

Geology, lithostratigraphy, determination of the quality and classification of carbones of Espino-Boyacá, Colombia

Jenny Esmeralda Velandia-Tarazona ^a, María Esther Rivera ^b, Jesús Ramón Delgado-Rodríguez ^b
& Jorge Marco Monroy-Gallo ^c

^a Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá, Tunja Colombia. jesmeralda_89@hotmail.com

^b Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona, Colombia.

maes@unipamplona.edu.co, jramondr@hotmail.com

^c Geólogo Independiente. monroygeologo@hotmail.com

Received: May 29th, 2015. Received in revised form: November 1th, 2015. Accepted: March 25th, 2016.

Abstract

Presents information about geology, lithostratigraphy and the composition of the coal found in the stage of exploration in the area of contract FJS-112 of mine NATAGAYMAS, municipality of El Espino-Boyacá, Colombia. There was recopilation and bibliographical review for geological – mining studies for coal mining area of the municipality of El Espino, and preliminary recognition of the zone of study visits, the collection and review of geological studies - locating outcrops of coal of the Guaduas formation (Ktg). Regional and local information was collected in the field. Sampling of the robes of interest was conducted according to the norms established by ECOCARBON Ltda. Geological mapping with its geological profiles in which the trace of the robes of coal found was developed. Calculate of the resources was according to the ECOCARBON norms

Keywords: coal formation; mine; stratigraphy; polygon; manto; coal resources; NATAGAYMAS.

Geología, litoestratigrafía, determinación de la calidad y clasificación de carbones de El Espino-Boyacá, Colombia

Resumen

Se presenta información sobre la geología, litoestratigrafía y la composición de los carbones encontrados en la etapa de exploración en el área del contrato FJS-112 de la Mina NATAGAYMAS, municipio de El Espino-Boyacá, Colombia. Se realizó la recopilación y revisión bibliográfica de estudios geológico - mineros para el área carbonífera del Municipio El Espino, y visitas preliminares de reconocimiento de la zona de estudio, localizando afloramientos de carbón de la Formación Guaduas (Ktg). En el trabajo de campo se recolectó información regional y local. El muestreo de los mantos de interés se realizó de acuerdo a las normas establecidas por ECOCARBON LTDA. Se elaboró la cartografía geológica con sus perfiles geológicos en los cuales se ubicó la traza de los mantos de carbón encontrados. Se calcularon los recursos siguiendo las normas establecidas por ECOCARBON.

Palabras clave: Formación carbonífera; mina; estratigrafía; polígono; manto; recursos carboníferas; NATAGAYMAS.

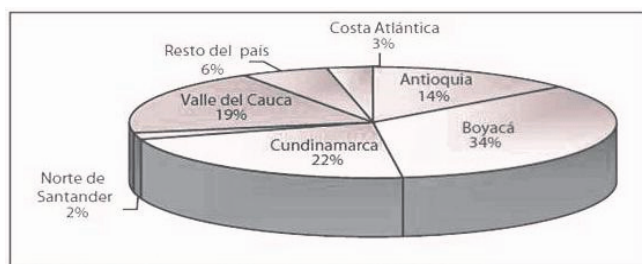
1. Introducción

El carbón, aunque un material complejo, es una roca sedimentaria organógena o biogénica acumulada como turbera conjuntamente con minerales, gases y agua. Está formado por distintos tipos de constituyentes orgánicos a nivel macro y microscópico (macerales), los cuales provienen de tejidos

vegetales y exudados que se incorporan al ambiente sedimentario donde son depositados [1,2].

El origen de los carbones es palustre o paludal; es decir, pantanos o cuerpos de agua dulce, salobre o salada de poca profundidad, acompañados de clastos finos y con una vegetación relativamente densa e importante en el proceso depositacional [3].

How to cite: Velandia-Tarazona, J.E., Rivera, M.E., Delgado-Rodríguez, J.R. & Monroy-Gallo, J.M., Geología, litoestratigrafía, determinación de la calidad y clasificación de carbones de El Espino-Boyacá, Colombia. Boletín de Ciencias de la Tierra, (40), 16-23, 2016.



Fuente: Memorias al Congreso Nacional 2004-2005. 2005*: Provisional

Figura 1. Consumo de Carbón en Colombia, 2005.
Fuente: [4].

Colombia cuenta con un potencial de recursos y reservas calculado de 16.992,8 Mt de las cuales 7.063,6 Mt son medidos, 4.571,9 Mt son indicados, 4.237,4 Mt son inferidos y 1.119,8 Mt son hipotéticos [4]. El principal mercado para el consumo mundial de carbón ha sido Alemania, Holanda, Dinamarca, Estados Unidos y el Reino Unido [5]. Colombia tiene inmensos recursos de carbón en las tres cordilleras especialmente en la Oriental. Posee minas en los departamentos de Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Norte de Santander y Valle.

