

**PRACTICA EMPRESARIAL C.I CARBONES DEL CARIBE S.A.
ASESORÍA GEOLÓGICA A LAS LABORES DE EXPLOTACIÓN EN LAS MINAS DE
CARBÓN LA TRINIDAD (SUTATAUSA, CUNDINAMARCA)**

MONICA STELLA GALLO GONZÁLEZ 1993445

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2006**

**PRACTICA EMPRESARIAL C.I CARBONES DEL CARIBE S.A.
ASESORÍA GEOLÓGICA A LAS LABORES DE EXPLOTACIÓN EN LAS MINAS DE
CARBÓN LA TRINIDAD (SUTATAUSA, CUNDINAMARCA)**

MONICA STELLA GALLO GONZÁLEZ 1993445

Monografía presentada como requisito para optar el título de Geóloga.

TUTOR

Geol. Luis Emilio Rojas Castañeda

Jefe de Geología C.I. Carbones del Caribe S.A

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA
2006**

DEDICATORIA

A DIOS, quien me da la fortaleza para seguir adelante

muy especialmente a mi madre Stella, por su dedicación y apoyo total a sus hijos

a mi padre Gonzalo, a mis hermanos Lyda y Milton, a Juancho y Alejo, todos siempre junto a mí

a Germán Darío, mi fuerza, mi luz, mi gran amigo y compañero por siempre.

Mónica

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus más sentidos agradecimientos a:

A la Universidad Industrial de Santander, institución de excelencia académica e integral, por la formación profesional recibida durante la carrera universitaria.

A la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander por la formación académica y los conocimientos recibidos durante la carrera universitaria.

A la compañía Carbones del Caribe S.A quien aportó los medios para la realización de este trabajo y por la oportunidad de realizar esta práctica empresarial.

Al Geólogo Luis Emilio Rojas, Jefe de Geología de Carbones del Caribe S.A y tutor de este proyecto, por su asesoría, observaciones y sugerencias durante el desarrollo de la práctica empresarial.

Al Geólogo Germán Darío Orejarena Escobar, por sus aportes valiosos y su apoyo constante en el desarrollo de este trabajo.

A Sulay Sepúlveda Sánchez, estudiante de Geología de la Universidad Industrial de Santander, por su confianza y su valiosa amistad.

A las personas integrantes de las Minas La Trinidad en el municipio de Sutatausa, Cundinamarca, y en general, a todas aquellos que colaboraron de una u otra manera durante la realización de esta práctica empresarial.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES	18
1.1 OBJETIVOS	18
1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	19
1.3 CLIMA Y MORFOLOGÍA	19
1.4 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	21
1.5 GENERALIDADES MANTOS DE CARBÓN MINAS LA TRINIDAD	22
1.5.1 <i>Mina La Grande</i>	25
1.5.2 <i>Mina La Quinta</i>	26
1.5.3 <i>Mina La Chica</i>	26
1.5.4 <i>Mina Ciscuda</i>	27
1.5.5 <i>Mina Vidriosa</i>	28
1.5.6 <i>Mina Depósito</i>	29
2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	32
2.1 ESTRATIGRAFÍA GENERAL	33
2.1.1 <i>Formación Arenisca Tierna</i>	35
2.1.2 <i>Formación Guaduas</i>	35
2.1.3 <i>Formación Arenisca del Cacho</i>	43
2.2 GENERALIDADES TECTÓNICA REGIONAL	43
3. CONTROL DE CALIDAD DE CARBONES EN LAS MINAS LA TRINIDAD	
3.1 FASE DE MUESTREO	46
3.1.1 <i>Tipos de muestreo en un proyecto minero</i>	47
3.1.2 <i>Metodología empleada para el muestreo de carbones en las minas</i>	
<i>La Trinidad</i>	49
3.1.2.1 <i>Muestras de canal</i>	49

