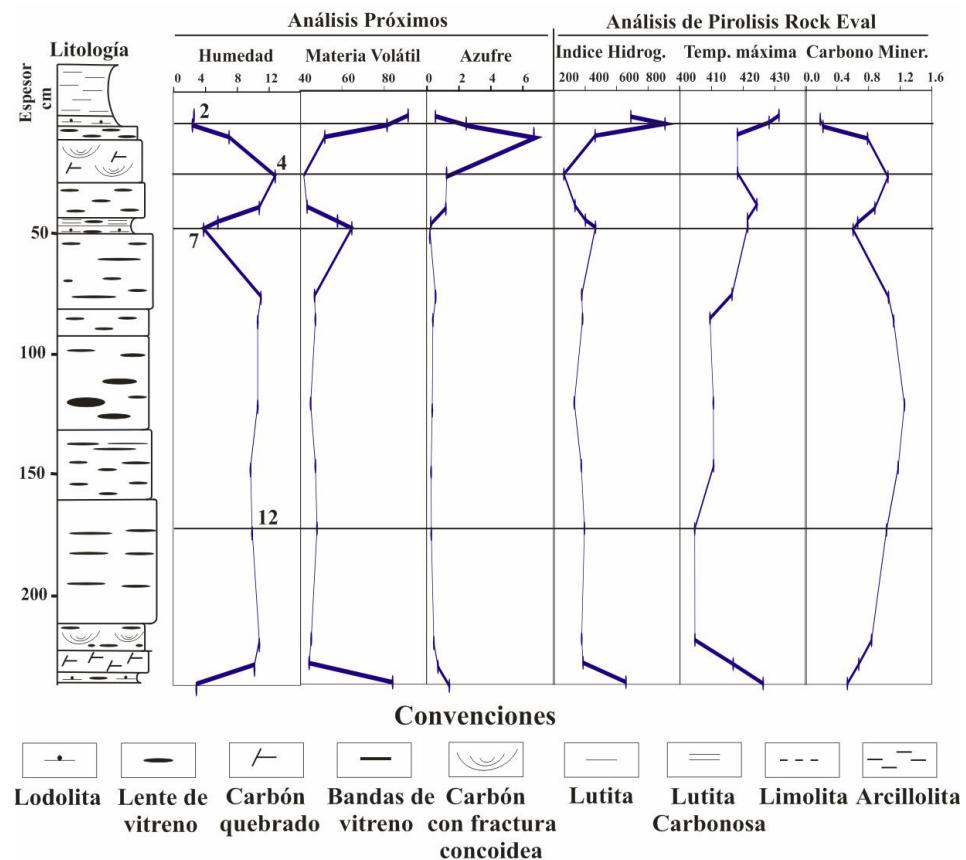


Figura 3. Variación vertical de la calidad en el manto 3 de la mina El Pontón.