En Barrancas (La Guajira) existe el que se considera como el mejor carbón colombiano en las minas de El Cerrejón, y tiene como factor favorable, además, las facilidades para su exportación. En la Fig. 1 se observa el porcentaje correspondiente al consumo por departamento a partir de la producción nacional de acuerdo a los datos del 2005.

En la secuencia estratigráfica, el Cretáceo inferior está representado por la Formación Aguardiente (Kia), el Cretáceo Superior por las Formaciones Chipaque (Ksc), la Luna (Ksl), los Pinos (Ksgp), Arenisca Tierna (Ksat), y por la formación Guaduas (KTg) que es transicional entre los periodos Cretáceo y Terciario. Las Formaciones de edad Terciaria que afloran en el Municipio corresponden a las Areniscas de Socha (Tpars) y a las Arcillas de Socha (Tpas). El Cuaternario se refleja en depósitos de origen variado: Abanicos, Fluvioglaciares, Coluviales, Aluviales recientes y antiguos, los últimos conforman terrazas altas con respecto al nivel actual de los cauces principales. Esta serie sedimentaria se encuentra afectada por un alto grado de tectonismo, se destacan fallas regionales, fallas de Miraflores, Chiscas y la Salina, las primeras paralelas al rumbo predominante de los mantos, y la última en sentido transversal. Igualmente fallas menores como Hoya del Alma, la Burrera, El Tobal y Palo Blanco. Adicionalmente, la serie Cretácico-Terciaria al oriente de la falla de Chiscas conforma un plegamiento de tipo anticlinal, y la secuencia Cretácica al occidente de la misma falla, una estructura sinclinal [6].

La región de El Espino está caracterizada por dos distintas provincias morfo-estructurales, separadas por la falla de Chiscas:

- -Hacia el oriente de la falla se destaca un bloque tectónico levantado en el cual se identifican las rocas cretácicas, la actividad cuaternaria intensiva predominante es la glacial, por lo cual extensas zonas de las Formaciones antiguas se encuentran cubiertas por potentes depósitos glaciáricos y fluvioglaciáricos.

- Hacia el occidente de la falla de Chiscas se encuentra la serie cretácico-terciaria afectada por la Falla El Espino y plegamientos locales siendo el más relevante el Sinclinal El Espino en cuyo eje se encuentra el área del contrato FJS-112.

2. Metodología

2.1. Recopilación de información

Para el área del polígono del contrato de concesión FJS-112 se recogió la información topográfica y geológica de la zona (cartas topográficas preliminares a escala 1:5000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, mapa geológico del Cocuy, plancha 137, a escala 1:100.000 y Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de El Espino.)

2.2. Trabajo de campo

Se utilizaron los criterios de cartografía del Ingeominas, se identifican las unidades litoestratigráficas presentes y las principales estructuras regionales en la que se enmarca la zona. Se ubican puntos de control donde se determinan características litológicas, estructurales; esto incluye la ubicación, continuidad y espesor de los mantos de carbón, objeto del estudio. Se realizaron levantamiento de columnas estratigráficas y se tomaron muestras de carbón para análisis en laboratorio

Regionalmente se verificó la información geológica de la plancha 137, en cuanto a unidades litoestratigráficas y principales estructuras geológicas, para determinar el ambiente de formación, modelo tectónico y modelo del yacimiento carbonífero.

2.3. Trabajo de oficina

A partir de los datos de campo, las cartas topográficas preliminares del IGAC y la topografía levantada a detalle, se ubican las principales unidades litoestratigráficas y estructuras geológicas; se definen los bloques a explotar, se ubican los puntos de control, se hace la traza del manto o los mantos. Con los análisis inmediatos se definen calidades y se clasifican los carbones, y teniendo las características estructurales del yacimiento se calculan los recursos básicos.

2.4. Área de estudio

La mina subterránea NATAGAYMAS tiene un área de concesión a 808,73 Ha y se encuentra ubicada en las Veredas Santa Ana, El Tobal y Llano Largo del Municipio de El Espino, Provincia de Gutiérrez, al norte del Departamento de Boyacá, Fig. 2.