3.1.2.2 Muestreo de pilas	51
3.2 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE CARBONES DE LAS MINAS	
LA TRINIDAD	53
3.2.1 Manto <i>Vidriosa</i>	53
3.2.1.1 Catálogo de Muestras Manto <i>Vidriosa</i>	53
3.2.1.2 Columna Estratigráfica Local del Manto <i>Vidriosa</i>	57
3.2.1.3 Espesor Promedio del Manto	58
3.2.2 Manto <i>Depósito</i>	59
3.2.2.1 Catálogo de Muestras Manto <i>Depósito</i>	59
3.2.2.2 Columna Estratigráfica Local del Manto <i>Depósito</i>	63
3.2.2.3 Espesor Promedio del Manto	64
3.2.3 Manto <i>Ciscuda</i>	64
3.2.3.1 Catálogo de Muestras Manto <i>Ciscuda</i>	64
3.2.3.2 Columna Estratigráfica Local del Manto <i>Ciscuda</i>	67
3.2.3.3 Espesor Promedio del Manto	68
3.2.3.4 Observaciones especiales Manto <i>Ciscuda</i>	68
3.2.4 Manto <i>La Grande</i>	71
3.3.4.1 Catálogo de Muestras Manto <i>La Grande</i>	72
3.3.4.2 Columna Estratigráfica Local Manto <i>La Grande</i>	75
3.3.4.3 Espesor Promedio del Manto	75
3.3 ANÁLISIS QUÍMICOS PRACTICADOS A LOS CARBONES	
DE LAS MINAS LA TRINIDAD	76
3.3.1 Resultados de los Análisis Practicados	81
3.3.1.1 Manto <i>Vidriosa</i>	82
3.3.1.2 Manto <i>Depósito</i>	91
3.3.1.3 Manto <i>Ciscuda</i>	98
3.3.2 Discusión de Resultados	103
4. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICO-ESTRATIGRÁFICA	
DEL POZO P-02C MINAS LA TRINIDAD	105
4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL POZO CORAZONADO P-02C	106
4.2 METODOLOGÍA	107

4.3 DESCRIPCIÓN DE FACIES	109
4.3.1 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp)	111
4.3.2 Facies Limolita-Arcillolita laminada con clastos (Flc)	114
4.3.3 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl)	114
4.3.4 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos (Fp)	117
4.3.5 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos (Fprc)	118
4.3.6 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela (Fclp)	119
4.3.7 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc)	120
4.3.8 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa masiva (Fcm)	122
5.2.8 Facies Arenita con clastos (Ac)	123
5.3.9 Facies Arenita masiva (Am)	124
4.4 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTE DEPOSITACIONAL DEL INTERVALO CORAZONADO DEL POZO P-02C	127
4.4.1 Llanuras de Inundación y Paleosuelos	129
4.4.2 Pantanos Abiertos y Cerrados	129
4.4.3 Canales Fluviales	130
5. CONCLUSIONES	131
6. RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	134

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1.1 Títulos mineros de las minas La Trinidad	22
Tabla 1.2 Mantos de carbón presentes en la concesión minera La Trinidad	24
Tabla 3.1 Catálogo de muestras manto <i>Vidriosa</i>	54
Tabla 3.2 Espesor promedio manto <i>Vidriosa</i>	58
Tabla 3.3 Catálogo de muestras manto <i>Depósito</i>	60
Tabla 3.4 Espesor promedio manto <i>Depósito</i>	64
Tabla 3.5 Catálogo de muestras manto <i>Ciscuda</i>	65
Tabla 3.6 Espesor promedio manto <i>Ciscuda</i>	68
Tabla 3.7 Variación espesor manto <i>Ciscuda Nivel 0-Norte</i>	70
Tabla 3.8 Catálogo de muestras manto <i>La Grande</i>	73
Tabla 3.9 Espesor promedio manto <i>La Grande</i>	75
Tabla 3.10 Relación del Rango del Carbón con su contenido de materia volátil	79
Tabla 3.11 Cenizas y Humedad total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Vidriosa</i>	83
Tabla 3.12 Resultados de Análisis Proximales y sus valores promedio para el carbón <i>CO-A</i> , manto <i>Vidriosa</i>	84
Tabla 3.13 Resultados de Ensayos varios y sus valores promedio para el carbón <i>CO-A</i> , manto <i>Vidriosa</i>	85
Tabla 3.14 Resultados de Análisis Proximales y sus valores promedio para el carbón <i>CO-B</i> , manto <i>Vidriosa</i>	86
Tabla 3.15 Resultados de Ensayos varios y sus valores promedio para el carbón <i>CO-B</i> , manto <i>Vidriosa</i>	87
Tabla 3.16 Resultados de Análisis Químicos y sus valores promedio para el Carbón de Producción, manto <i>Vidriosa</i>	90
Tabla 3.17 Cenizas y Humedad total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Depósito</i>	91
Tabla 3.18 Resultados de Análisis Proximales y sus valores promedio para el carbón, manto <i>Depósito</i>	93
Tabla 3.19 Resultados de Ensayos varios y sus valores promedio	

