

**ESTUDIO GEOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DEL
POTENCIAL DE COQUIZACIÓN DE LOS CARBONES DEL SINCLINAL DE
LA JAGUA EN LA CUENCA CESAR-RANCHERIA**

**INFORME FINAL
PRACTICA EMPRESARIAL**

MAILEN EMILSE GONZÁLEZ GÓMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2008**

**ESTUDIO GEOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DEL
POTENCIAL DE COQUIZACIÓN DE LOS CARBONES DEL SINCLINAL DE
LA JAGUA EN LA CUENCA CESAR-RANCHERIA**

**INFORME FINAL
PRACTICA EMPRESARIAL**

MAILEN EMILSE GONZÁLEZ GÓMEZ

Trabajo de grado para optar el título de Geóloga

Director

**M.Sc. y Ph.D MARIO GARCÍA GONZÁLEZ
(Universidad Industrial de Santander)**

Codirector

**Geólogo DUNOTH SUÁREZ CUADRO
(Carbones de la Jagua S.A.)**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA,
2008**

DEDICATORIA

A mi padre Jesús Antonio, quien a pesar de su ausencia sé que siempre me acompaña.

A mi madre Ailén, mujer fuerte y luchadora, cuyo amor, confianza y sacrificios me ayudaron a levantarme cada día.

A mi abuelo Antioco, por ser mi ángel de la guarda, y por enseñarme a ver las estrellas del cielo, que a pesar de ser pequeñitas brillan muchísimo.

A mis hermanos, José Antonio y Arnaldo, por acompañarme todo este tiempo.

A mis tías, ángeles del cielo que bajaron a la tierra para ayudarme a transitar por el difícil camino de la vida, en especial a mi tía Consuelo, quien con su apoyo y confianza me ayudó a lograr esta meta.

A mis amigos, por su amistad, y los buenos y malos momentos.

A todos, por haber creído en mí.

Mailen Emilse.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander y a su Escuela de Geología, por haberme formado no solo como profesional, sino como persona y en el carácter.

A los profesores Mario García, Ricardo Mier y Jorge Pinto, por el tiempo, colaboración e importantes sugerencias en la realización de este trabajo.

A la Empresa Carbones de La Jagua S.A. por la oportunidad de aprendizaje que me brindó.

Al Geólogo Fabio Carrillo, Superintendente de Geología de la Empresa Carbones de La Jagua S.A. por su valiosa colaboración durante mi estadía en esta empresa.

Al Geólogo Dunoth Suárez, quien se desempeñó como mi tutor durante los seis meses de práctica, por su tiempo, paciencia, colaboración y enseñanzas.

A los Geólogos de Campo, Edgar Sanmiguel, Pedro Ruiz, Roger Martínez; y al Ingeniero Geólogo Ricardo Zuluaga, quienes con su compañía, apoyo e importante desempeño hicieron posible la consecución de los objetivos de este trabajo.

A los departamentos de Topografía, Voladura, Planeación corto y largo plazo de la Empresa Carbones de la Jagua S.A., particularmente a los Ingenieros Diana Sánchez, Esteban Meneses y Amancio López, cuya amistad hizo más agradable mi estancia en Carbones de La Jagua S.A.

A Dios y a mi Familia, por todo lo que me han dado.

A mis amigos, por todo este tiempo compartido, que espero sea mucho más.

A la Familia Pelayo Serrano, por abrirme las puertas de su casa, y brindarme su sincera amistad.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. OBJETIVOS.....	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
2.2 LITOTIPOS DE LOS CARBONES HÚMICOS	19
2.3 DEFINICIONES DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS	22
2.3.1 <i>Humedad Total</i>	22
2.3.2 <i>Cenizas</i>	22
2.3.3 <i>Materias Volátiles</i>	23
2.3.4 <i>Carbono Fijo</i>	23
2.3.5 <i>Azufre Total</i>	24
2.3.6 <i>Poder Calorífico</i>	24
2.3.7 <i>Índice de Hinchamiento</i>	24
2.4 CLASIFICACIÓN POR RANGO DE LOS MANTOS DE CARBÓN.....	25
3. ANTECEDENTES	27
4. MARCO GEOLÓGICO	28
4.1 MARCO ESTRATIGRÁFICO REGIONAL.....	29
4.1.1 <i>Terciario</i>	30
4.1.2 <i>Cuaternario</i>	32
4.2 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL.....	32
5. METODOLOGÍA	37
5.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE MANTOS DE CARBÓN.....	37
5.2 SELECCIÓN DE MUESTRAS.....	40
5.3 PREPARACION DE MUESTRAS.....	43

5.4 ANALISIS GEOQUÍMICOS REALIZADOS.....	44
5.4.1 <i>Análisis Proximales</i>	44
5.4.2 <i>Análisis Elemental</i>	44
5.4.3 <i>Poder Calorífico</i>	44
5.4.4 <i>Índice de Hinchamiento</i>	44
6. RESULTADOS.....	45
7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	50
7.1 TAJO TESORO.....	51
7.1.1 <i>Análisis Próximo</i>	51
7.1.2 <i>Análisis Elemental</i>	52
7.1.3 <i>Índice de Hinchamiento y Poder Calorífico</i>	53
7.2 TAJO SUR.....	55
7.2.1 <i>Análisis Próximo</i>	55
7.2.2 <i>Análisis Elemental</i>	57
7.2.3 <i>Índice de Hinchamiento y Poder Calorífico</i>	58
8. RANGO DEL CARBÓN.....	60
9. CONCLUSIONES.....	61
10. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Litotipos de los carbones húmicos.....	19
Tabla 2: Clasificación de carbones de acuerdo al rango. Norma ASTM-D-388-7.....	26
Tabla 3: Muestras tomadas en cada manto con sus respectivos espesores.....	40
Tabla 4: Resultados de análisis geoquímicos realizados a muestras tomadas en afloramientos en el Tajo Tesoro.....	45
Tabla 5: Resultados de análisis geoquímicos realizados a muestras tomadas en afloramientos en el Tajo Sur.....	46
Tabla 6: Variación de los parámetros del análisis próximo con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón del Tajo Tesoro.....	51
Tabla 7: Variación del contenido de azufre con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón, en el Tajo Tesoro.....	52
Tabla 8: Variación de los parámetros de Índice de Hinchamiento** (FSI) y Poder Calorífico (BTU/lb.) con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón en el Tajo Tesoro.	53
Tabla 9: Variación de los parámetros del análisis próximo con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón del Tajo Sur.	55
Tabla 10: Variación del contenido de azufre con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón, en el Tajo Sur.....	57
Tabla 11: Variación de los parámetros de Índice de Hinchamiento** (FSI) y Poder Calorífico (BTU/lb.) con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón en el Tajo Sur.	58

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización del área de estudio.....	18
Figura 2. Litotipo Vitreno.....	20
Figura 3. Litotipo Clareno.....	21
Figura 4. Litotipo Dureno.....	21
Figura 5. Marco geológico regional, límites de la Cuenca Cesar – Ranchería.....	28
Figura 6. Localización de las áreas en la zona carbonífera del Cesar.....	29
Figura 7. Marco estratigráfico regional y correlación de las unidades de la Formación Los Cuervos.....	31
Figura 8. Estructura del Sinclinal de La Jagua.....	34
Figura 9. Panorámica del Sinclinal de La Jagua, Tajo Sur, donde se observan mantos de carbón afectados por la estructura del sinclinal.....	35
Figura 10. Falla La Victoria, localizada en el Tajo Tesoro.....	36
Figura 11. Recolección de las muestras en una lona de tamaño y calibre apropiado.....	41
Figura 12. Obtención de las muestras mediante la elaboración de un canal de corte uniforme.....	42
Figura 13. Proceso de empaclado de la muestra recolectada.....	43
Figura 14. Panorámica del Tajo Tesoro, ubicado hacia el norte del Sinclinal de La Jagua.....	68
Figura 15. Tajo Tesoro.....	69
Figura 16. Manto 45 (Tajo Tesoro): Litotipo Dureno en la parte superior.....	86
Figura 17. Manto 45 (Tajo Tesoro): Presencia de cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.....	86
Figura 18. Manto 30 (Tajo Tesoro): Presencia de cleats perpendiculares al buzamiento y estratificación leve.....	87
Figura 19. Manto 28 (Tajo Tesoro): Litotipo Vitreno con presencia de estratificación y cleats.....	87

Figura 20. Manto 28 (Tajo Tesoro): Presencia de una intercalación carbón – limolita de 20 cm. de espesor hacia la base del manto.....	88
Figura 21. Manto 25 (Tajo Tesoro): Nótese la separación del manto debido al parting.....	88
Figura 22. Manto 20 (Tajo Tesoro): Presencia de azufre de tipo orgánico, el cual se evidencia a través de las líneas amarillas en el manto.....	89
Figura 23. Manto 17 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se observa el manto y en la base del mismo aparece una arenisca potente.....	89
Figura 24. Manto 17 (Tajo Tesoro): Litotipo Clareno con presencia de cleats y levemente estratificado.....	90
Figura 25. Manto 15 (Tajo Tesoro): Presenta un gran espesor, cleats perpendiculares al buzamiento, estratificación leve.....	90
Figura 26. Manto 10 (Tajo Tesoro): Presencia de un lente siderítico que aparece solo en algunos sectores.....	91
Figura 27. Manto 09 (Tajo Tesoro): Presenta litotipo clareno y fuseno de acuerdo a su brillo característico, es bastante compacto. Se observa línea divisoria a 17 cm. de la base del manto.....	91
Figura 28. Intercalación Mantos 09 y 08 (Tajo Tesoro): Arcillolita color marrón grisáceo que divide los mantos 09 y 08.....	92
Figura 29: Manto 08 (Tajo Tesoro): Este manto presenta estratificación y cleats perpendiculares al buzamiento.....	92
Figura 30. Manto 05 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se observan con más detalle las características del manto que presenta litotipo clareno.....	93
Figura 31. Manto 04 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se aprecian los altos contenidos de azufre de tipo orgánico que tiene el manto representado por la coloración amarilla.....	93
Figura 32. Manto 03A (Tajo Tesoro): Evidentes cleats perpendiculares al buzamiento.....	94
Figura 33. Manto 03A (Tajo Tesoro): En esta fotografía se aprecian fisuras rellenas de sulfatos (líneas con coloración blanca).....	94
Figura 34. Manto 03U (Tajo Tesoro): Cleats perpendiculares al buzamiento. La coloración blanca es producto de la meteorización del manto.....	95
Figura 36. Tajo Sur.....	96

Figura 37. Manto 45 (Tajo Sur): Vista de cerca del litotipo Dureno, el cual presenta fractura concoidea y un mayor grado de compactación en comparación con los otros litotipos.....	110
Figura 38. Manto 45 (Tajo Sur): Vista de cerca del segmento inferior del manto el cual presenta litotipo Vitreno y Clareno.	110
Figura 39. Manto 40 (Tajo Sur): El manto presenta Litotipo Clareno y cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.....	111
Figura 40. Manto 35 (Tajo Sur): Presencia de los litotipos Clareno y Vitreno,.....	111
Figura 41. Manto 35 (Tajo Sur): Intercalación de tipo arcilloso que divide los dos litotipos presentes en el manto.....	112
Figura 42. Manto 30 (Tajo Sur): Cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.....	112
Figura 43. Manto 15 (Tajo Sur): Este manto es uno de los más compactos y duros, presenta sulfatos diseminados a través de cleats en algunas zonas.....	113
Figura 44. Manto 11 (Tajo Sur): Este manto presenta litotipo Clareno, es compacto y presenta sulfatos diseminados en cleats.....	113
Figura 45. Intermedio M10 y M11: Esta litología separa ambos mantos, es de tipo arcilloso y presenta meteorización.....	114
Figura 46. Manto 10 (Tajo Sur): En esta fotografía se observa el grado de meteorización del manto, y una fina laminación hacia la parte media del mismo.....	114
Figura 47. Manto 08 (Tajo López): Litotipo Vitreno presente en el manto.....	115
Figura 48. Manto 05 (Tajo CMU): Presencia de cleats perpendiculares al buzamiento.....	115
Figura 49. Manto 05 (Tajo CMU): Hacia el techo del manto éste tiende a hacerse más laminado.....	116
Figura 50. Manto 04 (Tajo López): Presencia de sulfatos (líneas blancas) diseminados a través de fisuras.....	116
Figura 51. Manto 03B (Tajo López): Este manto es compacto y presenta sulfatos diseminados en fisuras.....	117
Figura 52. Intermedio M03B y M03A (Tajo López): Arcillolita que divide los mantos 03A y 03B.....	117
Figura 53. Manto 03A (Tajo López): Este manto se compone del litotipo Clareno y particularmente presenta fractura concoidea.....	118

Figura 54. Manto 03U (Tajo López): Presencia del brillo característico del litotipo Clarena.....	118
Figura 55. Manto 03U (Tajo López): Este manto presenta una leve laminación y estratificación.....	119
Figura 56. Manto 03U (Tajo López): Presencia de sulfatos en el manto.....	119

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1: Formatos de descripción macroscópica de los mantos de carbón.

ANEXO 2: Mapa geológico del área de estudio escala 1:10000.

ANEXO 3: Columna estratigráfica generalizada del área de estudio escala 1:500

ANEXO 4: Sección transversal C – C' del yacimiento carbonífero del Sinclinal de La Jagua escala 1:2000.

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO GEOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COQUIZACIÓN DE LOS CARBONES DEL SINCLINAL DE LA JAGUA EN LA CUENCA CESAR-RANCHERÍA¹

AUTOR: MAILEN EMILSE GONZALEZ GOMEZ**

Palabras clave: Sinclinal de La Jagua, Litotipos, Análisis Próximo, Análisis Elemental, Poder Calorífico, Índice de Hinchamiento, Coquización.

En el Sinclinal de La Jagua se encuentran carbones Térmicos con buenas características caloríficas, y metalúrgicas en algunos mantos de carbón de la Formación Los Cuervos.

El estudio macroscópico de los mantos de carbón en afloramientos o tajos de explotación en la mina de CARBONES DE LA JAGUA S.A. permitió identificar los litotipos presentes en cada manto, además de otras características como color brillo, estratificación, laminación, cleats, grado de meteorización entre otros. Así mismo se tomaron datos estructurales como rumbo, buzamiento, fracturas y fallas.

Por otra parte, a partir del estudio geoquímico de muestras recolectadas en tajos de explotación, se precisaron propiedades relevantes en la evaluación del potencial de coquización, tales como contenidos de materia volátil, cenizas, humedad total, carbono fijo (análisis próximo), y azufre total (análisis elemental), poder calorífico e índice de hinchamiento; analizándose cada uno de estos parámetros con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón tanto al norte como al sur del sinclinal, para determinar tendencias de variación en la secuencia de la formación carbonífera y a lo largo del sinclinal.

Todos los resultados de los análisis anteriores se discutieron e integraron para finalmente determinar que algunos de los mantos del yacimiento carbonífero de la Jagua son aptos como carbones de mezcla, pero sus propiedades coquizantes deben ser corroboradas con estudios adicionales.

Además se determinó que de acuerdo a la clasificación por rango de la norma ASTM-D-388-7; estos carbones son de tipo Bituminoso Alto Volátil A.

¹ Trabajo de Grado modalidad practica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander.
Director: Mario García González. Codirector: Dunoth Suárez Cuadro.

ABSTRACT

TITLE: GEOCHEMICAL STUDY AND COKE-MAKING POTENTIAL EVALUATION OF THE JAGUA SYNCLINE COALS².

AUTHOR: MAILEN EMILSE GONZÁLEZ GÓMEZ.**

Key Words: The Jagua Syncline, Lithotype, Proximate analysis, Ultimate analysis, Specific Energy, Free swelling index, Coke-making.

In the Jagua Syncline there are thermic coals, with good calorific capacity, and others metallurgical properties in some coal-seams.

The CARBONES DE LA JAGUA S.A. coals seams field macroscopical study allowed identify lithotypes presents in each seam, also other features like color, brightness, stratification, lamination, cleats, weathering, between others. The same way it takes structural features like strike, dip, fractures and fault.

Another hand, the field raised sample geochemical study it determined important properties in the coke-making potential evaluation, like: percents contents of Volatile Matter, Ash, Total Moisture, Fixed Carbon, Total Sulfur, Specific Energy, and Free Swelling Index; then it were analysed each one of this parameters with respect to coal seam stratigraphic position as Syncline North as South; to determinate variation trends in the coaly formation sequence like as syncline long.

All the finals results were analysed argued and finally assemble to find that some coals seams are useful like blend coals; but these coking properties will be accurate with additional analysis.