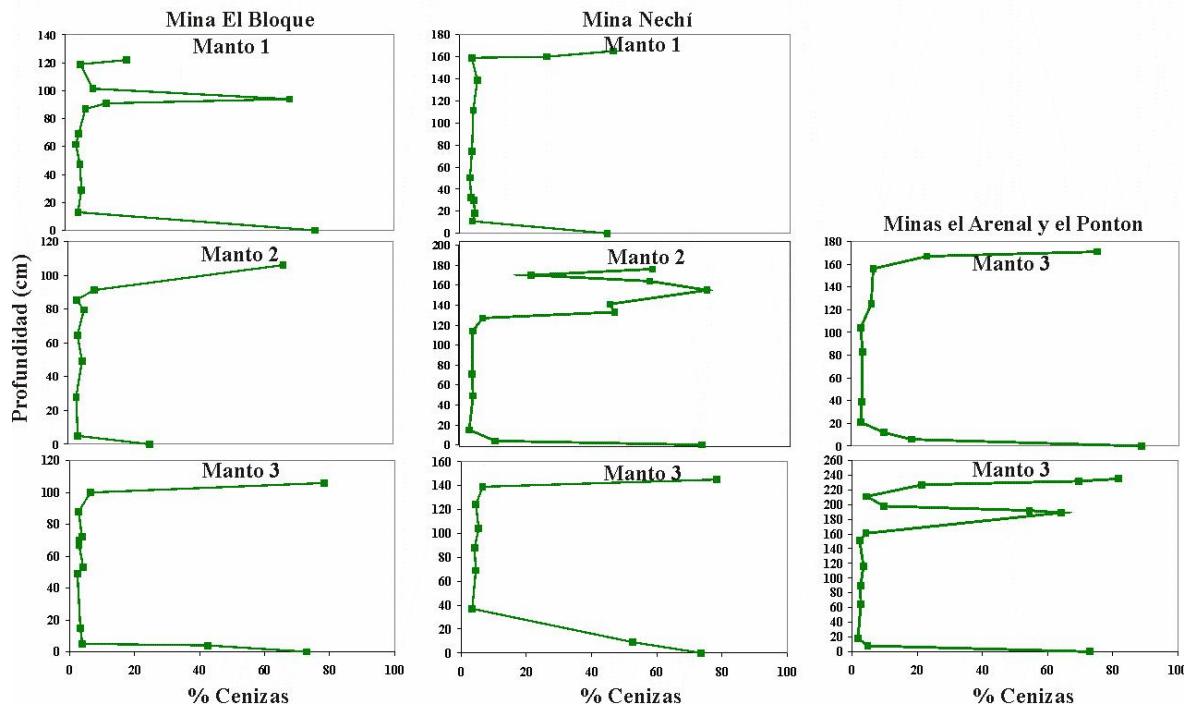


Figura 4. Variación vertical del contenido de cenizas de los mantos estudiados.

### 3.2. Correlación local de los mantos de carbón

Una de las inquietudes a resolver es la correlación o no de los mantos de carbón, y determinar cuales de los análisis y que parámetros serían más útiles a la hora de hacer las correlaciones, pero como algunos mantos presentan intercalaciones de lutitas carbonosas y otros no y teniendo en cuenta que dichas intercalaciones estarían representando variaciones laterales de facies, se analizaron por separado los mantos con el mismo nombre y sólo se tuvieron en cuenta para el análisis estadísticos los plies de carbón.

Aunque se hicieron las correlaciones con todos los análisis y para todos los mantos, sólo se presentará la metodología para el manto 1 de las minas El Bloque y Nechí.

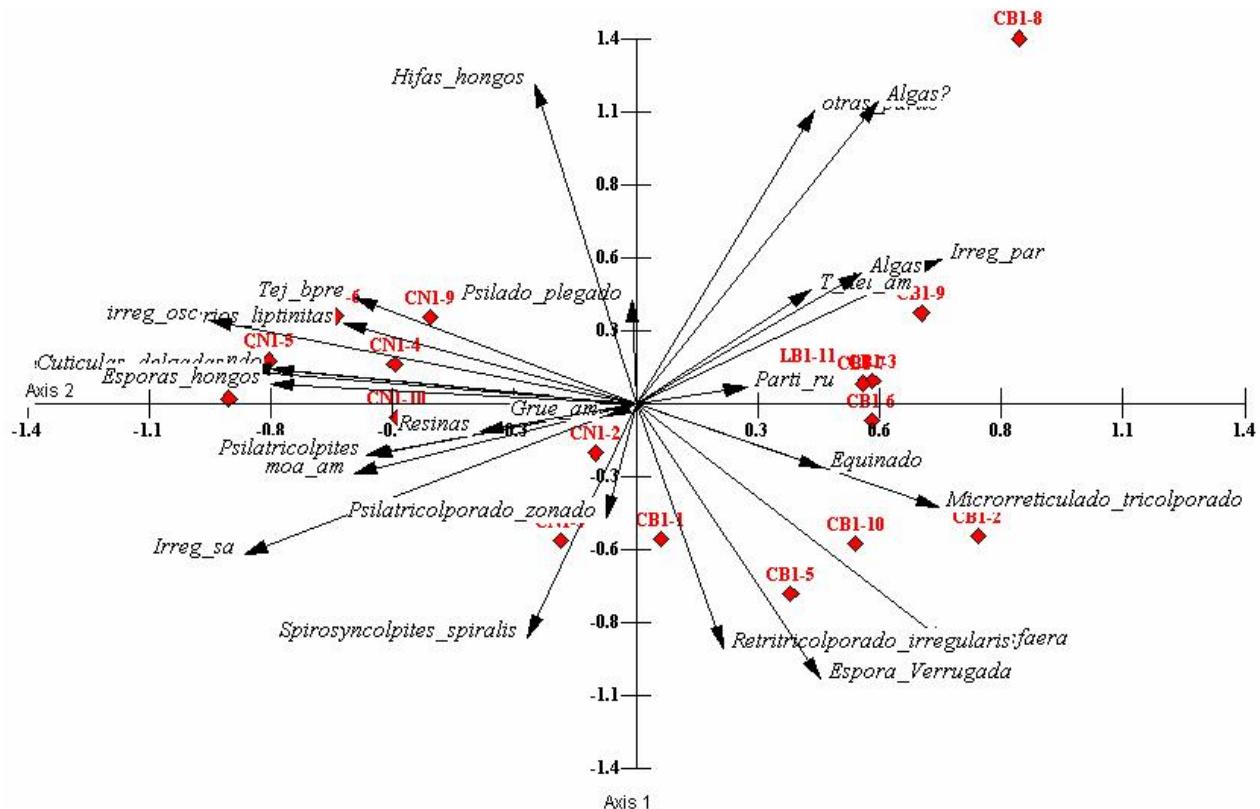
Considerando que los análisis de palinofacies y de esporomorfos dan información mucho más detallada, aparte del gráfico biplot, también se tiene el dendrograma para