2.5. Generalidades del área de estudio

Geomorfológicamente se tienen un paisaje de montañas con vertientes regulares e irregulares y depósitos Coluviales [8]. La temperatura varía entre los 6-16°C; la precipitación es moderada y escasa, presentando un comportamiento de tipo

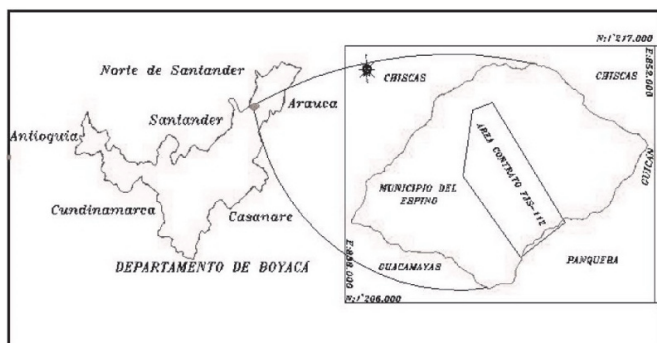


Figura 2. Localización de la mina NATAGAYMAS.
Fuente: [7].

bimodal con picos máximos en mayo y octubre (171.3 mm/mes y 186.3 mm/mes); mientras los meses secos son diciembre, enero y febrero con precipitaciones desde los 39.7 hasta los 55.8 mm/ mes, valores determinados con base en los registros multianuales del año 2000 a 2010 en la estación Chiscano del Municipio de Chiscas, Boyacá [9].

3. Resultados y discusiones

3.1. Geología

El área de estudio está compuesta en un 90 % por la Formación Guaduas (Ktg) y el restante 10% por la Formación Socha Inferior (Tsi) y depósitos coluviales (Qc), Fig. 3, estructuralmente se han determinado las fallas de Chiscas y El Tobal, plegamiento del macizo rocoso reflejados en sinclinales y anticlinales, siendo el más importante el sinclinal El Espino.

La Formación Guaduas en el área de estudio alcanza un espesor aproximado de unos 500 m, los cuales en gran parte están cubiertos por depósitos coluviales. La litología corresponde al miembro superior de la Formación Guaduas (Ktg), en la que afloran mantos de carbón, que tienen aptitudes entre N40°W a N20°W, y un buzamiento entre 25°NE y 55°SW.

3.2. Geología estructural

La tectónica observada es de complejidad moderada, en la que han ocurrido eventos tectónicos que han afectado el comportamiento estructural de las diferentes unidades litológicas, incluyendo los niveles carboníferos de la Formación Guaduas. Los esfuerzos que han actuado sobre el macizo son compresionales, originando fallas de carácter inverso o de cabalgamiento que producen un acortamiento en las estructura. También se observan fallas de rumbo que se manifiestan en desplazamientos laterales de las distintas unidades, provocando discontinuidad en los mantos de carbón.

Las fallas de mayor incidencia e importancia en la región son: la falla de Chiscas, la cual es una falla inversa y forma parte del límite oriental del área definitiva del polígono; y la falla de El Tobal, de rumbo, dirección NE-SW, la cual divide el Sinclinal El Espino en dos sub-bloques carboníferos.

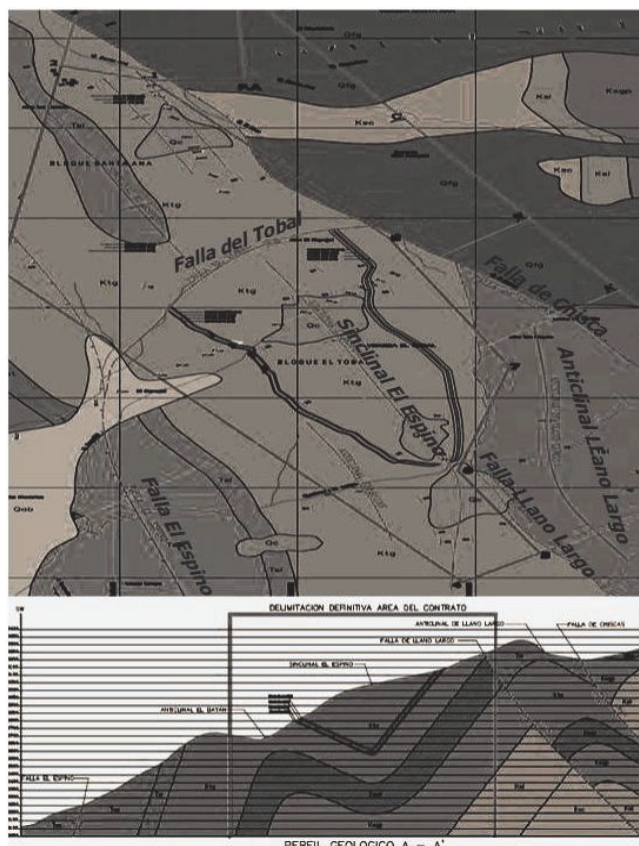


Figura 3. Mapa Geológico General del área de estudio.
Fuente: [7].

3.3. Pliegues

Se identificaron estructuras plegadas, tanto sinclinales como anticlinales siendo el más relevante el Sinclinal El Espino por ser el más extenso y donde se enmarca el área de la concesión.

3.4. Sinclinal El Espino

Es un pliegue asimétrico, cuyo flanco oriental buza en promedio 55°SW en contraste con el flanco occidental, más suave, 25°NE; localizado al occidente de la Falla de Chiscas, deformando la serie estratigráfica Cretácico-Terciaria, fotografía 1.