Also, the Jagua Syncline coals are Bituminous High Volatile A for ASTM-D-388-7 rank classification.

² Undergraduate Thesis.

** Physical Chemistry Engineering Faculty. Geology School. Industrial University of Santander. Directed by: Mario García González. Ph, D., Professor. Co-directed by: Dunoth Suárez Cuadro. Geologist.

INTRODUCCIÓN

La minería, particularmente la del carbón, es uno de los sectores empresariales que más ha influenciado el crecimiento económico en los últimos años tanto de las regiones que lo producen como del país; particularmente debido a los altos precios del petróleo, los altos requerimientos energéticos de los países industrializados y a los altos consumos de acero en el mundo.

La mina CARBONES DE LA JAGUA se localiza al Nororiente de la cabecera municipal de La Jagua de Ibirico, en el Departamento del Cesar. En lo que comprende parte de la zona carbonífera Terciaria del Valle Cesar-Ranchería. Los carbones explotables hacen parte del miembro superior de la Formación Cuervos.

El yacimiento carbonífero del Sinclinal de La Jagua, ubicado en el Municipio de La Jagua de Ibirico en el Cesar, presenta unos carbones de una alta capacidad energética que han mostrado moderados índices de hinchamiento, con potencialidad de ser coquizables en algunos sectores.

El estudio detallado tanto macroscópico, petrográfico como químico del carbón permite dar un total aprovechamiento de las características especiales que éste pueda tener.

Una vez conocidas las propiedades particulares que se presenten en un manto de carbón, se podría realizar una minería selectiva que permita aprovechar al 100% todas las propiedades que presente el carbón.

Por todo lo anterior, el presente trabajo de grado desarrollado en la modalidad Práctica Empresarial busca determinar aquellos mantos de carbón que presenten potencial de coquización, que permitan a la empresa Carbones de La Jagua S.A., aumentar positivamente la relación costo de explotación / beneficio; del carbón que se espera extraer.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar químicamente los carbones explotables del yacimiento carbonífero del Sinclinal de La Jagua con énfasis en conocer su potencial de coquización, por medio de estudios macroscópicos, y análisis químicos.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la descripción macroscópica de los litotipos identificables en los mantos de carbón.
- Realizar análisis próximos a los diferentes mantos de carbón, es decir, determinar humedad, materia volátil, cenizas, carbono fijo y azufre total; e integrar esta información con los parámetros de poder calorífico e índice de hinchamiento (FSI).
- Determinar el poder de coquización en los diferentes mantos de carbón.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Está ubicada al noreste de La Jagua de Ibirico (ver figura 1), municipio situado en la parte central del departamento del Cesar, 120 kilómetros al sur de su capital Valledupar.

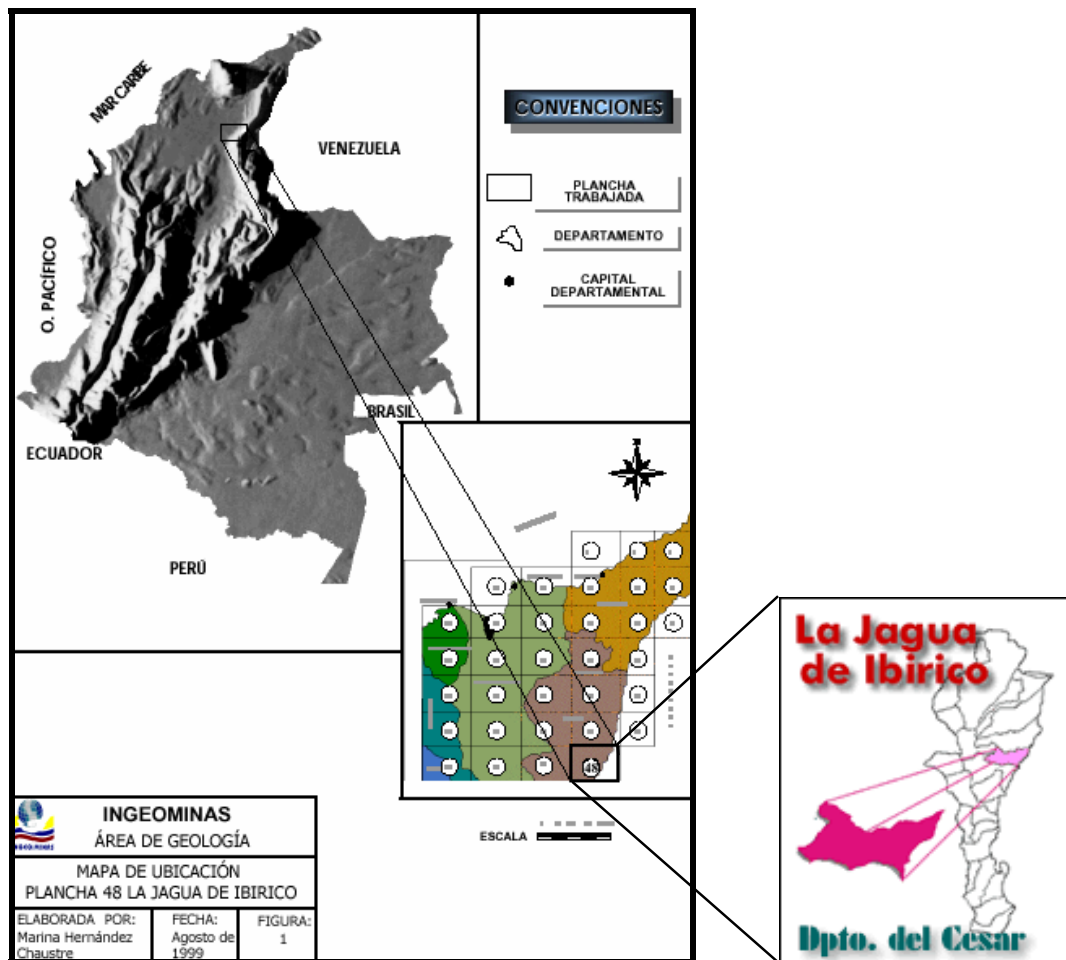


Figura 1. Localización del área de estudio. Tomado y modificado de Geología de la plancha 48 de La Jagua de Ibirico, Memoria Explicativa, Escala 1:100000. INGEOMINAS 2003.

2.2 LITOTIPOS DE LOS CARBONES HÚMICOS

En Ecocarbon (1995) el término Litotipo se emplea para designar las diferentes bandas de los mantos de carbón identificables macroscópicamente.

Estos litotipos presentan características diferentes según la naturaleza, las condiciones de depositación y la extensión de la alteración bioquímica durante la carbonificación de los diferentes componentes de las plantas originales, lo cual determina el tipo de carbón.

Los carbones húmicos se componen de litotipos diferentes. La descripción de los litotipos en un manto de carbón es importante ya que:

- Los litotipos permiten identificar y correlacionar un manto, puesto que las bandas en el carbón generalmente tienen una extensión lateral bastante considerable por delgadas que estas sean.
- Los litotipos están relacionados con los ambientes de depositación del carbón.
- Las características macroscópicas de los carbones están relacionadas con la producción de finos.

La tabla 1 muestra las características de los litotipos de los carbones húmicos, así como sus propiedades más importantes.

Tabla 1: Litotipos de los carbones húmicos.

Tipo de Carbón	Litotipo	Características reconocibles macroscópicamente
Carbón Húmico	Vitreno	Brillante, negro, quebrado, frecuentemente fisurado, rompe en forma de pequeños cubos.
	Clareno	Semibrillante, negro y muy finamente estratificado.
	Dureno	Mate, negro o gris, duro, superficie rugosa, apariencia grasosa.
	Fuseno	Mate (lustre sedoso), negro, fibroso, blanco, quebradizo y friable.

Tomado de: El Carbón, Ecocarbon (1995)

Los carbones húmicos presentan bandeamientos que usualmente se conocen como: Vitreno (bandas brillantes), Clareno (bandas semibrillantes), Dureno (bandas opacas), y Fuseno (de apariencia de carbón vegetal).

Las intercalaciones de los diferentes litotipos en el manto producen los llamados “Carbones Bandeados”, y de acuerdo a lo expuesto en Ecocarbon (1995) se describen a continuación cada uno de los litotipos.

VITRENO (carbón brillante): Es negro, brillo vítreo, frecuentemente se presenta muy diaclasado (cleats), rompe en forma de pequeños cubos. En la descripción macroscópica de mantos, el vitreno corresponde a capas de carbón muy brillantes de espesor de más de 10 mm. Las bandas de menor espesor se incluyen dentro de clareno.

Las propiedades del vitreno varían con el grado de carbonificación y se observa que dentro del rango de los carbones coquizables, estas se relacionan con el contenido de vitreno. El vitreno es el maceral más uniforme en pureza, puesto que contiene el mínimo contenido de materia mineral (ver figura 2)



Figura 2. Litotipo Vitreno

CLARENO: Este litotipo comprende las bandas muy finas que constituyen los carbones: su espesor individual es inferior a los 10 mm. Tiene un brillo que varía entre el vitreño y el dureno. El clareno es el constituyente más abundante en los carbones húmicos. Está formado por bandas alternas de vitreño, dureno y en ocasiones fuseno (ver figura 3)



Figura 3. Litotipo Clareno

DURENO (carbón opaco): Varía de negro a gris, siempre mate, de apariencia grasosa, duro y consecuentemente se rompe en grandes bloques. Sólo las bandas de espesor de más de 10 mm, se consideran como dureno y bandas más delgadas se consideran como clareno (ver figura 4)



Figura 4. Litotipo Dureno

FUSENO: De apariencia muy similar al carbón vegetal, lustre sedoso, negro, frecuentemente fibroso y usualmente poco consolidado y friable. En la mayoría de los casos el fuseno se presenta en el manto en forma de lentes con algunos centímetros

de grueso y algunos centímetros de largo, es el componente “sucio” y el único constituyente del carbón que tizna los dedos.

El fuseno no es coquizable y generalmente presenta contenidos de poder calorífico y carbono fijo relativamente altos.

2.3 DEFINICIONES DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

2.3.1 Humedad Total

La Humedad Total es la medida de la cantidad de agua que contiene el carbón, su importancia radica en que cualquier aumento de ella afecta negativamente la eficiencia térmica del carbón. No se debe olvidar que la mayor parte de los contratos de compra y venta de carbón incluyen valores tope máximos para la humedad, porque entre otras cosas de ella depende en gran parte la facilidad para el manejo y pulverización del carbón.

2.3.2 Cenizas.

Según Duran et al., (1981) el contenido de cenizas es de vital importancia puesto que representa la cantidad de impurezas y el “carbono efectivo” disponible en un carbón, el aumento de cenizas en un carbón incrementa su consumo y el volumen de escoria, tanto en los altos hornos como en las plantas térmicas. En términos generales, se considera que un aumento del 1% en el contenido de cenizas del coque reduce la productividad del alto horno en un 2 a 3%. Por consiguiente el contenido de cenizas es tal vez la especificación más estricta en el mercado de carbones ya que la tendencia general es la de usar carbones con el menor contenido posible de cenizas; además, de acuerdo con su proporción y características se seleccionan los equipos de molienda del carbón para combustión, la cantidad de escoria que se debe manejar después de su combustión en las calderas y otros procesos industriales y determina la necesidad de lavado cuando se encuentra con valores altos.

2.3.3 Materias Volátiles.

Básicamente, las materias volátiles consisten en los materiales que se tornan gaseosos durante la combustión y comprenden esencialmente la humedad, el CO₂, hidrógeno y metano.

La materia volátil es crítica en la clasificación de los carbones coquizantes, toda vez que ella automáticamente indica el porcentaje de carbono fijo, usando la ecuación $CF = 100 - (H_2O + MV + cenizas)$. Además como la materia volátil se elimina casi totalmente en el proceso de carbonización, un carbón bajo en materia volátil produce un mayor porcentaje de coque.

Por otra parte, está claramente establecido que los carbones con menos del 14 % de materia volátil no coquizan y, en el otro extremo, los carbones con más del 38% de materia volátil tampoco producen coque de calidad metalúrgica.

Los carbones de medios volátiles generalmente producen coque de excelentes propiedades físicas, aunque tienen el inconveniente de desarrollar altas presiones durante la carbonización, lo cual puede causar graves daños en las baterías. Por esa razón, el tipo de carbón con 14 a 22% de Materias Volátiles es el más codiciado en la siderurgia, donde se usa como corrector en mezclas con carbones de más altos volátiles a fin de obtener los carbones ideales para coquizar, todo lo anterior según lo expresado por Duran et al., (1981).

2.3.4 Carbono Fijo.

Se obtiene restando de 100 los valores de humedad, cenizas y materia volátil. En estas condiciones es la proporción porcentual de material combustible del carbón después de expeler los materiales volátiles.

La cantidad de carbono fijo en un carbón define la eficiencia en los procesos de coquización o gasificación, así como las características y rendimiento durante la combustión; en el caso de los carbones metalúrgicos es el elemento reductor esencial para transformar el mineral de óxidos de hierro en metal durante la operación de alto horno convencional.

2.3.5 Azufre Total.

Es un elemento químico nocivo que se encuentra en los carbones de la materia mineral. Se presenta en tres formas distintas: azufre orgánico, pirítico y sulfatos de calcio. Según Duran et al., (1981) el azufre orgánico esta íntimamente mezclado con la sustancia carbonosa y no puede removerse económicamente por ningún proceso de preparación o lavado. El azufre pirítico se presenta en forma de bolsas o de películas y es relativamente fácil de removerlo parcialmente durante la preparación y el lavado, a causa de su considerable mayor densidad que el carbón. El azufre en forma de sulfatos abunda solo en los carbones oxidados cerca de la superficie y esta prácticamente ausente en los carbones frescos.

La importancia de su determinación radica en que según su abundancia puede generar problemas ambientales ya que en su combustión produce gases venenosos (SO_2) y lluvias ácidas, corrosión en las calderas si está presente en carbones coquizables, reduce la calidad del acero en la industria siderurgia. Por tanto este es uno de los más importantes parámetros en la compra-venta del carbón.

2.3.6 Poder Calorífico

Representa la energía generada por la combustión de los materiales combustibles que forman el carbón. Cuanto mayor sea el porcentaje de cenizas y humedad en el carbón, menor será su potencia calorífica. Por esta razón, los parámetros fundamentales para la comercialización del carbón se basan en la trilogía: humedad – cenizas – poder calorífico.

2.3.7 Índice de Hinchamiento.

El índice de hinchamiento es un parámetro para determinar las propiedades de coquización de los carbones, se trata de un aumento franco de volumen con el consiguiente esponjamiento.

2.4 CLASIFICACIÓN POR RANGO DE LOS MANTOS DE CARBÓN.

En Ecocarbon 1995, el término rango designa el estado alcanzado por un carbón en el curso de la carbonificación y se usa para clasificarlo según lo expuesto en la tabla 2. El rango del carbón se calcula utilizando las Formulas de Parr, de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM D-388-7, en las cuales el carbono fijo y el poder calorífico se deben calcular en base libre de materia mineral (Imm) (Pearson, 1998).

Formulas de Parr:

$$\mathbf{CF}_{\text{SImm}} = \{CF / [100 - (H + 1.1 * Cz + 0.1 * S)]\} * 100$$

$$\mathbf{BTU}_{\text{HImm}} = \{BTU / [100 - (1.1 * Cz + 0.1 * S)]\} * 100$$

Donde:

CF: Porcentaje de Carbono Fijo

SImm: Base seca libre de material mineral

H: Porcentaje de Humedad

Cz: Porcentaje de cenizas

BTU: Unidades Termicas Inglesas (Poder Calorífico)

S: Porcentaje de azufre

HImm: Base húmeda libre de materia mineral.

Tabla 2. Clasificación de carbones de acuerdo al rango. Norma ASTM-D-388-7.

Clase	Grupo	Carbono Fijo %		Poder Calorífico Cal/g		Carácter Aglomerante
		Stmm	Hlmm	Hlmm	Hlmm	
I. ANTRACITA	1. Meta-Antracita	>	<	>	<	
		98				
	2. Antracita	92	98			No
	3. Semi-antracita	86	92			
II. BITUMINOSO	1. Bituminoso Bajo Volátil	78	86			
	2. Bituminoso Medio Volátil	69	78			
	3. Bituminoso Alto Volátil A		69	7780		Comúnmente Aglomerante
	4. Bituminoso Alto Volátil B			7220	7780	
	5. Bituminoso Alto Volátil C			6380	7220	
				5830	6380	Aglomerante
III. SUB-BITUMINOSO	1. Sub-Bituminoso A			5830	6380	
	2. Sub-Bituminoso B			5280	5830	No
	3. Sub-Bituminoso C			4610	5280	Aglomerante
IV. LIGNITO	1. Lignito A			3500	4610	No
	2. Lignito B				3500	Aglomerante

Tomado de: Ecocarbon. El Carbón (1995)

3. ANTECEDENTES

En el año de 1998, la empresa Carbones del Caribe realizó un estudio de calidad de los carbones de la mina, las muestras seleccionadas se tomaron mediante la técnica canal – núcleo, en el cual se tuvo en cuenta no solo la parte correspondiente al carbón sino también los pisos y techos de los mantos (litologías presentes).