corroborar o no lo observado en el primer gráfico y se tendrán en cuenta para la siguiente discusión.

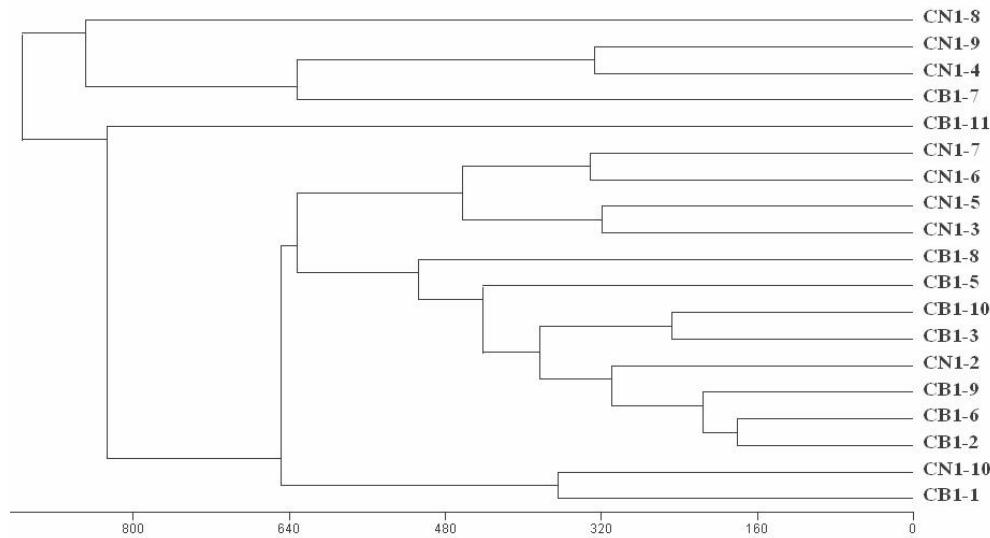
#### 3.2.1. Correlación del manto 1 de las Minas El Bloque y Nechí

##### Análisis de palinofacies

Los resultados de palinofacies (Figura 5) separan completamente en el lado derecho las muestras del M1 de la Mina El Bloque, en donde una de las variables importantes es la espora verrugada y en el lado izquierdo las del M1 de la mina Nechí, en donde las partículas irregulares de superficie rugosa son las más importantes, confirmando que estos dos mantos son diferentes. De la misma manera el cluster (Figura 6) demuestra el agrupamiento de las muestras de las dos minas, ya que existen varios grupos, pero en cada uno de ellos se encuentran muestras de un mismo manto, separadas de las del otro.



**Figura 5.** Análisis en componentes principales de los resultados de palinofacies del manto 1 de las minas El Bloque (CB) y Nechí (CN).