El eje de esta estructura tiene un rumbo aproximado de N25°W y se encuentra dislocado por la Falla El Tobal de tipo transversal, la cual divide el sinclinal en dos bloques; uno localizado hacia el norte de la Falla El Tobal en cuyo núcleo se encuentra la Formación Socha Inferior (Tsi) y en sus flancos la Formación Guaduas (Ktg) donde se encuentran aflorando los mantos de carbón.

3.5. Bloques mineros y mantos explotables

Teniendo en cuenta la definición de bloque carbonífero dada por Renzoni G.y Reyes, I. 1995 [10], el área del contrato FJS-112 se dividió en dos bloques carboníferos, bloque Santa Ana y bloque el Tobal, los cuales se describen:



Fotografía 1. Sinclinal El Espino, en la vereda El Tobal. (E: 845.161; N: 1.210.820) Fuente: [7].

Tabla 1. Correlación estratigráfica del Bloque Santa Ana.

FLANCO OCCIDENTAL			FLANCO ORIENTAL		
Manto	Espesor (m)	Distancias estratigráfica (m)	Manto	Espesor (m)	Distancias estratigráfica (m)
M3	0,60	6,0	M3	1,10	6,0
M2	0,60	10,0	M2	1,30	35,0
M1	1,80		M1	2,50	

Fuente: Adaptado de [7].

3.5.1. Bloque Santa Ana

Se localiza hacia la parte noroeste del área definitiva de concesión; se encuentra en las Veredas Santa Ana y El Tobal.

Estratigráficamente se estableció la existencia de tres (3) mantos y algunas cintas de carbón, los cuales forman parte de la Formación Guaduas (Ktg). Es frecuente encontrar variaciones tanto en espesor como en posición estratigráfica, debido a la incidencia que tiene la tectónica compleja en el área de estudio. También influye en la variación de los rumbos y buzamientos de mantos y estratos litológicos.

En la Tabla 1 se muestra las correlaciones estratigráficas de los mantos presentes en el bloque Santa Ana, en los que se tuvo en cuenta la similitud en las características físicas como son el espesor, intercalaciones y posición estratigráfica.

En la Fig. 4, se muestran las columnas estratigráficas locales del área de estudio, para el bloque Santa Ana. En el primero, los mantos van desde el nivel de 79 m hasta el nivel de 86 m entre el manto inferior y el superior. Litológicamente la secuencia está constituida en gran parte por arcillolitas grises claras y oscuras, algunas habanas a café; se destaca su estructura laminar a lo largo de toda la secuencia, algunas se presentan bandeadas, intercaladas con estas arcillolitas aparecen limolitas silíceas color café masiva altamente resistentes y bancos de areniscas de grano y color variable, esporádicamente bandeadas.

Tabla 2. Correlación estratigráfica del Bloque El Tobal.

FLANCO OCCIDENTAL			FLANCO ORIENTAL		
Manto	Espesor (m)	Distancias estratigráfica (m)	Manto	Espesor (m)	Distancias estratigráfica (m)
M4	0,80	5,0	M4	2,90	15,0
M3	1,0	15,50	M3	1,20	10,0
M2	1,80	4,20	M2	1,80	15,0
M1	0,60		M1	1,30	

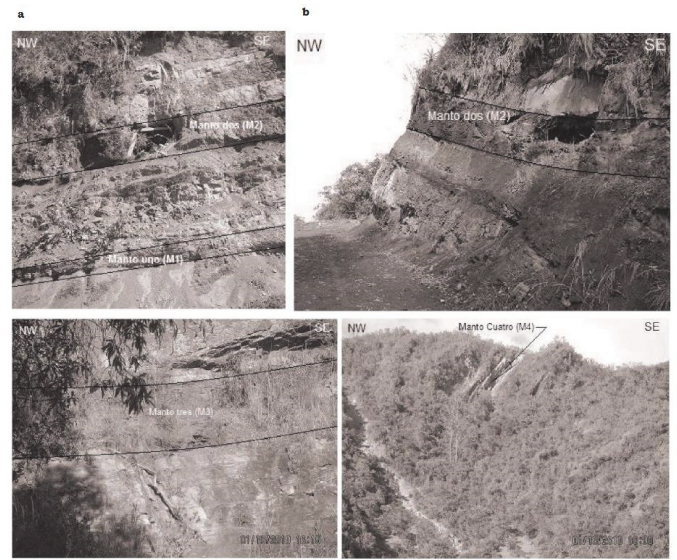
Fuente: Adaptado de [7].

3.5.2. Bloque El Tobal

Se localiza hacia la parte sureste del área definitiva de concesión. El Bloque se encuentra en las Veredas El Tobal y Llano Largo.