Dentro de los análisis realizados, se obtuvieron datos de: Análisis Próximos (Base como se recibe, base humedad de equilibrio, base libre de humedad, y base libre de humedad y cenizas); formas de azufre; temperatura fusión de cenizas, análisis mineral de cenizas; análisis elemental y petrográficos.

Los anteriores análisis se realizaron para los siguientes mantos: 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 05, 03, 02.

4. MARCO GEOLÓGICO

La Formación Los Cuervos aflora al noreste, este y sureste de la Jagua de Ibirico, que corresponde a la zona carbonífera (ver figura 6); y en la Loma de los Venados, al sureste de Boquerón, en área de explotación de la Drummond. La mina Carbones de La Jagua se encuentra en la zona carbonífera del Cesar que pertenece a la denominada Cuenca del Cesar- Ranchería, la cual esta limitada al norte por la falla de Oca, al oeste-suroeste por el sistema de fallas de Bucaramanga – Santa Marta principalmente, el complejo ígneo – metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, al noroeste, y la Serranía de Perijá al sureste (ver figura 5).

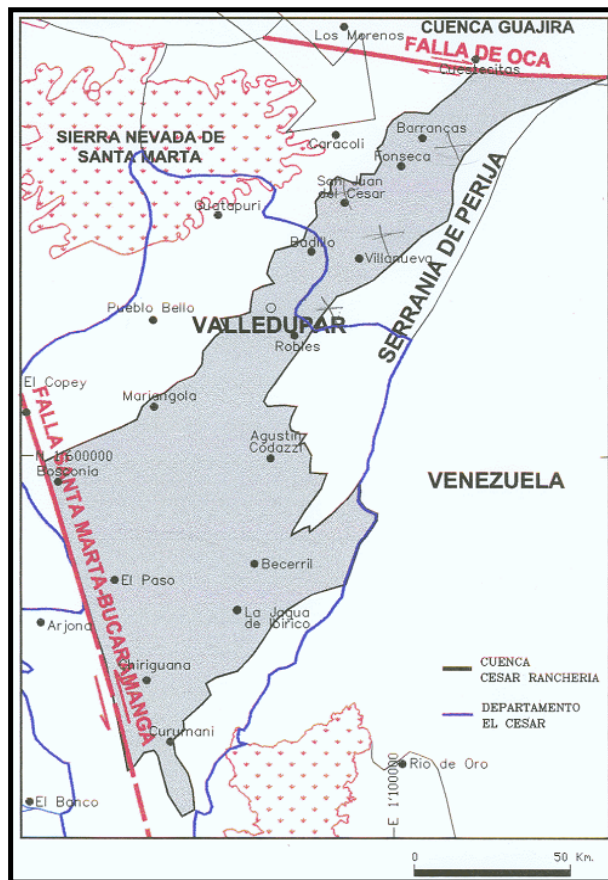


Figura 5. Marco geológico regional, límites de la Cuenca Cesar – Ranchería.

4.1.1 Terciario

Dentro de la formación se pueden distinguir tres miembros por su composición y morfología diferente, Miembro Inferior, Miembro Medio (carácter arenoso), Miembro Superior (carácter lodoarenocarbonoso).

Miembro Inferior: El espesor máximo medido del miembro es de 200 m. Carácter lodoso; el contacto superior con el miembro suprayacente es transicional, el cual corresponde a un nivel lodoso con cintas de carbón que infrayace un banco grueso de areniscas de grano medio a grueso, amarillo rojizas del miembro medio.

Miembro Medio: El espesor medido de este miembro es de 250 m y se estima que su espesor máximo es de 300 m aproximadamente. Carácter arenoso, el contacto con el Miembro Superior suprayacente es gradacional y se ubica teniendo en cuenta la aparición de niveles de carbón y la disminución del carácter arenoso. Notestein et al. (1944).

Miembro Superior: El Miembro superior representa la unidad geológica de interés para los carbones, que corresponde a la Formación Los Cuervos; aunque autores como García (1990) la definen como Formación Barco - Los Cuervos (ver figura 7).

La Formación Los Cuervos, en el área de la Zona Carbonífera Cesar, reposa conformemente, en contacto transicional, sobre la Formación Barco (Hernández, 2000); mientras que la Formación Cuesta reposa, inconformemente, sobre los conjuntos Medio y Superior de la Formación Los Cuervos (ver figura 7).

Es una secuencia sedimentaria muy variable, por lo cual se ha dividido en tres conjuntos (Ingeominas, 2004): Conjunto Inferior, (Tpcl3), compuesto por arcillolitas y limolitas de color gris a gris medio, intercaladas con bancos de areniscas, cintas y mantos de carbón. Conjunto Medio (Tpcl2), conforma, básicamente, el nivel carbonífero productivo y está constituido por una secuencia de arcillolitas, limolitas, arenitas y hasta 60 capas y mantos de carbón, cuyos espesores varían entre 0.5 y 5.30 m. Asociados a los respaldos de los carbones, se encuentran una serie de intercalaciones menores de Arcillolitas carbonosas y Lutitas, continuas y laminares. A medida que se sube estratigráficamente, estas intercalaciones arcillosas se hacen más

comunes. Conjunto Superior (Tpcl1), se compone de arenitas de color gris claro a medio, grano fino a medio, cuarzosas, intercaladas con limolitas y arcillolitas.

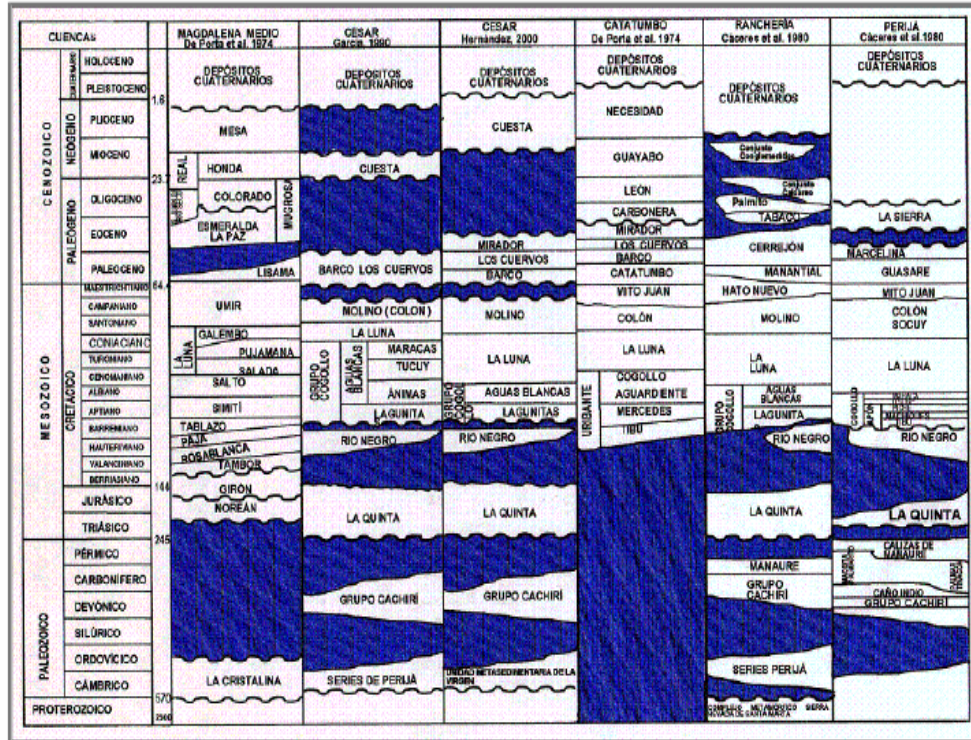


Figura 7. Marco estratigráfico regional y correlación de las unidades de la Formación Los Cuervos.

La Formación Los Cuervos varía de espesor entre 245 m hasta 1.600 m; la unidad carbonífera T - 3, descrita en los alrededores de La Jagua de Ibirico (Mejía y Mateus, 1978), es correlacionable con la Formación Los Cuervos, y su espesor es superior a los 490 m.

Los mantos de carbón son continuos y su espesor varía poco, están separados estratigráficamente por distancias que oscilan entre 0.3 m. a 28 m, reconocible en la sección transversal del yacimiento carbonífero C-C´ (ver anexo 4), cuyas coordenadas en el mapa geológico (ver anexo 2) de la mina Carbones de La Jagua son:

C: X=1086493.657 Y=1551989.485
 C': X'=1088236.373 Y'= 1550755.877

La columna generalizada (ver anexo 3) del terciario fue interpretada de diferentes perforaciones, según Mejía & Mateus (1978) y Ruiz et al. (1993), la edad del Miembro Superior de la secuencia carbonosa de La Jagua es del Paleoceno.

De acuerdo con Hernández (2003), por la posición estratigráfica, litología y edad, la Formación Los Cuervos puede ser correlacionada con una secuencia similar en el área de la Cuenca de Maracaibo, Venezuela denominada Formación Marcelina, con la Formación Los Cuervos de la Concesión Barco y Formación Lisama del Valle inferior del Magdalena; igualmente, con la Formación Cerrejón de la Cuenca Ranchería.

4.1.2 Cuaternario

El cuaternario existente en el área se puede dividir en dos eventos, terrazas aluviales antiguas cuyo espesor llega a ser mayor de 100 m; y sedimentos no consolidados recientes (Aluviones), este aluvión tiene un espesor promedio de 9 m.

4.2 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

De acuerdo con Hernández (2003); la Cuenca de Cesar - Ranchería, presenta una geología estructural bastante compleja con numerosas estructuras, producto de una tectónica comprensiva. Esta dinámica ha formado sinclinales y anticlinales estrechos con una dirección preferencial N-NE-SW con deformación más intensa hacia el oriente, en las estribaciones de la Serranía de Perijá. Los rasgos estructurales dominantes, plegamientos y fallas de carácter inverso, obedecen a un sistema comprensivo de esfuerzos regionales, con zonas de distensión. En el área los plegamientos y fallas siguen el tren estructural dominante de dirección NE-SW y se presentan lineamientos con una orientación perpendicular a ellos.

El área de estudio está enclavada en el sinclinal de La Jagua (ver figura 8), el cual se encuentra al NE del Municipio de La Jagua de Ibirico, aproximadamente a 5Km.

Presenta forma ovoide, alargada hacia el norte, es ligeramente asimétrico, con un eje mayor de aproximadamente 10.4Km., y mas de 4Km de ancho cuya dirección del eje varía de $N40^{\circ}E \pm 10^{\circ}$, al norte a $N86^{\circ}E$ hacia el sur el buzamiento varía de 20° SE en Santa Cruz, a 40° SE en la zona del Tucuy y Los Deseos al norte. Hacia el sur, la estructura es amplia y se cierra al norte con un cabeceo al W. El sinclinal afecta rocas de la Formación Los Cuervos (ver figura 9). Es un sinclinal abierto con un buzamiento en sus dos flancos; el flanco oriental tiene buzamientos más suaves, 15° en la mina del Consorcio Minero Unido (CMU) flanco E; y 25° en Los Deseos flanco W, presenta cierres buzantes tanto al norte, como en su extremo sur, la explotación minera ha permitido ver con claridad ambos extremos, siendo muy cerrado al norte y más amplio al sur.

Es una estructura muy regular, las fallas son escasas y afectan poco la estructura, durante la explotación no se han observado fallas que produzcan desplazamientos grandes o superiores a 20m. La falla Victoria (ver figura 10) se localiza en el Tajo Tesoro, es de tipo normal con dirección $N75E (\pm 2)$, con su plano de falla buzando 45° al NW, tiene un desplazamiento de plano de 12 a 14m y afecta fundamentalmente los estratos superiores; hasta ahora no se ha observado durante la explotación minera, mantos de carbón afectados que se encuentren por debajo de manto 30, es una falla de tipo local.

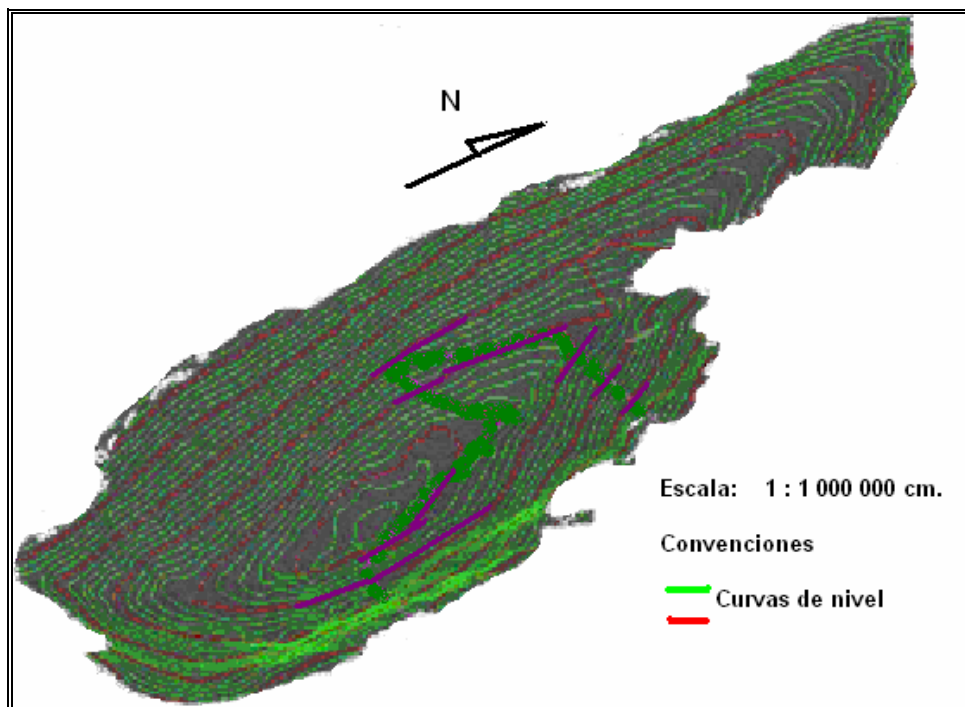


Figura 8. Estructura del sinclinal de La Jagua. Tiene forma de artesa levemente asimétrica, alargada, de 10.4Km de largo y 4Km de ancho aproximadamente. Hacia el sur la estructura es amplia, cerrándose al norte con un cabeceo al oeste. Es un sinclinal abierto, el miembro medio mediante su morfología muestra la forma de su estructura.



Figura 9. Panorámica del Sinclinal de La Jagua, Tajo Sur, donde se observan mantos de carbón afectados por la estructura del sinclinal.



Figura 10. Falla La Victoria. Se localiza en el Tajo Tesoro, y su desplazamiento es de 12 a 14 m aproximadamente.

5. METODOLOGÍA

5.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE MANTOS DE CARBÓN.

Para la realización de este proyecto fueron descritos macroscópicamente los mantos de carbón presentes en los Tajo Tesoro (en el Norte); López (Área Los Deseos de Carbones de la Jagua Unido), Laguna (Consortio Minero Unido) y Sur (ver anexo 1); con el fin de encontrar o determinar posibles diferencias de un mismo manto, de un sitio a otro.

Los mantos descritos de acuerdo a la nomenclatura de Carbones de La Jagua S.A. son: 45, 40, 35, 30, 28, 25, 20, 15, 11, 10, 09, 08, 05, 04, 03B, 03A Y 03U en el Tajo El Tesoro (ubicado hacia el Norte del sinclinal).

En la zona sur del sinclinal fueron descritos los siguientes mantos:

- En el Tajo Sur: 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 11 Y 10.
- En el Tajo López: 09, 08, 04, 03B, 03A y 03U.
- En el Tajo CMU: 05.

Cabe destacar que en el Norte otros mantos como el 02L, 02U, 01 y 00 no pudieron ser descritos puesto que en algunos casos no afloran, en otros es inaccesible la zona donde se podrían encontrar (pared alta) o se explotaron mediante minas subterráneas que ya han sido clausuradas; la misma situación se presentó en el sur con los mantos: 28, 17, 02L, 02U, 01 Y 00.