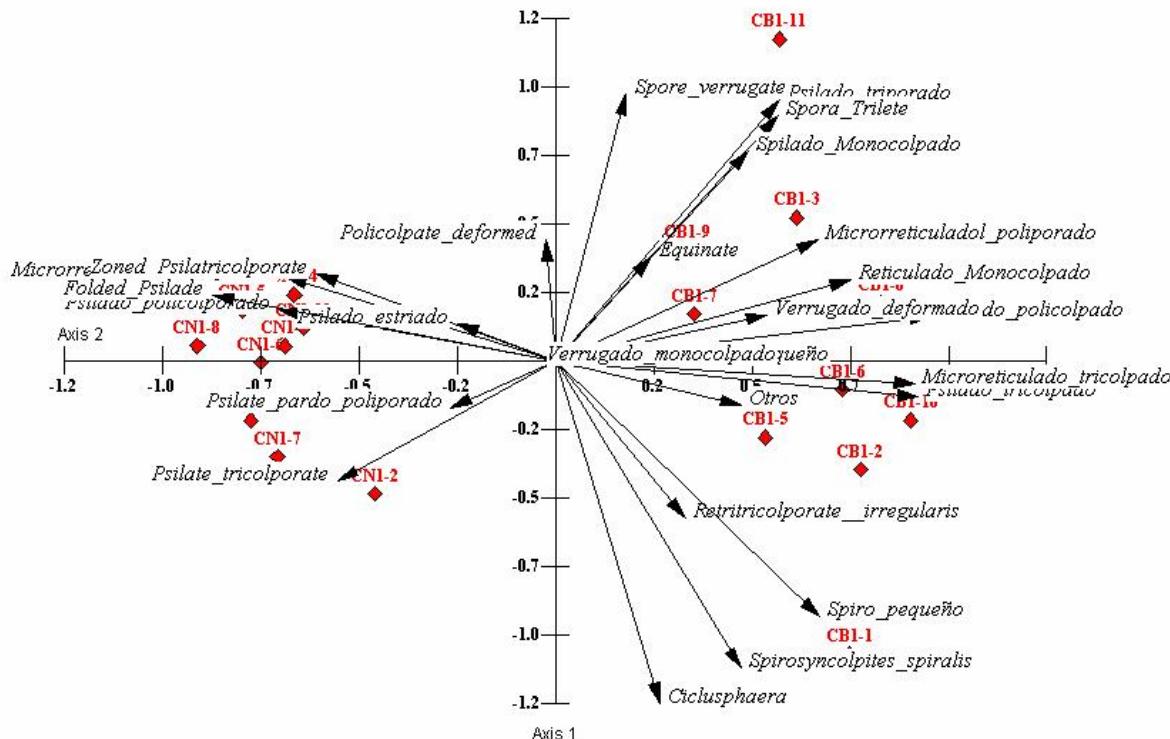


**Figura 6.** Dendograma de las muestras del manto 1 de las minas El Bloque (CB) y Nechi (CN) utilizando resultados de palinofacies

## Análisis de esporomorfos

Los resultados de los esporomorfos de los mantos 1 de las minas El Bloque y Nechi, permiten diferenciarlas en dos sectores muy distintos de la gráfica en componentes principales: las muestras de la mina El

Bloque, se ubican en el lado derecho y las de la mina Nechi en el lado izquierdo, confirmando de nuevo que estos dos mantes presentan características distintas y por lo tanto no son los mismos (Figura 7). El cluster de la Figura 8 igualmente muestra el agrupamiento hecho,



**Figura 7.** Análisis en componentes principales de los resultados de esporomorfos del manto 1 de las minas El Bloque (CB) y Nechi (CN).