Estratigráficamente se estableció la existencia de cuatro (4) mantos y algunas cintas de carbón, los cuales están incluidos en la Formación Guaduas (Ktg). Se encuentra plegado por el Sinclinal El Espino, y se correlacionaron (Tabla 2) los mantos aflorantes en cada uno de los flancos por similitud en las características físicas, espesor, intercalaciones y posición estratigráfica.

En la Fotografía 2 se muestran los mantos carboníferos encontrados en el bloque el Tobal, y en la Fig. 5 se muestran las columnas estratigráficas local del área de estudio, para el bloque El Tobal. Para este bloque los segmentos levantados en campo alcanzan un espesor de 104 metros y 112 metros.



Fotografía 2. a. Afloramiento del Manto uno (M1), en la parte inferior del Bloque El Tobal; flanco Occidental. (E: 844.634; N: 1.210.550). b. Afloramiento del Manto dos (M2). Bloque El Tobal; flanco Occidental. (E: 844.693; N: 1.210.537). c. Afloramiento del Manto dos (M2). Bloque El Tobal; flanco Occidental. (E: 844.693; N: 1.210.537). d. Afloramiento del Manto cuatro (M4). Bloque El Tobal; flanco Oriental. (E: 845.207; N: 1.211.130). Fuente: [7].

Tabla 3.
Promedios de los Análisis Inmediatos Bloque El Tobar.

Muestra	Humedad Residual % HR	Cenizas %Cz	Materia Volátil %M V	Poder Calorífico PC Cal/gr	Carbón Fijo %CF	Azufre %S	Índice De Hinchamiento FSI
M1 – M4	0.85	8,65	15,09	7385,63	77.87	1.04	1.19

Fuente: [7].

Tabla 4.
Promedios de los Análisis Inmediatos Bloque Santa Ana.

Muestra	Humedad Residual % HR	Cenizas %Cz	Materia Volátil %M V	Poder Calorífico PC Cal/gr	Carbón Fijo %CF	Azufre %S	Índice De Hinchamiento FSI
M1 – M4	0.54	1,98	15.20	8356,67	81,72	1.35	2.83

Fuente: [7].

Tabla 5.
Resumen de los Resultados de la Clasificación

Bloque El Tobar, flanco occidental				
Muestra	Manto	Clase	Grupo	Carácter
m1 a m4	M1 – M4	Bituminoso	Bituminoso Bajo Volátil	Comúnmente Aglomerante
Bloque El Tobar, flanco oriental				
m1 a m2	M1 –	Bituminoso	Bituminoso	Comúnmente
m3 a m4	M3- M4	Antracita	Semi Antracita	No Aglomerante
Bloque Santa Ana				
m1 a m3	M1 aM3	Bituminoso	Bituminoso Bajo Volátil	Comúnmente Aglomerante

Fuente: Adaptado de [7].

3.6. Tipos de carbón

Los análisis realizados a las muestras se hicieron en el Instituto de Recursos Minerales y Energeticos “IRME”, Laboratorio de Carbones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Los promedios de los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

3.6.1. Clasificación de carbones

Para la clasificación de los carbones encontrados en el área del contrato FJS-112 se utiliza la clasificación ASTM. Del análisis de las muestras se obtuvieron datos de Carbono Fijo en Base Seca libre de materia mineral (CFslmm) y el Poder Calorífico en Base Húmeda libre de materia mineral (PChlmm), que permitieron clasificarlos, Tabla 5.

3.6.2. Usos óptimos del carbón

Un carbón Coquizante es aquel que por sí solo produce coque, cuando es sometido a métodos convencionales de

descomposición térmica en ausencia de aire; un carbón coquizable es aquel que por sí solo no produce coque, pero que en mezclas con carbones coquizantes o empleando otros procedimientos no convencionales puede producir coque [11].

Del análisis en muestras de carbón del área del contrato de concesión FJS-112 se determina que son Bituminosos, Bajo en Volátiles de carácter Comúnmente Aglomerante Y Semi-Antracitas de carácter No Aglomerante; el poder aglomerante en el caso de las semiantracitas no existe (FSI=0) y para los carbones bajos volátiles en los cuales el poder aglomerante es débil a medio (Índice de Hinchamiento entre 1 y 3), por lo tanto estos carbones son Coquizables ya que los rangos de Índice de Hinchamiento (FSI) óptimos para los carbones coquizantes está entre 4 y 6. El uso óptimo de estos carbones coquizables es la producción de coque metalúrgico.

3.7. Cuantificación de recursos de carbón

En la evaluación de los recursos carboníferos se usó la propuesta por ECOCARBON Ltda. En el “Sistema de Clasificación de Recursos y Reservas de Carbón” 1.995. Se hace el cálculo con base en el área de los cuadrados circunscritos a los círculos de influencia de cada punto de información, considerados como apoyados en la superficie de los mantos y los cuadrados van orientados con uno de los lados paralelos al rumbo de los mantos o a la dirección principal de las fallas, el otro lado es el sentido del buzamiento haciéndose una corrección mediante el coseno del ángulo de buzamiento para inclinaciones mayores de 15°.