La descripción macroscópica de mantos se efectuó teniendo en cuenta principalmente características como: El brillo, color, textura, estratificación, laminación, grado de compactación, tipo de fractura, presencia de cleats (diaclasas en la jerga del carbón); intercalaciones del carbón con otras litologías, presencia de sustancias químicas como azufre (en sus tres presentaciones asociadas al carbón: orgánico, pirítico y sulfático); datos estructurales como rumbo y buzamiento; espesor y grado de meteorización.

La caracterización de los mantos con respecto a los litotipos presentes se realizó principalmente de acuerdo al brillo de los segmentos identificables en cada manto, usando como guía los parámetros establecidos en el “Australian Standard”, que es el adaptado por la empresa.

Adicionalmente, en las descripciones se tuvieron en cuenta las litologías presentes hacia el techo y la base de cada manto de carbón.

En la descripción macroscópica de los mantos, se tuvo como guía el “Australian Standard”, de acuerdo con el cual se definieron los siguientes códigos usados durante la descripción:

Categorías de Brillo de acuerdo al Estándar de Carbón Australiano.

BR: Brillo superior al 90%

BB: Brillo con bandas opacas (Brillo entre el 60 % y 90%)

BD: Bandas brillantes y opacas intercaladas (Brillo entre el 40% y 60%)

DB: Principalmente opacos con frecuentes bandas brillantes (Brillo entre el 10% al 40%)

DM: Opaco con pocas bandas brillantes (Brillo entre el 1% y 10%)

DD: Opacos, (menos del 1% de brillo).

Categorías de Color y Textura de acuerdo al Estándar de Carbón Australiano.

PA: Marrón pálido a amarillo. Presenta restos de madera pero no es muy común.

LT: Marrón claro. Mediano a bajo contenido de madera.

ML: Marrón medio a marrón claro. Alto a bajo contenido de madera, a menudo bien preservados.

MD: Marrón oscuro a marrón medio. Alto a medio contenido de madera. A menudo grandes piezas.

DK: Marrón negro a marrón oscuro. Alto contenido de madera; a menudo pequeños fragmentos.

Códigos usados para la representación de otras características de los mantos de acuerdo al Estándar de Carbón Australiano.

CU: Carbón - No diferenciado, sin posibilidad de confusión con el brillo del carbón.

CU: Carbón - No diferenciado, con posibilidad de confusión con el brillo del carbón en secciones detalladas.

CN: Carbón - Inferior.

CH: Carbón - Alterado por el calor (Estructura no identificable, sin volátiles pero no coquizado).

CC: Carbón – Con cenizas (Bandas de carbón destruidas, parcial o completamente coquizado).

CW: Carbón – Meteorizado.

Los resultados obtenidos a partir de la descripción de los mantos de carbón en los afloramientos o tajos de explotación, se encuentra consignada en Formatos de Descripción de Carbones especialmente diseñados para el presente trabajo (ver anexo 1).

Una vez terminada la fase de descripción macroscópica de carbones, se encontró que a nivel general los mantos presentan características similares en cuanto a estratificación; presencia de “*cleats*” perpendiculares a la dirección de buzamiento que se evidencia en el 90% de todos los mantos de carbón descritos; presencia de azufre en sus tres formas: orgánico, sulfático y pirítico. En cuanto al litotipo predominante se encuentran el Clareno y Vitreno, y en menor proporción los litotipos Fuseno y Dureno, este último, presente únicamente en la parte superior del manto 45 (ver figuras 16 y 37).

Se encontró un grado medio de meteorización, y sólo en los casos en los que el manto tenía contacto directo con aguas estancadas o de percolación se presentó un alto grado de meteorización (ver figura 55). A nivel general, los mantos de carbón descritos en el Tajo Tesoro presentaron un mayor espesor que los encontrados en el Tajo Sur.

5.2 SELECCIÓN DE MUESTRAS

De los mantos anteriormente mencionados se muestrearon todos aquellos cuyo espesor fue superior a 1 m; en la tabla 3 se relacionan los mantos, espesores y muestras tomadas.

En cada manto seleccionado se tomó 1 ó 2 muestras de base a techo, dependiendo del espesor y características macroscópicas de los mismos. En total se recolectaron 30 muestras de carbón correspondientes a los mantos antes mencionados.

Tabla 3: Muestras tomadas en cada manto con sus respectivos espesores.

TAJO EL TESORO			TAJO SUR, LAGUNA Y LÓPEZ		
MANTO	ESPESOR*	MUESTRA	MANTO	ESPESOR*	MUESTRA
45	1.35	FJ001	45	1.38	FJ030
45	1.45	FJ002	45	1.02	FJ029
40	2.48	FJ003	40	1.87	FJ028
35	2.73	FJ004	35	1.46	FJ027
35	1.20	FJ005	35	0.98	FJ026
30	1.73	FJ006	30	1.27	FJ025
25	0.59	FJ007	25	0.57	FJ024
25	1.44	FJ008	25	1.36	FJ023
20	2.35	FJ009	20	2.10	FJ022
15	1.90	FJ010	15	4.82	FJ021
15	3.43	FJ011	15	1.28	FJ020
10	1.33	FJ012	10	1.10	FJ019
04	1.06	FJ014	04	1.04	FJ017
03U	1.50	FJ015	03U	1.47	FJ016

* En los casos en los cuales se tomaron dos muestras, el espesor que aparece, corresponde al segmento del cual se tomó la muestra, es decir, que el espesor total del manto es la suma de los dos espesores presentados.

El muestreo de los mantos de carbón en el afloramiento o tajo de explotación se efectuó mediante el **Método de Canal**, cuyo procedimiento es el siguiente:

1. El primer paso es buscar un sitio donde el manto de carbón este fresco, es decir, no presente meteorización.
2. Limpiar muy bien el piso en el sitio del muestreo a fin de evitar contaminación con carbón anteriormente arrancado.
3. Extender sobre el piso previamente, de 3 a 4 m de lona de tamaño y calibre apropiado sobre el cual caerá la muestra que se tome en el sitio, buscando con ello aislarla de la humedad y/o impurezas provenientes del piso (ver figura 11).



Figura 11. Recolección de las muestras en una lona de tamaño y calibre apropiado

4.) La muestra se obtiene por la elaboración de un canal mediante un corte uniforme y continuo realizado con el pico y/o barra de acero, logrando una superficie lo más regular posible. Cortar un canal perpendicular a la estratificación y hasta la base del manto (piso). Este canal tendrá en promedio 15 cm. de ancho por 8 cm. de profundidad (ver figura 12).

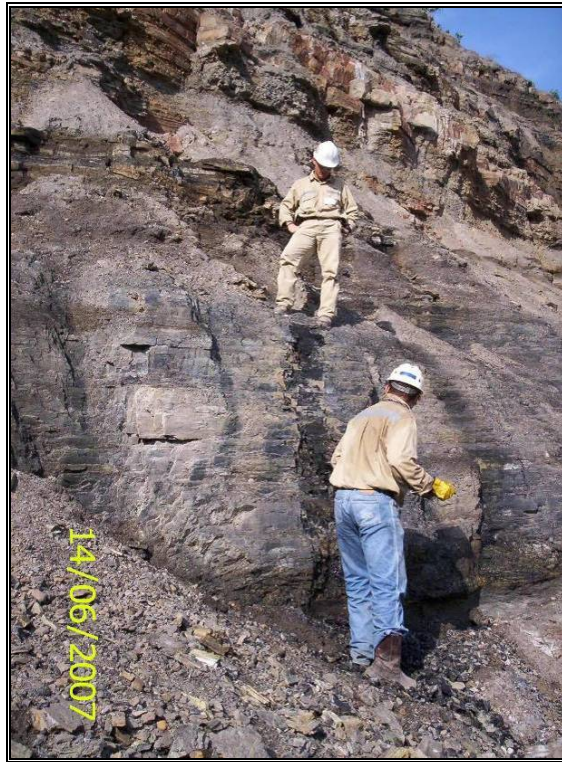


Figura 12. Obtención de las muestras mediante la elaboración de un canal de corte uniforme.

5.) Se toma la muestra, picando de arriba hacia abajo, evitando la pérdida de finos, cuidando de no profundizar más en un sitio que en otro y hasta obtener una muestra aproximada de 5 Kg. por cada 30 cm. de espesor del manto.

6.) Cada muestra será empacada en una bolsa plástica fuerte inmediatamente después de la recolección, para prever pérdidas de humedad y oxidación. Debe ser cuidadosamente marcada; se incluirá una tarjeta con la identificación de la muestra, en otra bolsa por fuera de donde esta la muestra. La muestra se debe trasladar inmediatamente al Laboratorio (ver figura 13).



Figura 13. Proceso de empacado de la muestra recolectada.

5.3 PREPARACION DE MUESTRAS.

De las muestras tomadas, se conservó la mitad de cada una de ellas y la otra mitad fue enviada al laboratorio para realizar análisis de humedad y sulfuro total, poder calorífico, índice de hinchamiento y análisis proximales; estos análisis se realizaron por parte de la empresa Carbones de La Jagua S.A. en el laboratorio Inspectorate Colombia Ltda., en la ciudad de Barranquilla.

Por otra parte, los análisis petrográficos (elaboración de secciones pulidas de carbón y estudio e interpretación de macerales de carbón) que serían realizados en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander sede Guatiguará, no se realizaron debido a la inexistencia del insumo necesario (aceite inmersión) en el laboratorio, por lo cual el presente trabajo de grado debió ser modificado y adaptado a las nuevas circunstancias.

5.4 ANALISIS GEOQUÍMICOS REALIZADOS

5.4.1 Análisis Proximales

Consistió en la determinación de la humedad, materias volátiles, carbono fijo y cenizas. El análisis proximal es la caracterización básica para toda clase de carbones. Los análisis proximales fueron diseñados específicamente para caracterizar los rangos del carbón, sin embargo, sus resultados pueden ser empleados para evaluar el grado de madurez termal de los carbones. Por otra parte, variaciones en el contenido de materia volátil y de cenizas se pueden asociar a cambios en su medio de depositación.

5.4.2 Análisis Elemental

Consistió en la determinación del azufre total presente en cada muestra de carbón; pues de los cuatro elementos químicos corrientemente determinados en el análisis elemental, el azufre es el que tiene interés directo en el empleo del carbón con fines térmicos y metalúrgicos.

5.4.3 Poder Calorífico

El sistema americano reporta el poder calorífico expresándolo en BTU por libra. Sin embargo internacionalmente se acostumbra expresarlo en calorías por gramo en base libre de humedad. En este trabajo, el poder calorífico se expresa en calorías por gramo, ($1 \text{ BTU} / \text{lb} = 1.8 \text{ Cal} / \text{g}$), en base humedad libre de materia mineral para efectos de la clasificación del carbón con respecto al rango.

5.4.4 Índice de Hinchamiento

El índice de hinchamiento es el ensayo más elemental y sencillo para indicar las propiedades aglomerantes de un carbón, pero no refleja necesariamente sus verdaderas propiedades de coquización, por lo cual en este trabajo no se puede dar una conclusión definitiva sobre las características “coquizantes” de los carbones del Sinclinal de La Jagua.

6. RESULTADOS

Tabla 4: Resultados de análisis geoquímicos realizados a muestras tomadas en afloramientos en el Tajo Tesoro.

	SAMPLE INFORMATION				As analysed %	Dry Basis %					SImm**	hImm***	As Received %	
	SAMPLE #	MANTO	PLY*	REMARK	MEASURED (m)	FSI	% ASH	% TS	% VM	% CF	Pod. Calorif. (BTU/ lb)	%CF	Pod. Calorif. cal / g	% TM
TAJO TESORO	FJ001	M45	1	Coal	1,35	0,0	2,43	0,55	38,19	59,38	14293	65,79	8166	7,02
	FJ002	M45	2	Coal	1,45	2,5	0,87	0,81	43,80	55,33	14838	58,34	8333	3,79
	FJ003	M40	1	Coal	2,48	1,5	5,33	0,85	40,86	53,81	13839	60,35	8178	4,62
	FJ004	M35	1	Coal	2,73	2,5	4,54	0,62	39,57	55,89	13943	63,47	8162	6,71
	FJ005	M35	2	Coal	1,20	2,5	2,05	0,74	40,78	57,17	14387	63,77	8187	7,74
	FJ006	M30	1	Coal	1,73	2,5	1,98	0,46	41,59	56,43	14282	61,33	8118	5,61
	FJ007	M25	1	Coal	0,59	2,5	3,69	1,61	42,13	54,18	14057	59,80	8157	4,53
	FJ008	M25	2	Coal	1,44	2,5	0,64	0,63	42,13	57,23	14491	75,45	8116	6,38
	FJ009	M20	1	Coal	2,35	2,5	2,56	0,44	41,80	55,64	14150	62,11	8096	7,42
	FJ010	M15	1	Coal	1,90	2,5	1,19	0,32	41,41	57,40	14400	62,12	8112	7,22
	FJ011	M15	2	Coal	3,43	2,0	2,39	0,37	41,75	55,86	14150	61,72	8080	6,72
	FJ012	M10	1	Coal	1,33	2,5	1,52	0,67	42,54	55,94	14187	62,28	8024	8,18
	FJ013	M05	1	Coal	1,56	2,0	2,09	0,62	42,86	55,05	13942	61,44	7936	7,81
	FJ014	M04	1	Coal	1,06	2,5	2,54	1,33	44,59	52,87	13979	58,82	8004	6,65
	FJ015	M03U	1	Coal	1,50	1,5	1,34	0,42	44,20	54,46	13954	59,26	7875	6,43
	Valor Máximo						2,5	5,33	1,61	44,59	59,38	14838	75,45	8333
Valor Mínimo						0,0	0,64	0,32	38,19	52,87	13839	58,34	7875	3,79
Promedios						2,1	2,30	0,70	41,88	55,78	14193	62,16	8090	6,46

Tabla 5: Resultados de análisis geoquímicos realizados a muestras tomadas en afloramientos en el Tajo Sur.

SAMPLE #	SAMPLE INFORMATION				As analysed %	Dry Basis %					SImm**	hImm***	As Received %
	MANTO	PLY*	REMARK	MEASURED (m)	FSI	% ASH	% TS	% VM	% CF	Pod. Calorif. (BTU/ lb)	%CF	Pod. Calorif. cal / g	% TM
FJ016	M03U	1	Coal	1,47	1,0	1,65	0,44	43,49	54,86	14013	60,54	7936	7,37
FJ017	M04	1	Coal	1,04	3,0	4,18	2,74	43,87	51,95	13647	57,04	7973	7,23
FJ018	M05	1	Coal	1,40	1,0	1,77	0,67	42,03	56,20	13885	62,53	7876	7,85
FJ019	M10	1	Coal	1,10	1,0	1,40	0,66	40,26	58,34	13967	65,37	7889	8,88
FJ020	M15	2	Coal	1,28	1,0	3,85	0,56	40,74	55,41	13726	63,17	7971	7,82
FJ021	M15	1	Coal	4,82	1,0	1,95	0,34	40,20	57,85	14135	64,04	8031	7,38
FJ022	M20	1	Coal	2,10	1,5	2,89	0,40	40,88	56,23	14098	64,85	8096	9,96
FJ023	M25	2	Coal	1,36	2,5	1,78	0,61	41,43	56,79	14232	63,87	8073	8,83
FJ024	M25	1	Coal	0,57	2,0	3,50	1,35	42,22	54,28	14027	60,04	8119	5,08
FJ025	M30	1	Coal	1,27	1,5	1,68	0,51	42,11	56,21	14173	62,23	8030	7,58
FJ026	M35	2	Coal	0,98	1,5	2,32	0,71	37,98	59,70	14214	70,51	8113	12,44
FJ027	M35	1	Coal	1,46	3,0	3,48	0,95	41,39	55,13	14085	62,93	8148	8,12
FJ028	M40	1	Coal	1,87	3,0	1,55	0,75	41,49	56,96	14325	62,26	8106	6,44
FJ029	M45	2	Coal	1,02	2,0	1,09	0,70	44,20	54,71	14705	58,02	8278	4,15
FJ030	M45	1	Coal	1,38	2,0	4,07	0,57	37,66	58,27	13918	65,00	8103	5,65
Valor Máximo					3,0	4,18	2,74	44,20	59,70	14705	70,51	8278	12,44
Valor Mínimo					1,0	1,09	0,34	37,66	51,95	13647	57,04	7876	4,15
Promedios					1,8	2,48	0,76	41,33	56,19	14077	62,82	8624	7,65

Donde:

***Ply 1:** Corresponde a las muestras tomadas en la parte inferior de los mantos de carbón.

***Ply 2:** Corresponde a las muestras tomadas en la parte superior de los mantos de carbón.

****hImm:** Base húmeda libre de materia mineral.

*****SIImm:** Base seco libre de materia mineral.

Pod. Calorif.: Poder Calorífico.