para el carbón, manto <i>Depósito</i>	94
Tabla 3.20 Resultados de Análisis Químicos y sus valores promedio para el Carbón de Producción, manto <i>Depósito</i>	96
Tabla 3.21 Cenizas y Humedad total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Ciscuda</i>	98
Tabla 3.22 Resultados de Análisis Proximales y sus valores promedio para el carbón, manto <i>Ciscuda</i>	99
Tabla 3.23 Resultados de Ensayos varios y sus valores promedio para el carbón, manto <i>Ciscuda</i>	100
Tabla 3.24 Resultados de Análisis Químicos y sus valores promedio para el Carbón de Producción, manto <i>Ciscuda</i>	101
Tabla 3.25 Comparativo de Resultados de contenido de Cenizas promedio para el carbón tomado <i>in situ</i> y el carbón de producción, correspondiente a los mantos <i>Vidriosa, Depósito y Ciscuda</i>	103
Tabla 4.1 Equivalencia de los nombres de algunos de los mantos de carbón productores de la Formación Guaduas, empleados en el presente trabajo, y los empleados en Sarmiento (1992).	106
Tabla 4.2 Facies definidas en este trabajo para el pozo <i>P-02C</i> , Minas La Trinidad	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Mapa de Localización Geográfica del área de Trabajo	20
Figura 1.2	Fotografía bocamina, mina <i>La Grande</i>	25
Figura 1.3	Fotografía montaje actual mina <i>La Grande</i>	26
Figura 1.4	Fotografía panorámica de la mina <i>Ciscuda</i>	27
Figura 1.5	Fotografía bocamina, mina <i>Vidriosa</i>	28
Figura 1.6	Fotografía montaje actual mina <i>Vidriosa</i>	29
Figura 1.7	Fotografía bocamina, mina <i>Depósito</i>	30
Figura 1.8	Fotografía mina <i>Depósito</i>	30
Figura 2.1	Columna Estratigráfica Generalizada de la Sabana de Bogotá	34
Figura 2.2	Principales rasgos Tectónicos en Cundinamarca	45
Figura 3.1	Componentes de la Varianza de un Resultado Analítico	47
Figura 3.2	Columna Estratigráfica Local del manto <i>Vidriosa</i>	57
Figura 3.3	Columna Estratigráfica Local del manto <i>Depósito</i>	63
Figura 3.4	Columna Estratigráfica Local del manto <i>Ciscuda</i>	67
Figura 3.5	Columna Estratigráfica Local del manto <i>La Grande</i>	75
Figura 3.6	Contenido de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Vidriosa</i>	83
Figura 3.7	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los Análisis Proximales practicados al carbón <i>CO-A</i> , manto <i>Vidriosa</i>	84
Figura 3.8	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los ensayos varios practicados al carbón <i>CO-A</i> , manto <i>Vidriosa</i>	85
Figura 3.9	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de poder calorífico practicados al carbón <i>CO-A</i> , manto <i>Vidriosa</i>	86
Figura 3.10	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los Análisis Proximales practicados al carbón <i>CO-B</i> , manto <i>Vidriosa</i>	87
Figura 3.11	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los ensayos varios practicados al carbón <i>CO-B</i> , manto <i>Vidriosa</i>	88
Figura 3.12	Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de poder calorífico practicados al carbón <i>CO-B</i> , manto <i>Vidriosa</i>	89