Los recursos básicos de la mina NATAGAYMAS se resumen en

- Bloque El Tobar: Recursos medidos (Ton) 3.293.021, recursos indicados (Ton) 16.792.544, recursos inferidos (Ton) 3.716.836 y recursos básicos (Ton) 23.802.701
- Bloque Santa Ana: Recursos medidos (Ton) 1.078.614, recursos indicados (Ton) 4.662.288, recursos inferidos (Ton) 4.278.361 y recursos básicos (Ton) 10.019.263

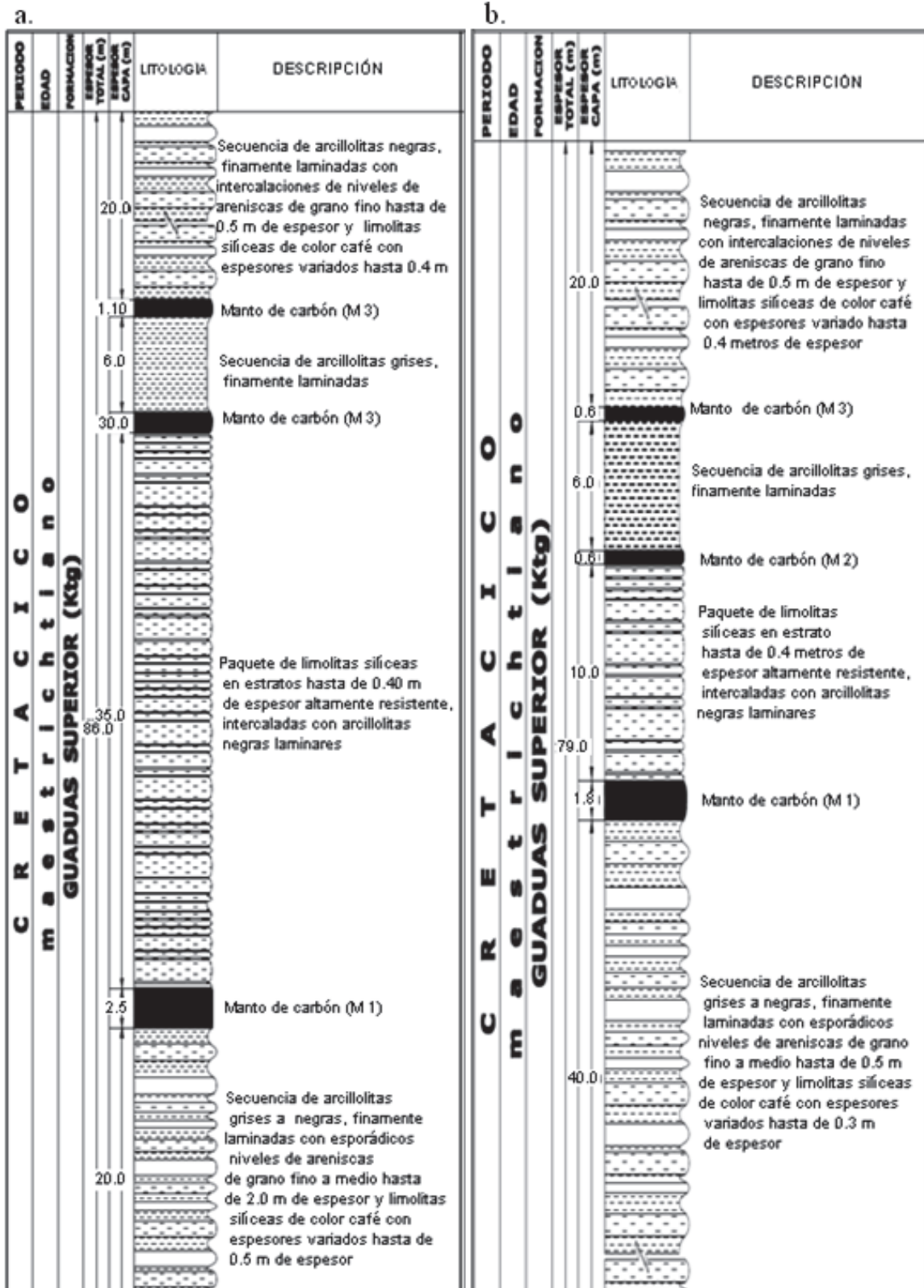


Figura 4. Columnas estratigráficas local bloque Santa Ana, mina NATAGAYMAS, Vereda Santa Ana. a. Flanco Orientan. b. Flanco Occidental. Fuente: [7].