FSI: Free Swelling Index

% ASH: Porcentaje de Cenizas

% TS: Porcentaje de Azufre Total

% VM: Porcentaje de Materia Volátil

% CF: Porcentaje de Carbono Fijo

% TM: Humedad Total.

Observando los resultados obtenidos de los análisis de materia volátil para los mantos analizados se presentan valores que oscilan entre un mínimo y un máximo de 37.66 % y 44.59 % respectivamente, con un promedio de 41.60 % (ver tablas 4 y 5).

Los contenidos de ceniza, presentan a nivel general un rango aceptable, (<6) que oscila entre un máximo de 5.33 % y un mínimo de 0.64 % cuyo promedio es de 2.40 % (ver tablas 4 y 5) cabe anotar que los valores de la ceniza deben ser los mas bajos posibles, para efectos de la coquización, se considera que el 12 % es el máximo limite aceptable para tal fin.

Estos carbones presentan una humedad relativamente normal, con un promedio de 7.05 %, un máximo de 8.18 % y un mínimo de 3.79 %, se presenta un único valor aislado de 12.44 % (ver tablas 4 y 5), que corresponde a la muestra FJ026; si bien, para la coquización el limite máximo aceptado es de 12 %; los limites preferibles varían de 4 a 10 %, lo que indica que los carbones del Sinclinal de la Jagua

presentarían niveles aceptables para la coquización en lo que a la humedad total se refiere.

En general el contenido de azufre en promedio es de 0.74 % (ver tablas 4 y 5), valor relativamente aceptable, si se tiene en cuenta que aunque el contenido de azufre debe ser lo mas bajo posible para la coquización, el máximo limite aceptable para la misma es de 1 %, de acuerdo con el *"Australian Standard"*.

Los carbones presentan un poder calorífico que oscila entre 13647 BTU/lb., y 14838 BTU/lb., con un promedio de 14134 BTU/lb (ver tabla 4 y 5).

El índice de hinchamiento de los carbones varía desde 0.0 como mínimo hasta 3.0 como máximo en una escala de 0 a 10, cuyo promedio es de 2.0 (ver tablas 4 y 5), lo que implica que aquellos mantos cuyos índices de hinchamiento sean iguales o superiores a 2.5 presentan características coquizables que deben ser analizadas con mas detalle.

7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos se analizaron manto por manto con el fin de identificar similitudes y diferencias en las tendencias de los parámetros estudiados en los carbones tanto del Tajo Tesoro como del Tajo Sur.

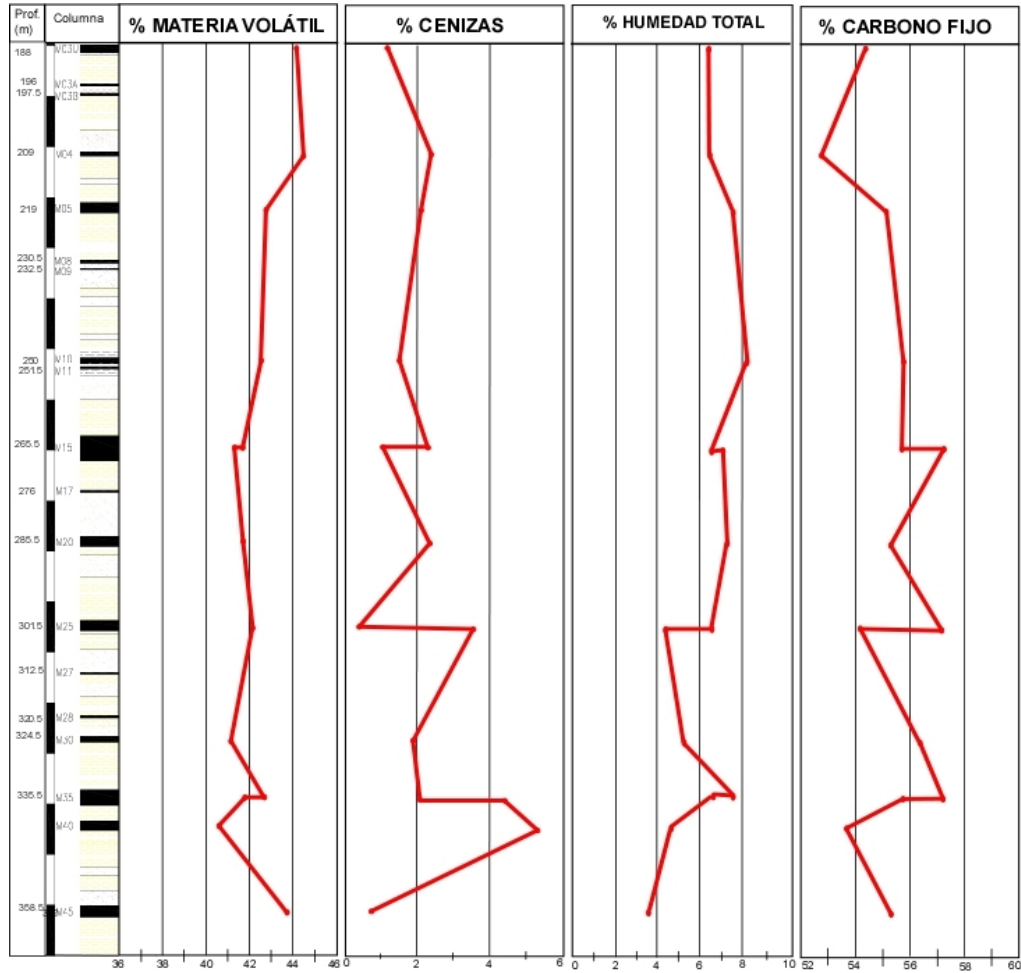
Esta tendencia de los parámetros, se analizó con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón muestreados en los tajos de perforación, en razón de que los carbones generalmente presentan un aumento del rango hacia las zonas de mayor profundidad estratigráfica.

A continuación se presenta cada uno de los esquemas obtenidos partir del análisis de los resultados:

7.1 TAJO TESORO

7.1.1 Análisis Próximo

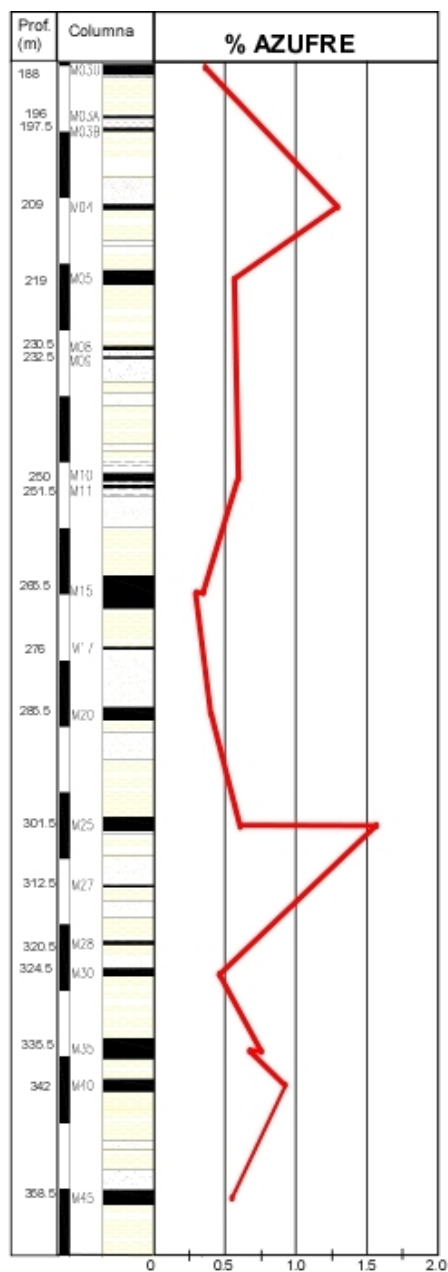
Tabla 6: Variación de los parámetros del análisis próximo con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón del Tajo Tesoro.



Se observa una tendencia de incremento tanto de la materia volátil, como de la humedad hacia las zonas de más alta posición estratigráfica: por el contrario, el contenido de cenizas y carbono fijo presentan tendencias de incremento, hacia las zonas de más baja posición estratigráfica. Se destacan particularmente los mantos 04, 15 y 25 por sus tendencias similares en los parámetros analizados; presentando unos picos bien definidos.

7.1.2 Análisis Elemental

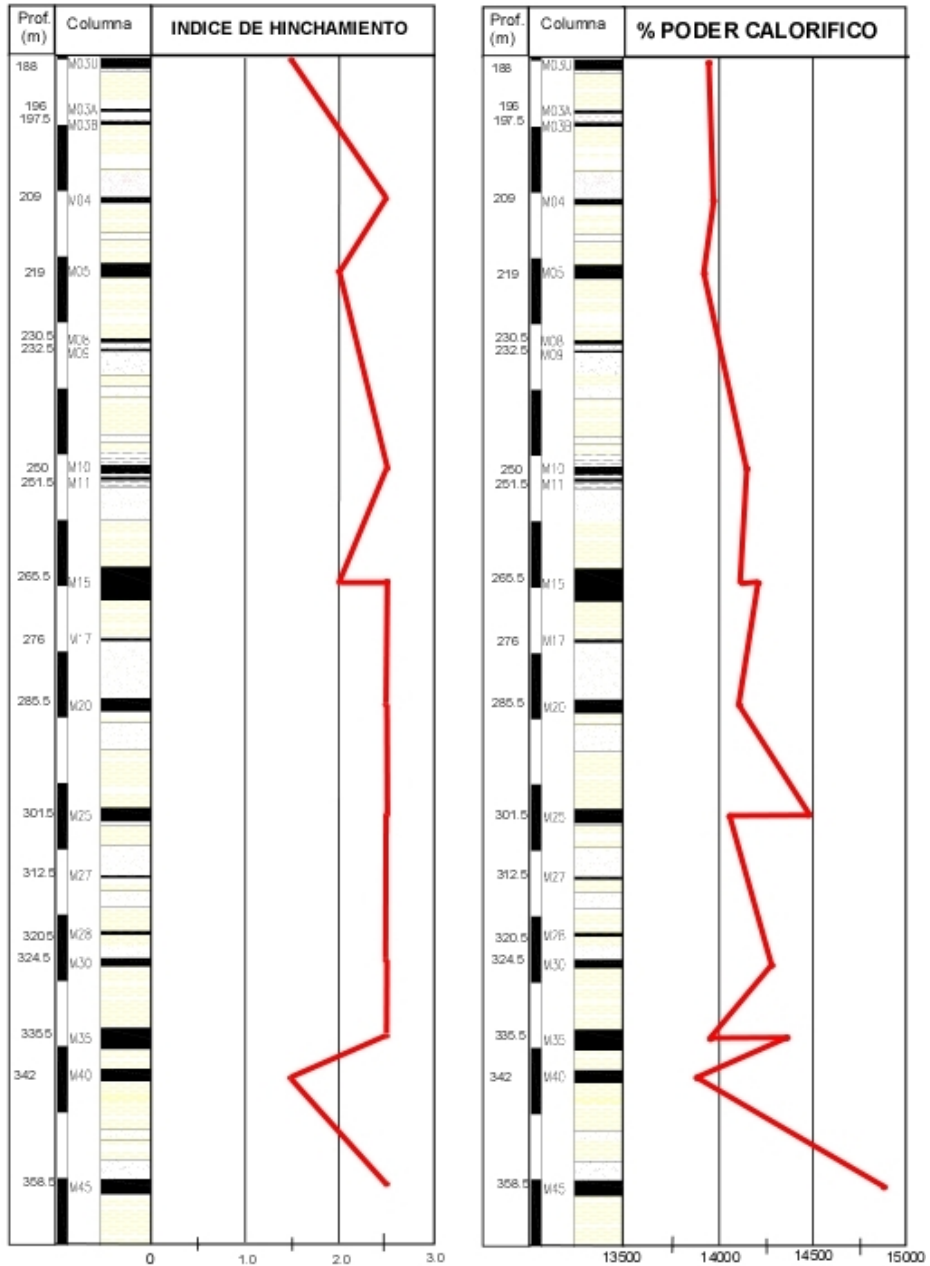
Tabla 7: Variación del contenido de azufre con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón, en el Tajo Tesoro.



Los mantos 04 (ver figura 31) y 25 se destacan por su alto contenido de azufre.

7.1.3 Índice de Hinchamiento y Poder Calorífico

Tabla 8: Variación de los parámetros de Índice de Hinchamiento** (FSI) y Poder Calorífico (BTU/lb.) con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón en el Tajo Tesoro.



** Las dos muestras analizadas en manto 25 dieron el mismo valor (FSI= 2.5) al igual que en manto 35 (FSI= 2.5), por lo cual se representó un solo punto en la gráfica.

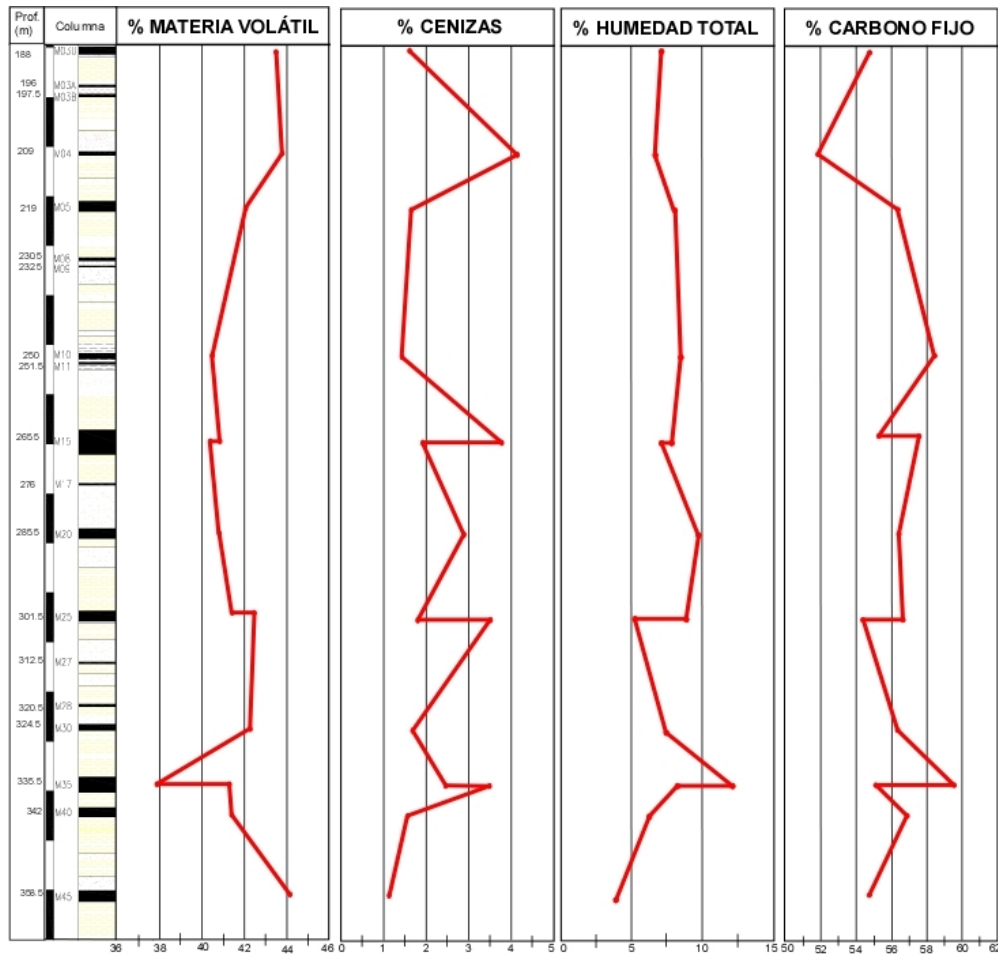
Los valores encontrados para el índice de hinchamiento en el Tajo Tesoro, en su mayoría iguales a 2.5 son interesantes, toda vez que indicarían propiedades coquizables de los mantos de carbón. Por otra parte, a partir de valores iguales a 2.5 en el índice de hinchamiento se recomienda la realización de análisis adicionales como petrografía, reflectancia media de la vitrinita, plastometría y dilatometría, con el fin de determinar las propiedades coquizantes de los mantos de carbón.