Figura 3.13 Tendencia del contenido de Cenizas en el carbón de Producción, manto <i>Vidriosa</i>	90
Figura 3.14 Contenido de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Depósito</i>	91
Figura 3.15 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los Análisis Proximales practicados al carbón, manto <i>Depósito</i>	94
Figura 3.16 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los ensayos varios practicados al carbón, manto <i>Depósito</i>	95
Figura 3.17 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de poder calorífico practicados al carbón, manto <i>Depósito</i>	96
Figura 3.18 Tendencia del contenido de Cenizas en el Carbón de Producción, manto <i>Depósito</i>	97
Figura 3.19 Contenido de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto <i>Ciscuda</i>	98
Figura 3.20 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los Análisis Proximales practicados al carbón, manto <i>Ciscuda</i>	99
Figura 3.21 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de los ensayos varios practicados al carbón, manto <i>Ciscuda</i>	100
Figura 3.22 Gráfica que ilustra el valor promedio de los resultados de poder calorífico practicados al carbón, manto <i>Ciscuda</i>	101
Figura 3.23 Tendencia del contenido de Cenizas en el carbón de Producción, manto <i>Ciscuda</i>	102
Figura 4.1 Localización del pozo corazonado <i>P-02C</i> , minas La Trinidad	108
Figura 4.2 Nomenclatura de Facies utilizada en el presente estudio	109
Figura 4.3 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo <i>P-02C</i>	111
Figura 4.4 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo <i>P-02C</i>	112
Figura 4.5 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo <i>P-02C</i>	113
Figura 4.6 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo <i>P-02C</i>	113
Figura 4.7 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo <i>P-02C</i>	115
Figura 4.8 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo <i>P-02C</i>	116
Figura 4.9 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo <i>P-02C</i>	116
Figura 4.10 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo <i>P-02C</i>	117
Figura 4.11 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos (Fp), pozo <i>P-02C</i>	118

Figura 4.12 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos (Fprc), pozo <i>P-02C</i>	119
Figura 4.13 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela (Fclp), pozo <i>P-02C</i>	120
Figura 4.14 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo <i>P-02C</i>	121
Figura 4.15 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo <i>P-02C</i>	121
Figura 4.16 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo <i>P-02C</i>	122
Figura 4.17 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa masiva (Fcm), pozo <i>P-02C</i>	123
Figura 4.18 Facies Arenita con clastos (Ac), pozo <i>P-02C</i>	124
Figura 4.19 Facies Arenita masiva (Am), pozo <i>P-02C</i>	125
Figura 4.20 Distribución de Facies en el intervalo corazonado de 74.18 a 330.35 metros del pozo <i>P-02C</i> – Minas La Trinidad	126

ANEXOS

Todos los anexos se encuentran en la carpeta del CD-ROM: "ANEXOS"

Anexo 1. Plano de Alinderación de los Títulos Mineros de las minas La Trinidad

Anexo 2. Tabla resumen de resultados de Análisis Químicos de los mantos de carbón minas La Trinidad

Anexo 3. Registro de descripción sedimentológica y estratigráfica escala 1:200, pozo *P-02C*, minas La Trinidad

Anexo 4. Perfil. Mantos de carbón presentes en las minas La Trinidad

RESUMEN

TÍTULO: ASESORÍA GEOLÓGICA A LAS LABORES DE EXPLOTACIÓN EN LAS MINAS DE CARBÓN LA TRINIDAD (SUTATAUSA, CUNDINAMARCA).*

Autora: Gallo González, Mónica Stella**

Palabras Claves: Formación Guaduas, muestreo de carbones, análisis proximales, descripción de corazones, Cundinamarca, minas La Trinidad.

Las minas de carbón La Trinidad, propiedad de la compañía C.I. Carbones del Caribe, se encuentran localizadas 62 Km al noreste de la ciudad de Bogotá, en el municipio de Sutatausa, Cundinamarca. Geológicamente, se encuentran enmarcadas en la cordillera oriental de Colombia, en el área carbonífera Checua-Lenguazaque, siendo la Formación Guaduas, la portadora de los mantos de carbón de interés económico.