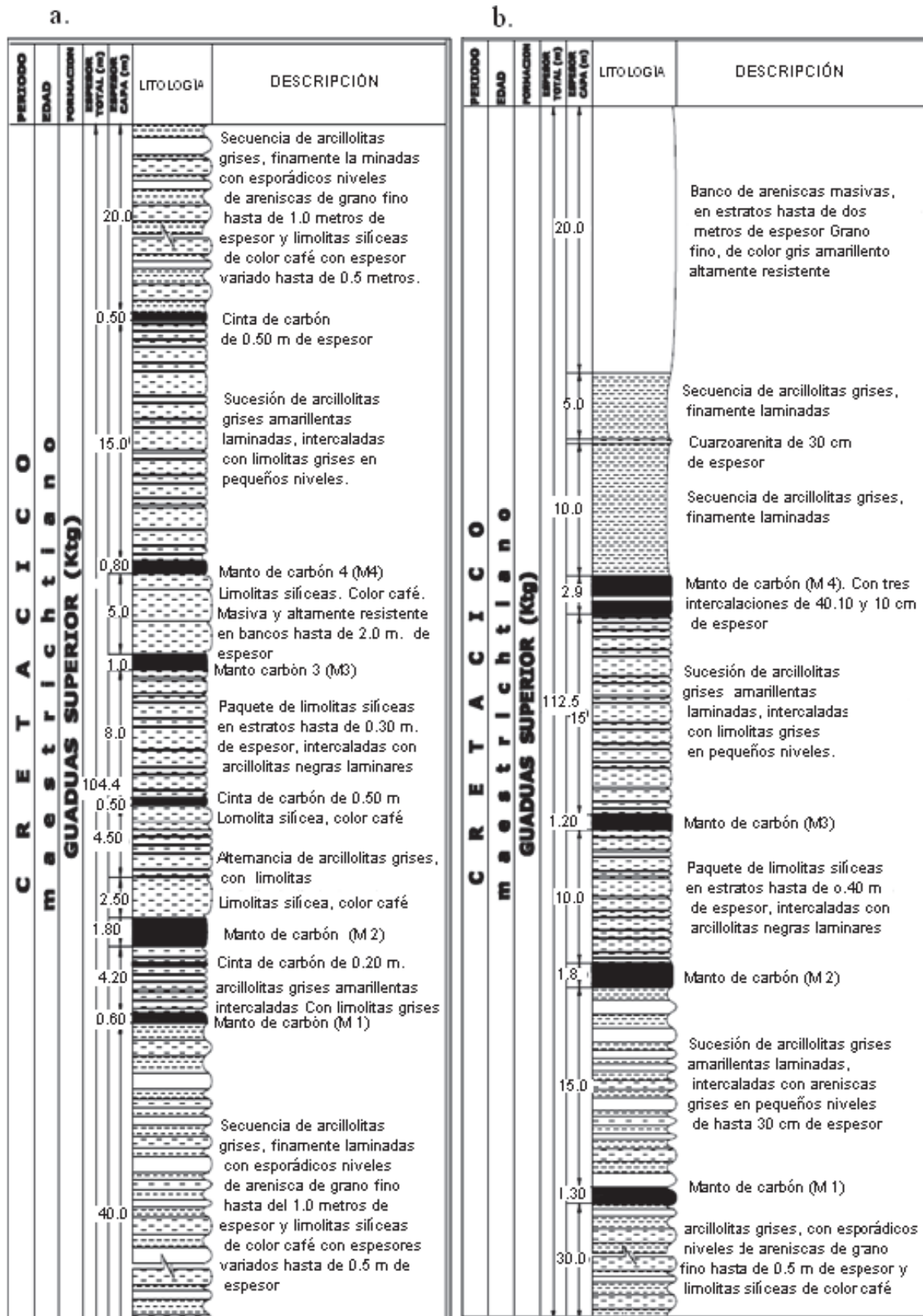


Figura 5. Columnas estratigráficas local bloque el Tobal, mina NATAGAYMAS, Vereda El Batán. a. Flanco Occidental. b. Flanco Orientan. Fuente: [7].

4. Conclusiones

El área del polígono definitivo del contrato de concesión FJS-112, se localiza en las veredas Santa Ana, El Tobal y Llano Largo del municipio de El Espino. En donde se identificaron dos bloques carboníferos, el Tobal y Santa Ana que forman parte del Miembro Superior de la Formación Guaduas (Ktg), cada uno con 4 y 3 mantos de carbón respectivamente.

El área se encuentra ubicada en el Sinclinal del Espino al noreste del casco urbano del Municipio. Los eventos tectónicos más relevantes que afectan la zona son: La Falla de Chiscas y la Falla el Tobal. De los análisis a muestras tomadas se obtuvieron carbones de Clase bituminoso, grupo bituminoso bajo en volátiles y de carácter comúnmente aglomerante; y semiantracitas.