Los valores obtenidos en el análisis del poder calorífico muestran una clara tendencia de aumento hacia la zona de más baja posición estratigráfica, destacándose particularmente los mantos 25, 35 y 45; éste último presentando un valor máximo de 14838 (BTU/lb).

7.2 TAJO SUR

7.2.1 Análisis Próximo

Tabla 9: Variación de los parámetros del análisis próximo con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón del Tajo Sur.



El contenido de materia volátil en el Tajo Sur se destaca por su incremento hacia la zona superior y basal de la sucesión estratigráfica de mantos, mientras que los carbones intermedios presentan una tendencia de disminución del contenido de materia volátil, particularmente los mantos 04 y 45 presentan altos contenidos.

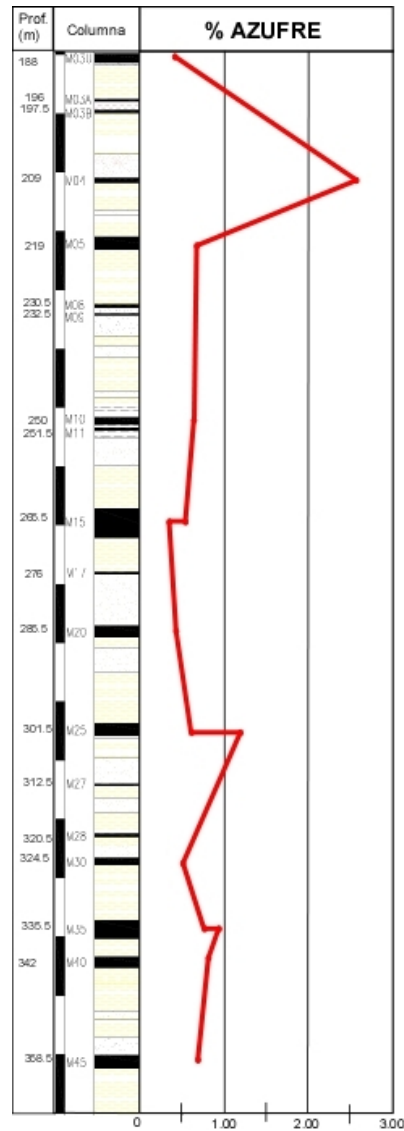
Por otra parte, los mantos 04, 15, y 25 sobresalen por su contenido de cenizas, pero se presenta una leve tendencia de disminución de la misma hacia la zona basal con respecto a la posición estratigráfica.

El contenido de humedad total no presenta un patrón característico, ni una tendencia constante de variación, ya que tiene valores relativamente semejantes; a excepción del manto 35 que presenta un pico de humedad máximo y manto 45 con un pico de humedad mínimo.

En cuanto al porcentaje de carbono fijo en el Tajo Sur se observa un incremento hacia las zonas de posición estratigráfica inferiores; destacándose el manto 04 por ser el de mas bajo porcentaje y manto 35 por ser el de mayor valor.

7.2.2 Análisis Elemental

Tabla 10: Variación del contenido de azufre con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón, en el Tajo Sur.

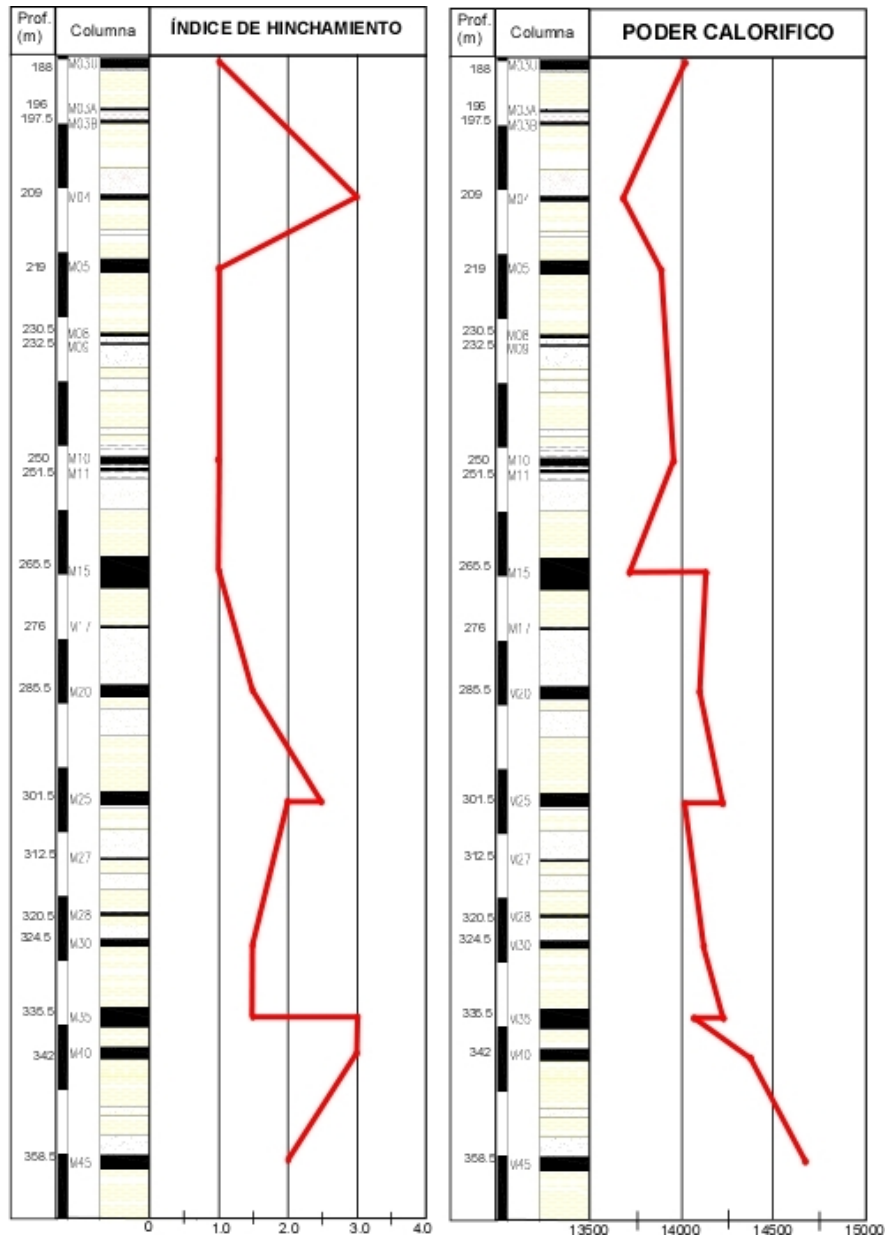


Los carbones de los mantos 04 y 25 en el Tajo Sur se destacan por su contenido de azufre, en especial el manto 04 que presenta un alto porcentaje de azufre de tipo sulfático que se puede evidenciar en campo (ver figura 50).

En general se observa una tendencia de disminución hacia los mantos inferiores.

7.2.3 Índice de Hinchamiento y Poder Calorífico

Tabla 11: Variación de los parámetros de Índice de Hinchamiento** (FSI) y Poder Calorífico (BTU/lb.) con respecto a la posición estratigráfica de los mantos de carbón en el Tajo Sur.



** Las dos muestras analizadas en manto 15 dieron el mismo valor (FSI= 1.0) por lo cual se representó un solo punto en la gráfica.

Los valores de índice de hinchamiento presentan tendencia de aumento hacia la zona superior y base de la secuencia de mantos de carbón y una leve disminución hacia la zona de posición estratigráfica intermedia.

Sobresalen de manera especial los índices de hinchamiento de los mantos 25 (FSI= 2.5) y mantos 04, 35 y 40 (FSI= 3.0). Valores de particular interés si se tiene en cuenta que estos mantos demuestran características de coquizabilidad, es decir; en la industria serian apreciados como carbones coquizables, que en mezcla con carbones coquizantes pueden producir coque.

Con respecto al análisis de poder calorífico, sobresalen por sus mejores características los mantos ubicados en una posición estratigráfica inferior. Ya que se presenta una tendencia de incremento hacia la zona basal de la sucesión de mantos de carbón. Se destaca el manto 45 por su alto poder calorífico (14705 BTU/lb).

8. RANGO DEL CARBÓN

Los resultados geoquímicos obtenidos a partir del análisis de las muestras tomadas en los tajos de perforación, particularmente del porcentaje de carbono fijo y del poder calorífico (Cal / g), se usaron como herramientas para determinar la clasificación de los mantos de carbón muestreados de acuerdo al rango, según la norma ASTM-D-388-7.

Lo anterior, se realizó teniendo en cuenta que los valores del Poder Calorífico que se encontraban en base seca y los de Carbono Fijo que se encontraban en base como se recibió; se recalcularon para obtener los valores en las bases deseadas, es decir, libre de materia mineral (ver tabla 2), para realizar la clasificación por rango.

De acuerdo con lo anterior, todas las muestras de carbón analizadas en el presente estudio, se clasificaron de acuerdo al rango como de tipo Bituminoso Alto Volátil A.

9. CONCLUSIONES

Se realizó la descripción macroscópica de los litotipos presentes en los mantos de carbón, identificándose en el Tajo Tesoro (ubicado al Norte del Sinclinal) y en el Tajo Sur (ubicado al Sur del Sinclinal) 4 litotipos diferentes: Vitreno, Clareno, Dureno y Fuseno; donde se encontró un aumento del litotipo vitreno hacia la zona basal del miembro superior de la Formación Los Cuervos en el norte del sinclinal, mientras que el litotipo clareno se distribuye uniformemente a través de todo el miembro superior de la formación. Hacia el sur del sinclinal, se presenta una tendencia semejante a la encontrada en el norte, pero con una disminución en la proporción del litotipo vitreno. Particularmente, el litotipo dureno únicamente se encuentra en la base de la secuencia carbonífera (segmento superior del manto 45) tanto al norte como al sur del Sinclinal de La Jagua.

Se determinaron características semejantes en los dos Tajos, como la presencia de “cleats” perpendiculares a la dirección de buzamiento de los mantos de carbón; estratificación; presencia de azufre en sus tres formas asociadas al carbón: sulfático, pirítico y orgánico. En algunos casos se encontró meteorización de los mantos de carbón, especialmente en aquellos que tenían contacto directo con agua de percolación. Además se encontró que hacia el norte del sinclinal el espesor de los mantos de carbón es mayor que hacia el sur del mismo; aunque la conservación de las características de los carbones es apreciable.

Se realizaron análisis químicos, entre ellos Análisis Próximo (Porcentajes de humedad, materia volátil, cenizas y carbono fijo); Análisis Elemental (Porcentaje de azufre); Poder Calorífico e Índice de Hinchamiento a los siguientes mantos de carbón: 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 05, 04 y 03U tanto en el Tajo Tesoro como en el Tajo Sur, a partir de cuyo análisis de resultados se determinó que:

El contenido de Materia Volátil está relacionado con el punto de localización de la muestra, este hecho se evidencia generalmente con el aumento del porcentaje de materia volátil al norte del Sinclinal de la Jagua y hacia la base del mismo en el miembro superior de la Formación Los Cuervos.

Los mantos de carbón estudiados presentan valores de humedad relativamente bajos (menores del 10 %), excepto por manto 35; y existe una tendencia de incremento de estos valores hacia el sur del sinclinal, pero disminuyen hacia la base con respecto a la posición estratigráfica, lo cual es razonable, si se tiene en cuenta que los mantos de carbón inferiores, presentan una porosidad menor que los superiores, debido a la carga litoestratigráfica que soportan.

Las muestras de carbón analizadas tienen contenidos de carbono que aumentan hacia la base de la formación carbonífera, con un promedio de 55%, pero no se presenta un patrón de variación constante a lo largo del Sinclinal de La Jagua.

Solo 4 muestras de carbón de los mantos analizados presentan niveles relativamente altos de azufre (mayor del 1%), que corresponden a manto 25 (segmento inferior) y manto 04, tanto en el Tajo Tesoro como en el Tajo Sur.

El poder calorífico presenta muy tenues variaciones de un tajo a otro, y se presenta un aumento hacia las zonas de posición estratigráfica inferior. En general estos carbones presentan un muy buen poder calorífico, que los clasifica como de tipo Térmico, usados especialmente para la generación de energía.

Los carbones analizados poseen un moderado índice de hinchamiento, que tiende a aumentar hacia el Norte y disminuir al Sur del sinclinal pero en ambos casos aumentando hacia la superficie; presentándose algunas excepciones particularmente interesantes:

En el Tajo Tesoro los mantos 04, 10, 15 (segmento inferior), 20, 25, 30, 35, 40 y 45 (segmento superior); cuyos índices de hinchamiento son iguales a 2.5. Por otro lado, en el Tajo Sur se presentan los mantos 04 (FSI = 3.0), manto 25 segmento superior (FSI = 2.5); y ambos mantos 35 y 40 (FSI = 3.0).

Si bien el índice de hinchamiento no es útil por si solo para evaluar las propiedades coquizantes, si constituye una de las principales herramientas, por lo cual se determinó que los mantos de carbón anteriormente mencionados presentan propiedades de coquizabilidad, es decir, podrían ser usados como carbones de mezcla con carbones coquizantes, que puedan producir coque. Pero si se desea corroborar

las propiedades coquizantes de estos carbones se hace necesario realizar entre otros, análisis petrográficos y reflectancia media de la vitrinita en todos los casos.

Los carbones estudiados en el Sinclinal de La Jagua se clasifican, de acuerdo al rango, como Bituminosos Altos en Volátiles A; de acuerdo al Poder Calorífico (hlmm) y al Carbono Fijo (Slmm), según la norma ASTM D-388-7; lo que implica un alto grado de transformación (carbonificación) alcanzado a lo largo de la evolución geológica de estos carbones, en la serie natural de lignito a antracita, demostrando la calidad superior de estos carbones en comparación con los explotados en la Formación Cerrejón en el departamento de La Guajira.

10. RECOMENDACIONES

Complementar el estudio geoquímico realizado a los carbones en este trabajo, con los correspondientes análisis petrográficos.

A los mantos 04, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 45 (Tajo Tesoro) y 04, 25, 35 y 40 (Tajo Sur), realizar análisis petrográficos, reflectancia media de la vitrinita, plastometría y dilatometría, para confirmar o desvirtuar las características “coquizantes” de los mismos, además de ensayos de coquización tanto en laboratorio como semi-industriales.

Si bien los carbones estudiados presentan buenas características térmicas, se recomienda la utilización como carbones de mezcla, particularmente de los mantos 04, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 45 (Tajo Tesoro) y 04, 25, 35 y 40 (Tajo Sur), con el fin de obtener mezclas coquizables que produzcan coque de buena calidad.

REFERENCIAS

AUSTRALIAN STANDARD. Guide to the technical evaluation of higher rank coal deposits. Australia: Standard Association of Australia, 1993. 120p.

CAMPOS, C y ZULETA, O. Cartografía geológica y cuantificación preliminar de las reservas de carbón del Sinclinal de la Jagua. La Jagua de Ibirico, Cesar. Bucaramanga: ECOCARBON - UIS. 1994.

DIESSEL, C. (1992). Coal – Bearing Depositional Systems. Springer. Berlin. 721 pp.

DURAN., et al. Evaluación de reservas de carbón en siete zonas de Colombia. Bogotá: INGEOMINAS, Publ. Geol. Esp. 1981.

ECOCARBÓN. Muestreo y análisis, normas generales. Santa fe de Bogotá: Ecocarbon, 1995. 42p.

HERNÁNDEZ Marina. Geología de la plancha 48: La Jagua de Ibirico. Santa fe de Bogotá: INGEOMINAS, 2003. 104p.

IGAC. Cesar: Características geográficas. Santa fe de Bogotá: IGAC, 1993. 155p.

INGEOMINAS. Introducción a la tecnología del carbón: origen, composición, propiedades, clasificación. Santa fe de Bogotá. INGEOMINAS, 1986. 288p.

INGEOMINAS. El Carbón Colombiano. Recursos, reservas y calidad .Bogota. INGEOMINAS. 2004. 470p.

LAYTON, Rossy. Petrografía y Geoquímica orgánica y su aplicación en la estratigrafía de secuencias en la Formación Cerrejón, Guajira. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: UIS. 2006. 88p.

MEJÍA, L y MATEUS, L. Recursos carboníferos de la Jagua de Ibirico (Cesar), informe 1732. Santa fe de Bogotá: INGEOMINAS, 1978.

NOTESTEIN, F. B., et al. Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. Bull. Geol. Soc. Amer., 55:1165–1215. (Boulder, Colorado) New York. 1944.

PEARSON, D. E. The Quality of Western Canadian coking coal. British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. Victoria, British Columbia, 1998. 20p.