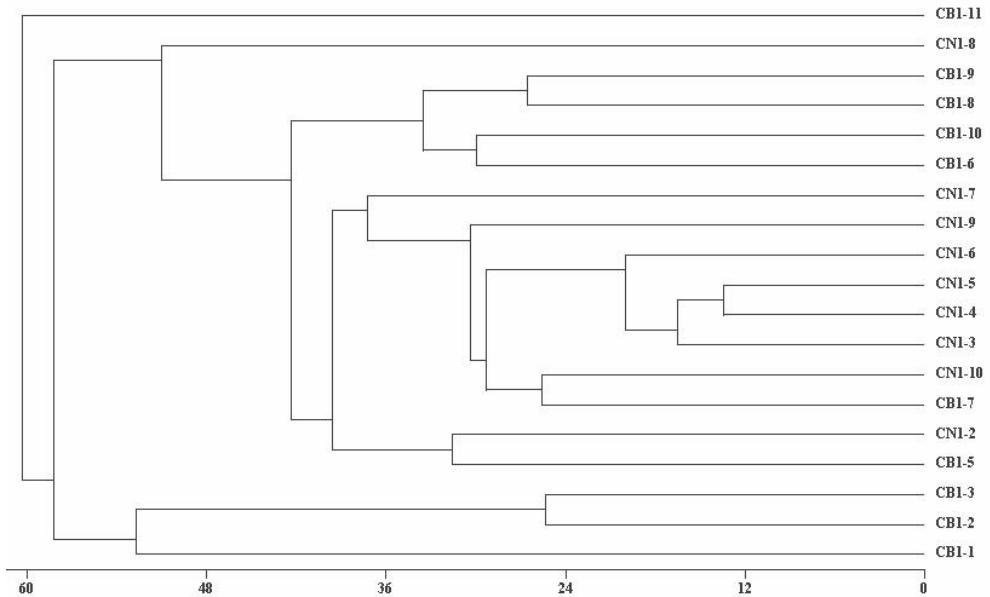


Figura 8. Dendrograma de las muestras del manto 1 de las minas El Bloque (CB) y Nechi (CN) utilizando resultados de esporomorfos