Los resultados obtenidos para el área definitiva del contrato de concesión FJS-112 en el bloque carbonífero El Espino son 33.821.964 toneladas de recursos básicos; 23.802.701 toneladas para el bloque El Tobal y 10.019.263 para el bloque Santa Ana. De recursos básicos medidos se tienen 3.293.021 toneladas para el bloque El Tobal y 1.078.614 toneladas para el bloque Santa Ana, para un total de 4.371.635 toneladas. Como recursos básicos indicados se tienen 16.792.544 toneladas para el bloque El Tobal y 4.662.288 toneladas para el bloque Santa Ana, para un total de 21.454.832 toneladas. Recursos básicos inferidos se estimaron 3.716.836 toneladas para el bloque El Tobal y 4.278.361 toneladas para el bloque Santa Ana, para un total de 7.995.197 toneladas.

Referencias

- [1] Selley, R. An introduction to sedimentology. New York: Academic Press, 1982.
- [2] Tissot, B.P. and Welte, D.H., Petroleum formation and occurrence, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 1984.
- [3] Alfonsi, P.P., Ambientes sedimentarios. Meneven, Caracas, 1983.
- [4] Ministerio de Minas y Energía. Mercado nacional e internacional del carbón colombiano. Bogotá, 2006.
- [5] Quintero, J.A., Candela, S.A., Ríos, C.A., Montes, C. and Uribe, C., Spontaneous combustion of the Upper Paleocene Cerrejón Formation coal and generation of clinker in La Guajira Peninsula (Caribbean Region of Colombia). International Journal of Coal Geology, 80, pp. 196-210, 2009. DOI: 10.1016/j.coal.2009.09.004
- [6] Salamanca, I., Geología, Esquema de ordenamiento territorial del municipio de El Espino, El Espino, 2001, pp. 23- 28.
- [7] Monroy, J. y Cepeda, L., Programa de trabajos y obras (P.T.O), para la explotación de carbón dentro del área del contrato de concesión FJS-112. Nobsa, 2010.
- [8] Salamanca, I., Geomorfología, esquema de ordenamiento territorial del municipio de El Espino, El Espino, 2001, pp. 32- 34.
- [9] Osorio, G. A., Suelos y clases agrológicas, Esquema de ordenamiento territorial del municipio de El Espino, El Espino, 2001, pp. 63- 64.
- [10] Renzoni, G. y Reyes, I., Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón, Biblioteca de Ecarbón, Ingeominas, Bogotá, 1995.
- [11] Duran, M., Modelo de análisis económico, ecológico para el sector minero, Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2000, 159 P.

J.E. Velandia-Tarazona, recibió el título de Ing. Ambiental en el año 2011 de la Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Candidata a MSc en Ingeniería Civil con énfasis en Hidroambiental de la Universidad Santo Tomas, sede Tunja, Boyacá. De 2013-2015 trabajó en la Empresa Departamental de Servicios Públicos de Boyacá en el cargo de Ingeniera de Apoyo Ambiental. Actualmente trabaja con la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá, como profesional Especializado. ORCID: 0000-0002-1292-4599.

M.E. Rivera, es Lic. en Matemáticas y Física en 1993, de la Universidad Francisco de Paula Santander - UFPS, PhD en Hidrología en 2003, de la Universidad Estatal Hidrometeorológica San Petersburgo, Rusia. Profesor Asociado de la Universidad de Pamplona, Colombia. Integrante activo del Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS). Coordinador del Semillero de Investigaciones ambientales agua, aire y suelo (SIAAS). Lidera la línea de investigación modelación y simulación del recurso hídrico. Sus áreas de interés son: manejo y conservación de cuencas hidrográficas, hidrología, diseño experimental en maestría en ciencias y tecnologías de alimentos. ORCID: 0000-0002-1289-9776.

J.R. Delgado Rodríguez, es Geólogo en 1994, de la Universidad Industrial de Santander - UIS; MaSc. en Geotecnia en 2001, de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, Colombia. Es profesor asociado de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Colombia; es integrante activo del Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS), Miembro de la Sociedad Colombiana de Geotecnia; Consultor en Geología, Geotecnia y cimentaciones para obras viales. ORCID: 0000-0002-3397-6099

J.M. Monroy-Gallo, es Ing. Geólogo en 1994, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. En el año 2000 trabajó en la empresa Asociación de Ingenieros en Minas y Afines - AIMA, en el 2006 trabajo en la empresa Uniminas Ltda, y en el 2007 trabajó con la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en las tres como ingeniero geólogo. En el año 2012 trabajó en la empresa Colombia Crean Power SAS, como geólogo senior. En los demás años y en la actualidad se desempeña en áreas de su profesión. ORCID: /0000-0003-4492-3942