RUIZ, O., et al. La Veta Somınca Datación y Paleoambiente, La Jagua de Ibirico, Colombia. 6 Congreso Colombiano de Geología. Medellín. 1993.

ANEXO 1.
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE CARBONES

TAJO TESORO



Figura 14. Panorámica del Tajo Tesoro, ubicado hacia el norte del Sinclinal de La Jagua.



Figura 15. Tajo Tesoro.



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: TESORO Manto: 45 Hoja: 01
Localización: N: 1551833,514 E: 1088426,661 Cota: 74.640

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		1.00			Arenisca, gris claro, meteorizado y fragmentado	Techo M45
MANTO 45 (2.80 m) (ver fig. 16 y 17)	E	0.38	FJ002	11°	CO, BB, DK, CU; Laminado, con presencia de azufre pirítico, se observan cleats.	R= N9°E Litotipo Clareno
	D	1.07		11°	CO, DB, LT, CU, Fractura concoidea; masivo, con estriaciones horizontales, color negro grisáceo, presenta azufre pirítico.	R= N9°E Litotipo Dureno
	C	0.47		11°	CO, BR, DK, CU, Masivo, laminado, presenta azufre piritico y orgánico diseminados, se observan cleats.	R= N9°E Litotipo Vitreno
	B	0.12	FJ001	11°	CO, BB, DK, CU; Masivo, laminado, presenta azufre orgánico y piritico diseminados, además se observan cleats.	R= N9°E Litotipo Clareno
	A	0.76		11°	CO, BR, DK, CU; Rompe en forma de cubos; se presenta azufre piritico y orgánico diseminados, también presenta cleats.	R= N9°E Litotipo Vitreno
Piso		Indeterminado			Limolita, masiva, gris claro, meteorizada con contenido de pirita.	Piso M45

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 30 de Mayo de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 40 Y 35 Hoja: 02
 Localización M40 N: 1551537,398 E: 1088375,321 Cota: 113.683
 Localización M35: N:1551535,781 E: 1088370,955 Cota: 114.151

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		1.00			Limolita, semimeteorizada, marrón oscuro, diaclasada, compacta y masiva.	Techo M35
MANTO 35 (3.93 m)	J	1.20	FJ004 FJ005	19°	CO, BB, DK, CU, Finamente estratificado y levemente laminado.	R= N38E Litotipo Clareno
	I	0.13		19°	CO, BR, DK, CU, Compacto, estratificado, fractura concoidea.	R= N38E Litotipo Vitreno
	H	2.6		19°	CO, BB, DK, CU, Finamente laminado y estratificado, con contenido de azufre piritico diseminado.	R= N38E Litotipo Clareno
Intercalación		0.17			Limolita, meteorizado, marrón oscuro, compacto y masivo, presenta diaclasas.	División entre M40 y M35
MANTO 40 (2.48 m)	G	1.10	FJ003	18°	CO, BB, DK, CU, Finamente laminado y estratificado.	R= N38E Litotipo Clareno
	F	1.38		18°	CO, BR, DK, CU, Ligeramente figurado, rompe en forma de cubos, presenta cleats.	R= N38E Litotipo Vitreno
Piso		Indeterminado			Limolita, marrón oscuro, semimeteorizado.	Piso M40

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 31 de Mayo de 2007

Firma: _____

DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES



Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 30 Hoja: 03
Localización: N: 1551575,396 E: 1088334,655 Cota: 111.823

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arenisca, marrón claro, meteorizado.	Techo M30
MANTO 30 (ver fig. 18)	K	1.73	FJ006	21°	CO, BR, DK, CU, Rompe en forma de cubos, presenta estratificación moderada.	R= N20°E Litotipo Vitreño
Piso		0.56			Limolita, color marrón oscuro, meteorizado	Piso M30

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 31 de Mayo de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 28 Hoja: 04
 Localización: N: 1551681,089 E: 1088332,382 Cota: 107.060

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.35			Limolita, marrón oscuro, meteorizado.	Techo M28
MANTO 28 (ver fig. 19 y 20)	L	1.00		22°	CO, BR, DK, CU, Presenta fractura semiconcoidea, estratificación y cleats. Desde el piso y hasta 0.2 m de la base hay una intercalación de carbón-limolita.	R= N15°E Litotipo Vitreno
Piso		1.00			Arenisca, color marrón claro, meteorizado.	Piso M28

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 31 de Mayo de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 25 Hoja: 05
Localización: N: 1551709,342 E: 1088287,531 Cota: 106.508

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color gris claro, meteorizado.	Techo M25
MANTO 25 (2.03 m) (ver fig. 17 y 18)	O	1.44	FJ008	13°	CO, BB, DK, CU, Presenta laminación y azufre de tipo orgánico diseminado.	R= N10°E Litotipo Clareno
	N	0.09		13°	CO, BR, DK, CU, Presenta estratificación y es más compacto.	R= N10°E Litotipo Vitreno
Parting		0.87			Arcillolita, color marrón rojizo, meteorizado.	División del manto 25
MANTO 25 (ver fig. 21)	M	0.50	FJ007	13°	CO, BB, DK, CU, Estratificado, compacto, presenta algunos cleats. Hay una separación (2 mm) sin un relleno visible, probablemente fue lavado.	R= N10°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Arenisca, color amarillo grisáceo claro, semimeteorizado.	Piso M25

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 31 de Mayo de 2007

Firma: _____

DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 20 Hoja: 06
 Localización: N: 1551740,992 E: 1088247,834 Cota: 105.716

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arenisca, gris, compacta, masiva, grandes bloques.	R= N13°E Techo M20
MANTO 20 (ver fig. 22)	P	2.35	FJ009	11°	CO, BB, DK, CU; Se observan características muy uniformes, presenta estratificación y cleats.	R= N16°E Litotipo Clareno
Piso		0.35			Limolita, color gris claro, levemente meteorizado.	Piso M20

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 31 de Mayo de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: TESORO Manto: 17 Hoja: 07
 Localización: N: 1551780,459 E: 1088221,238 Cota: 107.471

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.39			Limolita arcillosa, color amarillo grisáceo, meteorizado.	Techo M17
MANTO 17 (ver fig. 23 y 24)	Q	1.07		6°	CO, BB, DK, CU; Es compacto, medianamente estratificado, hay presencia de cleats.	R= N14°E Litotipo Clareno
Piso		0.30		19°	Arenisca, color gris claro, masiva, compacta, se presenta en grandes bloques.	R= N8°E Piso M17

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 07 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 15 Hoja: 08
 Localización: N: 1551776,764 E: 1088188,709 Cota: 107.830

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color gris claro, meteorizado.	Techo M15
MANTO 15 (5.33 m) (ver fig. 25)	S	3.43	FJ011	11°	CO, BR, DK, CU, Presenta estratificación, algunos cleats. En algunas zonas se observa azufre de tipo orgánico diseminado.	R=N22°E Litotipo Vitreno
	R	1.90	FJ010	11°	CO, BB, DK, CU; Presencia de cleats, y estratificación, los dos segmentos están claramente divididos por una línea.	R=N22°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Limolita, compacta, y meteorizada.	Piso M15

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 01 de junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 10 Y 11 Hoja: 09
Localización M10: N: 1551864,944 E: 1088086,410 Cota: 104.878

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.36			Arcillolita, color gris claro, meteorizado.	Techo M10
MANTO 10 (1.33 m) (ver fig. 26)	U	0.17	FJ012	6°	CO, DB, DK, CU; masivo, compacto, fractura semiconcoidea.	R= N16°E Litotipo Vitreno
	T	1.16			CO, BB, DK, CU, masivo, compacto y de color grisáceo, presenta estratificación y una leve laminación. Ocasionalmente presenta lentes sideríticos.	R= N16°E Litotipo Clareno
Intercalación		0.09			Arcillolita, se presenta como una intercalación; meteorizado por acción del agua, color amarillo grisáceo.	División entre M10 y M11
MANTO 11	S	0.62		14°	CO, BB, DK, CU, Presenta estratificación, y es compacto.	R=N15°E Litotipo Clareno
Piso		0.33			Arcillolita, color gris claro, meteorizado	Piso M11

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 01 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: TESORO Manto: 08 Y 09 Hoja: 10
 Localización Manto 08: N: 1551805,476 E: 1087999,049 Cota: 112.211
 Localización Manto 09: N: 1551804,883 E: 1087999,554 Cota: 111.717

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.20			Limolita, color marrón grisáceo, meteorizado.	Techo M08
MANTO 08 (ver fig. 29)	Y	0.64		10°	CO, BB, DK, CU, Presenta estratificación y esta levemente fisurado.	R=N16°E Litotipo Clareno
Intercalación (ver fig. 28)		0.095			Arcillolita, color marrón grisáceo, meteorizado por la acción del agua.	División entre M09 y M08
MANTO 09 (0.63 m) (ver fig. 27)	X	0.11		11°	CO, DM, DK, CU, masivo, compacto, laminación leve, aspecto leñoso.	R= N13°E Litotipo Fuseno
	W	0.35			CO, BB, DK, CU, Finamente estratificado y levemente laminado.	R= N13°E Litotipo Clareno
	V	0.17			CO, DM, DK, CU, masivo, compacto, aspecto leñoso, leve laminación. En los 0.17 m hay una línea divisoria (3 mm separación), sin relleno visible.	R= N13°E Litotipo Fuseno
Piso		0.36			Arenisca, color gris claro, meteorizado.	Piso M09

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 04 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 05 Hoja: 11

Localización: N: 1551915 E: 1088024

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color gris, altamente meteorizado.	Techo M05
MANTO 05 (ver fig. 30)	Z	1.56	FJ013	15°	CO, BB, DK, CU, Compacto, masivo, estratificado, y presencia de cleats.	R=N16°E Litotipo Clareno
Piso		0.32			Limolita, color gris claro, medianamente meteorizado.	Piso M05

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 04 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 04 Hoja: 12
Localización: N: 1552030 E: 1088014

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arenisca, color marrón grisáceo, meteorizado.	Techo M04
MANTO 04 (ve fig. 31)	A1	1.06	FJ014	9°	CO, BB, DK, CU, Masivo, estratificado y con altos contenidos de azufre orgánico diseminado.	R=N20°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Arcillolita, color gris claro, altamente meteorizado.	Piso M04

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 05 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: TESORO Manto: 03B Hoja: 13
Localización: N: 1552021 E: 1087999

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arcillolita, color marrón, meteorizado.	Techo M03B
MANTO 03B	B1	0.74		14°	CO, BB, DK, CU, Presenta cleats, es compacto y estratificado.	R= N18°E Litotipo Clareno
Piso		0.26			Limolita, color marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M03B

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 05 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: TESORO Manto: 03A Hoja: 14
 Localización: N: 1552013 E: 1087992

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.25			Limolita, color gris amarillento, meteorizado.	Techo M03A
MANTO 03A (ver fig. 32 y 33)	C1	0.475		12°	CO, BR, DK, CU, Fractura semiconcoidea, estratificado, y presenta cleats.	R=N20°E Litotipo Vitreno.
Piso		0.20			Arcillolita, color marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M03A

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 05 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: TESORO Manto: 03U Hoja: 15
Localización: N: 1552091 E: 1088010

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.25			Limolita, color marrón anaranjado, altamente meteorizado.	Techo M03U
MANTO 03U (ver fig. 34)	D1	1.50	FJ015	9°	CO, BB, DK, CU, masivo, ligeramente estratificado, compacto, presencia de cleats; hacia el sur el manto tiende a hacerse mas delgado.	R=N20°E Litotipo Clareno
Piso		0.40			Arenisca, color marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M03U

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 05 de Junio de 2007

Firma: _____



Figura 16. Manto 45 (Tajo Tesoro): Visto de cerca se puede apreciar el cambio de brillo, color, textura, estratificación y grado de compactación. Nótese la fractura concoidea propia del Litotipo Dureno en la parte superior.



Figura 17. Manto 45 (Tajo Tesoro): Presencia de cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.



Figura 18. Manto 30 (Tajo Tesoro): Presencia de cleats perpendiculares al buzamiento y estratificación leve.



Figura 19. Manto 28 (Tajo Tesoro): Litotipo Vitreño con presencia de estratificación y cleats.



Figura 20. Manto 28 (Tajo Tesoro): Presencia de una intercalación carbón – limolita de 20 cm. de espesor hacia la base del manto.

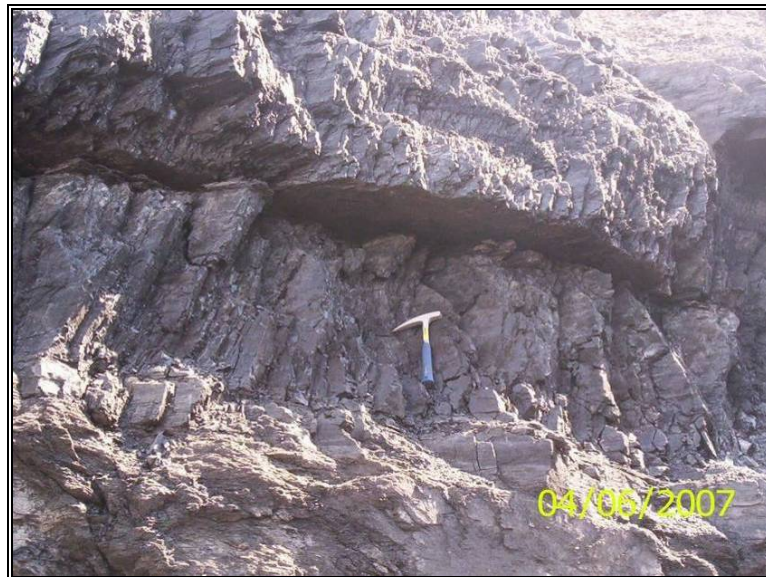


Figura 21. Manto 25 (Tajo Tesoro): Nótese la separación del manto debido al parting.



Figura 22. Manto 20 (Tajo Tesoro): Presencia de azufre de tipo orgánico, el cual se evidencia a través de las líneas amarillas en el manto.



Figura 23. Manto 17 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se observa el manto y en la base del mismo aparece una arenisca potente.



Figura 24. Manto 17 (Tajo Tesoro): Litotipo Clareno con presencia de cleats y levemente estratificado.



Figura 25. Manto 15 (Tajo Tesoro): Presenta un gran espesor, cleats perpendiculares al buzamiento, estratificación leve.



Figura 26. Manto 10 (Tajo Tesoro): Presencia de un lente siderítico que aparece solo en algunos sectores.



Figura 27. Manto 09 (Tajo Tesoro): Presenta litotipo clareno y fuseno de acuerdo a su brillo característico, es bastante compacto. Se observa línea divisoria a 17 cm. de la base del manto.



Figura 28. Intercalación Mantos 09 y 08 (Tajo Tesoro): Arcillolita color marrón grisáceo que divide los mantos 09 y 08.



Figura 29: Manto 08 (Tajo Tesoro): Este manto presenta estratificación y cleats perpendiculares al buzamiento.



Figura 30. Manto 05 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se observan con más detalle las características del manto que presenta litotipo clareno.



Figura 31. Manto 04 (Tajo Tesoro): En esta fotografía se aprecian los altos contenidos de azufre de tipo orgánico que tiene el manto representado por la coloración amarilla.



Figura 32. Manto 03A (Tajo Tesoro): Evidentes cleats perpendiculares al buzamiento.



Figura 33. Manto 03A (Tajo Tesoro): En esta fotografía se aprecian fisuras rellenas de sulfatos (líneas con coloración blanca).

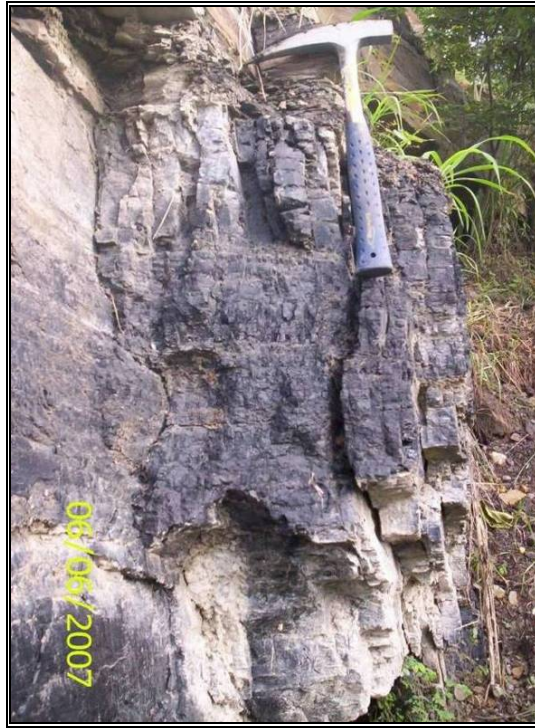


Figura 34. Manto 03U (Tajo Tesoro): Cleats perpendiculares al buzamiento. La coloración blanca es producto de la meteorización del manto.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE CARBONES



Figura 36. Tajo Sur.