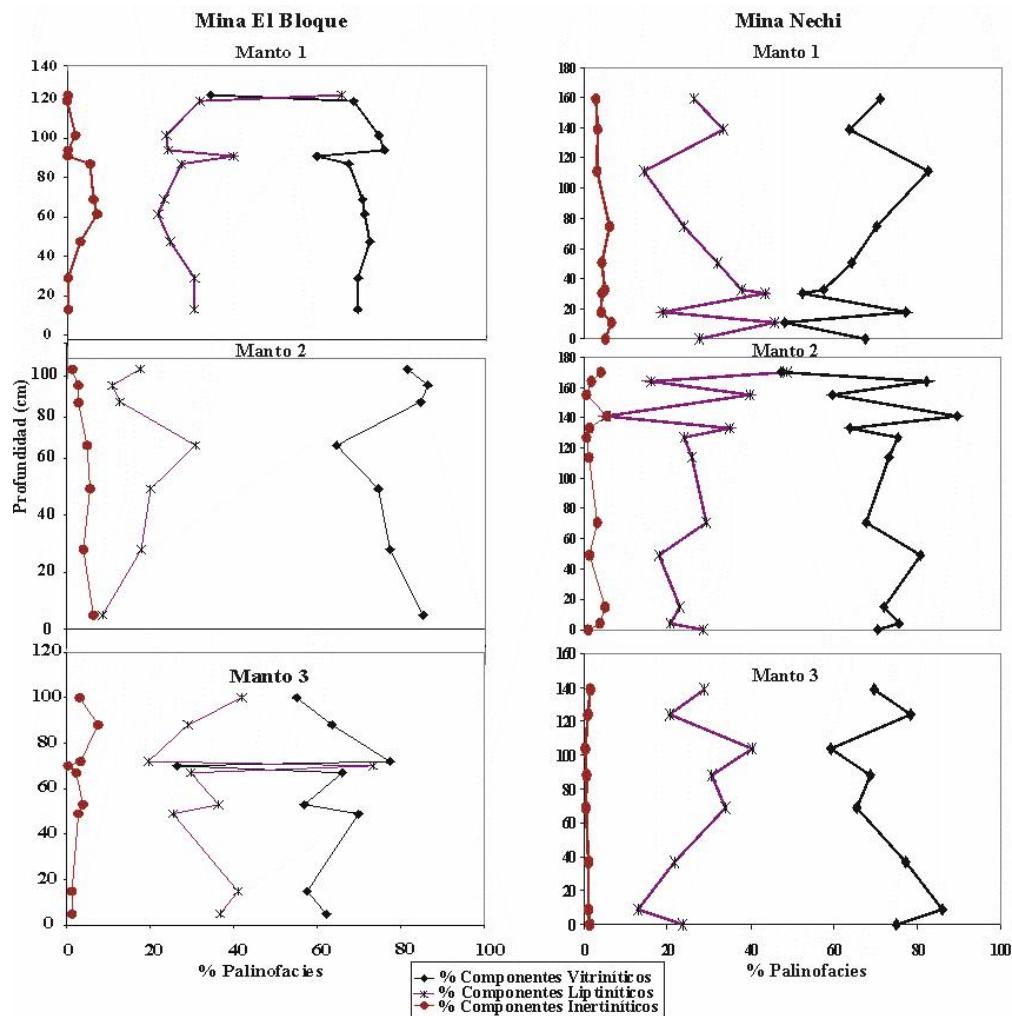


Figura 9. Variación vertical de las palinofacies para los mantos 1, 2 y 3 de las minas El Bloque y Nechí.

solo hay dos muestras que comparten características similares. De igual manera, se ve que el M1 EB presenta más esporomorfos que M1 N, lo cual es claro de los conteos efectuados.

De otro lado, mientras que en la mina el Bloque se observa incremento del contenido de clorita hacia el techo de la secuencia, en la mina Nechi este incremento es hacia la base, confirmando de esta manera la hipótesis de que manto 1 Nechi y el Bloque se encuentran invertidos. Además se observa alta variabilidad tanto vertical como lateral.

De igual manera al comparar los gráficos de los resultados de palinofacies de los mantos 1, 2 y 3 de las minas El Bloque y Nechi, se puede observar que presentan características distintas, confirmando que dichos mantos no son los mismos, (Figura 9).

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1. Explotación y beneficio de los carbones

La metodología empleada en este trabajo para estudiar detalladamente los mantos de carbón permitió establecer que en la mayoría de los mantos el contenido de azufre se incrementa hacia el techo de estos, mientras que hacia la base los porcentajes son normalmente bajos (<0.5%). Esta información sería de gran ayuda para los pequeños mineros, ya que podrían extraer el carbón sin incluir la parte del techo que es la que tiene mayor porcentaje de azufre, además sería muy beneficioso para las empresas

consumidoras de este carbón, porque aparte de no contaminar el ambiente con óxidos de azufre, disminuirían los problemas de corrosión en las calderas.

### 4.2. Correlación de los mantos

Se comprueba que los análisis de palinofacies dan información mucho más detallada que permite discernir acerca de la similitud o no de un manto de carbón, por esta razón con los análisis de palinofacies y esporomorfos se concluye que los mantos de carbón analizados son diferentes o existen variaciones importantes en las condiciones de deposición no solo verticalmente sino también lateralmente.

Los datos de pirolisis están indicando diferencias marcadas en los mantos de las minas estudiadas, sugiriendo que no existe correlación entre los denominados mantos 1, 2 y 3 de las minas Nechi y el Bloque, ni con los mantos 3 de las minas el Arenal y el Pontón. Es normal encontrar en todos los mantos plies con características totalmente opuestas y localizados contiguamente o muy cercanos. Esto permite afirmar que existe gran variabilidad tanto horizontal como vertical en los mantos estudiados a escalas pequeñas.

Los resultados de los minerales arcillosos también presentan alta variabilidad tanto vertical como lateral y permiten mostrar que los mantos 1 de las minas Nechi y el Bloque se encuentran invertidos. Las diferencias químicas, petrográficas y palinológicas están influenciadas por las condiciones en el ambiente de deposición de la turba, y estas herramientas resultan ser útiles como elementos de correlación y diferenciación de los distintos mantos de carbón.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Nacional Suizo de Investigación (proyectos no. 2000-068091 y 200020-112320) y a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (DIME) por el aporte financiero para el desarrollo de este proyecto. A todas las personas que colaboraron en la ejecución del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]Blandón M. A., Parra S. N., Gorin Georges y Arango F., 2007. Adapting palynological preparation methods in bituminous and subbituminous coals from Colombia to improve palinofacies and hydrocarbon source rock evaluations. International Journal of coal geology. (in press).
- [2]INGEOMINAS y MINERCOL, 2004. El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. Bogotá, 470 P.
- [3]Thomas, L. 2002. Coal Geology. John Wiley & Sons Ltd (ed.), England. 384 P.