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** SUR **Manto:** 45 **Hoja:** 01
Localización: N: 1551029,830 E: 1085806,790 **Cota:** 141.58

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.36			Limolita arenosa, gris marrón, meteorizado.	
MANTO 45 (2.40 m) (ver fig. 37 y 38)	G	0.48	FJ029	10°	CO, BB, DK, CU; Estratificado, compacto, presencia de cleats, laminación leve.	R=N16°E Litotipo Clareno.
	F	0.54			CO, DB, LT, CU; Estratificado, presenta cleats, fractura concoidea, ligeramente grisáceo, masivo y compacto.	R=N16°E Litotipo Dureno.
	E	0.27	FJ030	10°	CO, BB, DK, CU; Estratificado, presencia de cleats, laminación leve, masivo	R=N16°E Litotipo Clareno.
	D	0.12			CO, BR, DK, CU; Estratificado, levemente laminado, compacto, presenta cleats.	R=N16°E Litotipo Vitreno.
	C	0.50			CO, BB, DK, CU; Estratificado, presencia de cleats, laminación leve.	R=N16°E Litotipo Clareno.
	B	0.08			CO, BR, DK, CU; Estratificado, levemente laminado, compacto, presenta cleats.	R=N16°E Litotipo Vitreno
	A	0.41			CO, BB, DK, CU; Estratificado, presencia de cleats, laminación leve.	R=N16°E Litotipo Clareno.
Piso		Indeterminado			Limolita, marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M45

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 07 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** SUR **Manto:** 40 **Hoja:** 02
Localización: N: 1551035,420 E: 1085875,310 **Cota:** 136.54

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.35			Limolita arcillosa, color gris amarillento, medianamente meteorizado.	Techo M40
MANTO 40 (ver fig. 39)	H	1.87	FJ028	14°	CO, BB, DK, CU; Compacto, aspecto un poco leñoso, estratificado, presencia de cleats, levemente laminado.	R=N15°E Litotipo Clareno
Piso		Indeterminado			Limolita, gris marrón, meteorizado.	Piso M40

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 06 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** SUR **Manto:** 35 **Hoja:** 03
Localización: N: 1551054,220 E: 1085931,480 **Cota:** 137.28

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, marrón grisáceo, meteorizado.	Techo M35
MANTO 35 (2.64 m) (ver fig. 40 y 41)	L	0.88	FJ026	9°	CO, BB, DK, CU; Compacto, estratificado, masivo, rompe en forma de cubos.	R=N20°E Litotipo Clareno.
	K	0.10			CO, BR, DK, CU, Estratificado, compacto, presencia de cleats.	R=N20°E Litotipo Vitreno.
	J	0.20			Intercalación arcillosa, color marrón oscuro.	Parting
	I	1.46	FJ027	9°	CO, BB, DK, CU, Compacto, estratificado, masivo, rompe en forma de cubos	R=N20°E Litotipo Clareno.
Piso		Indeterminado			Limolita, marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M35

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 13 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** SUR **Manto:** 30 **Hoja:** 04
Localización: N: 1551035,710 E: 1085952,130 **Cota:** 137.78

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arenisca, masiva, compacta, color gris claro.	Techo M30
MANTO 30 (1.27 m) (ver fig. 42)	N	0.81	FJ025	16°	CO, BR, DK, CU, Estratificado, presencia de cleats, es compacto, fractura semiconcoidea.	R= N11°E Litotipo Vitreno.
	M	0.46		16°	CO, BB, DK, CU; Es masivo y compacto, presenta laminación leve.	R=N11°E Litotipo Clareno
Piso		Indeterminado			Limolita, marrón grisáceo, meteorizado.	Piso M30

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 06 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** SUR **Manto:** 25 **Hoja:** O5
Localización: N: 1550916,350 E: 1085984,01 **Cota:** 138.15

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, marrón amarillento, meteorizado.	Techo M25
MANTO 25 (1.93 m)	P	1.36	FJ023	17°	CO, BR, DK, CU, Estratificado, semilaminado, con presencia de cleats.	R=N11°E Litotipo Vitreno
		0.07			Parting, de tipo arcilloso, color marrón rojizo.	
	O	0.57	FJ024	17°	CO, BB, DK, CU; Presencia de cleats, es compacto y masivo.	R=N11°E Litotipo Clareno
Piso		0.35			Arenisca, marrón grisáceo claro, meteorizado.	Piso M25

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 07 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: SUR Manto: 20 Hoja: O6
 Localización: N: 1550904,320 E: 1086034,540 Cota: 143.11

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.52			Arenisca, color gris crema claro, grandes bloques.	Techo M20
MANTO 20	Q	2.10	FJ022	12°	CO, BB, DK, CU; Presencia de cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento, estratificado.	R=N10°E Litotipo Clareno.
Piso		0.35			Limolita arcillosa, color gris claro, meteorizado.	Piso M20

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 07 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: SUR Manto: 15 Hoja: 07
 Localización: N: 1550260,828 E: 1085651,637 Cota: 101.350

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.38			Limolita, color gris claro, meteorizado.	Techo M15
MANTO 15 (6.10 m) (ver fig. 43)	S	1.28	FJ020	11°	CO, BR, DK, CU, Estratificado, rompe en forma de cubos, es compacto.	R=N20°E Litotipo Vitreno
	R	4.82	FJ021	11°	CO, BB, DK, CU, Masivo, laminado, aspecto leñoso, muy uniforme en sus características, presencia de sulfatos diseminados a través de cleats.	R=N20°E Litotipo Clareno
Piso		Indeterminado			Limolita, color gris claro, meteorizado.	Piso M15

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 13 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: SUR Manto: 10 y 11 Hoja: O8
 Localización Manto 10: N: 1549684,420 E: 1086186,461 Cota: 138.251
 Localización Manto 11: N: 1549684,446 E: 1086184,031 Cota: 136.699

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		1.85			Arcillolita, color gris claro, meteorizado.	
MANTO 10 (ver fig. 46)	U	1.10	FJ019	9°	CO, BB DK, CU; masivo, compacto, estratificado. Presenta sulfatos diseminados a través de cleats, aspecto leñoso.	R=N10°E Litotipo Clareno
Intermedio (ver fig. 45)		0.40			Arcillolita, marrón amarillento, meteorización.	División entre M10 y M11
MANTO 11 (ver fig. 44)	T	0.58		13°	CO, BB, DK, CU; Características uniformes, masivo, compacto, estratificado. Presenta sulfatos diseminados a través de cleats.	R=N23°E Litotipo Clareno
Piso		0.56			Arcillolita, color gris claro, meteorizado.	Piso M11

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 13 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: SUR Manto: 08 y 09 Hoja: 09
 Localización Manto 09: N:1552156,90 E: 1087539,51 Cota: 123.28
 Localización Manto 08: N: 1552154,56 E: 1087535,53 Cota: 123.93

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color gris oscuro, meteorizado.	Techo M08
MANTO 08 (ver fig. 60)	X	0.18		9°	CO, BR, DK, CU; Levemente laminado, compacto, presencia de abundantes cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.	R=N14°E Litotipo Vitreno
Parting		0.07			Arcillolita carbonosa, de color gris oscuro, laminado y fisil.	
MANTO 08 (ver fig. 47)	W	0.40		9°	CO, BR, DK, CU; Levemente laminado, estratificado, compacto, fractura semiconcoidea, en algunas partes es leñoso. Presenta minúsculos fragmentos de azufre piritico diseminado. Hacia la base se observa un material plástico (arcilla plástica), color marrón oscuro.	R=N14°E Litotipo Vitreno
Intercalación		0.20			Limolita arcillosa, compacta, color marrón oscuro.	División entre M08 y M09
MANTO 09	V	0.22		9°	CO, BB, DK, CU, Es muy compacto, masivo y duro.	R=N21°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Arcillolita arenosa, color gris amarillento claro, meteorizado.	Piso M09

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 21 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ_UIS Tajo: CMU Manto: 05 Hoja: 10
 Localización: N: 1551689 E: 1087907

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita de color gris verdoso oscuro, meteorizado.	Techo M05
MANTO 05 (ver fig.48 y 49)	Y	2.30	FJ018	13°	CO, BB, DK, CU; Presenta estratificación y cleats perpendiculares al buzamiento. Hay presencia de azufre de tipo orgánico diseminado, al igual que sulfatos a través de fisuras (líneas de color blanco). Es compacto y duro, hacia el techo el manto tiende a hacerse mas laminado. En general presenta características uniformes.	R=N10°E Litotipo Clareno
Piso		0.28			Limolita de color gris verdoso oscuro, meteorizado.	Piso M05

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 21 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** LOPEZ **Manto:** 04 **Hoja:** 11
Localización: N: 1552157,74 E: 1087637,06 **Cota:** 126,45

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Arenisca, color amarillo grisáceo, meteorizado.	Techo M04
MANTO 04 (ver fig. 50)	Z	1.04	FJ017	11°	CO, BB, DK, CU, Estratificado, presenta cleats, y sulfatos diseminados a través de fisuras (Líneas blancas); es compacto.	R=N21E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Limolita, color gris claro, semimeteorizado.	Piso M04

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 14 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS Tajo: LOPEZ Manto: 03A y 03B Hoja: 12

Localización Manto 03A: N: 1552124,02 E: 1087661,15 Cota: 126.20

Localización Manto 03B: N: 1552114,23 E: 1087627,35 Cota: 1283.46

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color amarillo grisáceo, meteorizado.	Techo M03A
MANTO 03A (ver fig. 52)	B1	0.19		13°	CO, BB, DK, CU; Es compacto, masivo, presenta fractura concoidea, en general sus características son uniformes.	R=N18°E Litotipo Clareno.
Intercalación (ver fig. 51)		0.33			Arcillolita, color gris claro, meteorizado.	División entre M03A y M03B
MANTO 03B (ver fig. 50)	A1	0.75		8°	CO, BB, DK, CU; Compacto, masivo, estratificado, presenta cleats; y sulfatos diseminados a través de fisuras (líneas blancas).	R=N15°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Limolita, color marrón oscuro, meteorizado.	Piso M03B

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 14 de Junio de 2007

Firma: _____



DESCRIPCION MACROSCOPICA DE CARBONES

Proyecto: CDJ UIS **Tajo:** LOPEZ **Manto:** 03U **Hoja:** 13
Localización: N: 1552089,33 E: 1087655,59 **Cota:** 132.65

Sección Afloramiento	Segmento	Intervalo (mts)	No. de Muestra	Buz.	Descripción	Observaciones
Techo		0.30			Limolita, color marrón amarillento, semimeteorizado.	Techo M03U
MANTO 03U (ver fig. 54, 55 y 56)	C1	1.47	FJ016	9°	CO, BB, DK, CU, Presenta cleats, es estratificado, masivo y compacto, hay una leve laminación, presenta sulfato diseminado en fisuras.	R=N12°E Litotipo Clareno
Piso		0.30			Arenisca, color amarillo grisáceo, masivo, compacto.	Piso M03U

Descrito por: Mailen Emilse González Gómez

Fecha: 14 de Junio de 2007

Firma: _____



Figura 37. Manto 45 (Tajo Sur): Vista de cerca del litotipo Dureno, el cual presenta fractura concoidea y un mayor grado de compactación en comparación con los otros litotipos.



Figura 38. Manto 45 (Tajo Sur): Vista de cerca del segmento inferior del manto el cual presenta litotipo Vitreno y Clareno.



Figura 39. Manto 40 (Tajo Sur): El manto presenta Litotipo Clareno y cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.



Figura 40. Manto 35 (Tajo Sur): Presencia de los litotipos Clareno y Vitreno, evidentes por las diferencias en el brillo del carbón en la parte inferior y superior del manto. Obsérvese la intercalación que separa ambos litotipos (Zona donde se encuentra el martillo).



Figura 41. Manto 35 (Tajo Sur): Intercalación de tipo arcilloso que divide los dos litotipos presentes en el manto.



Figura 42. Manto 30 (Tajo Sur): Cleats perpendiculares a la dirección del buzamiento.

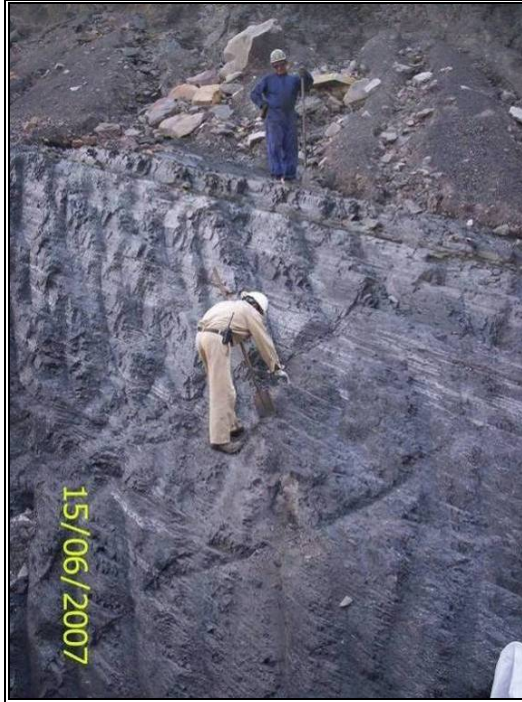


Figura 43. Manto 15 (Tajo Sur): Este manto es uno de los más compactos y duros, presenta sulfatos diseminados a través de cleats en algunas zonas.



Figura 44. Manto 11 (Tajo Sur): Este manto presenta litotipo Clareno, es compacto y presenta sulfatos diseminados en cleats.



Figura 45. Intermedio M10 y M11: Esta litología separa ambos mantos, es de tipo arcilloso y presenta meteorización.

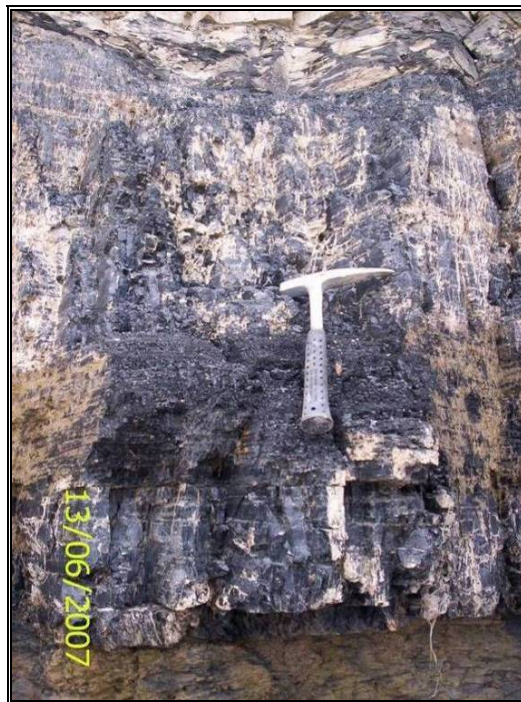


Figura 46. Manto 10 (Tajo Sur): En esta fotografía se observa el grado de meteorización del manto, y una fina laminación hacia la parte media del mismo.



Figura 47. Manto 08 (Tajo López): Litotipo Vitreño presente en el manto.



Figura 48. Manto 05 (Tajo CMU): Presencia de cleats perpendiculares al buzamiento.



Figura 49. Manto 05 (Tajo CMU): Hacia el techo del manto éste tiende a hacerse mas laminado.



Figura 50. Manto 04 (Tajo López): Presencia de sulfatos (líneas blancas) diseminados a través de fisuras.



Figura 51. Manto 03B (Tajo López): Este manto es compacto y presenta sulfatos diseminados en fisuras.



Figura 52. Intermedio M03B y M03A (Tajo López): Arcillolita que divide los mantos 03A y 03B.



Figura 53. Manto 03A (Tajo López): Este manto se compone del litotipo Clareno y particularmente presenta fractura concoidea.



Figura 54. Manto 03U (Tajo López): Presencia del brillo característico del litotipo Clareno.



Figura 55. Manto 03U (Tajo López): Este manto presenta un a leve laminación y estratificación.



Figura 56. Manto 03U (Tajo López): Presencia de sulfatos en el manto.

ANEXO 4. Sección transversal C – C' del yacimiento carbonífero del Sinclinal de La Jagua escala 1:2000.