La práctica desarrollada en las minas La Trinidad comprendió dos fases: el Control de Calidad de los carbones extraídos, y la elaboración del Registro Sedimentológico-Estratigráfico del pozo corazonado *P-02C*, ubicado en inmediaciones de estas minas. En esta concesión minera se presenta la ocurrencia de 12 de mantos de carbón, de los cuales, cinco presentan características coquizables y los restantes son de uso térmico. Actualmente minas La Trinidad dirige sus actividades de explotación a cuatro de los mantos de uso térmico, conocidos con los nombres de *La Grande Ciscuda*, *Vidriosa* y *Depósito*. En la fase de control de calidad se recolectaron 71 muestras de estos mantos. Se practicaron análisis proximales y ensayos varios a 47 de estas muestras correspondientes a los mantos *Ciscuda*, *Vidriosa* y *Depósito*, reportando contenidos promedio de cenizas de 8.38 a 22.19% y 12.76 a 25.97 para el carbón tomado *in situ* y para el carbón de producción respectivamente, siendo el manto *Ciscuda*, el que reporta los mejores parámetros de calidad evaluados, en contraposición con el manto *Vidriosa*, el cual reporta una calidad no deseada.

En la elaboración del Registro Sedimentológico-Estratigráfico se describieron 256.17 m de núcleos del pozo corazonado *P-02C*, correspondiente a un tramo de la Formación Guaduas, definiendo diez facies para la sección descrita. Los sub-ambientes definidos corresponden a *llanuras de inundación*, *paleosuelos*, *pantanos cerrados/abiertos* y *canales fluviales*. El trabajo realizado constituye el soporte geológico de las labores mineras que involucren los conceptos aquí desarrollados.

* Trabajo de Grado. Modalidad Práctica Empresarial. C.I Carbones del Caribe

** Facultad de Ingenierías Físico – Químicas, Escuela de Geología. Directores Luis E. Rojas C. (C.I Carbones del Caribe) y Mario García González (UIS).

INTRODUCCIÓN

Los objetivos de la compañía internacional Carbones del Caribe S.A., con sede principal en la ciudad de Barranquilla, Colombia, se encaminan a liderar proyectos en exploración y explotación de recursos minerales a grande y mediana escala, así como en la prestación de servicios de consultoría e ingeniería, en proyectos minero-energéticos en el país y en el exterior.

Los dos yacimientos carboníferos más importantes que opera esta compañía están situados en Puerto Libertador, departamento de Córdoba, y La Loma, en el Departamento del Cesar.

En el área de Geología, la Compañía trabaja en proyectos de Exploración Geológica de Superficie, Programas de Perforaciones Corazonadas, Estudios de Factibilidad Técnica y Económica de los depósitos carboníferos, entre otras actividades.

En los últimos años Carbones del Caribe se ha interesado por los yacimientos carboníferos de Cundinamarca y Boyacá donde el sistema de explotación empleado es la Minería Subterránea. Es así, como hace aproximadamente un año, la compañía adquirió las minas de carbón La Trinidad ubicadas en la vereda Peñas de Boquerón, jurisdicción del municipio de Sutatausa, Cundinamarca. En esta concesión minera se llevo a cabo este Proyecto de Grado en modalidad de Práctica Empresarial.

Actualmente en las minas La Trinidad se explotan cuatro mantos de carbón de uso térmico, cuyo destino final son las cementeras del grupo empresarial Argos. Estos mantos son conocidos en la región con los nombres de *Vidriosa*, *Depósito*, *Ciscuda* y *La Grande*.

Además de los mantos ya mencionados, en esta concesión minera se presenta la ocurrencia de ocho mantos más, algunos de ellos con aptitudes coquizables, sin embargo, la compañía aún no ha planeado la explotación de los mismos. De esta manera, las

labores de asesoría geológica durante esta práctica empresarial se enfocaron en los mantos *Vidriosa, Depósito, Ciscuda y La Grande*.

Una de las necesidades apremiantes en las minas de carbón La Trinidad es la producción de carbón térmico de buena calidad. Esta calidad se traduce en carbones con bajos contenidos de cenizas, conforme a los estándares exigidos por los compradores. En este sentido, una de las labores más importantes asignadas en el marco de esta práctica empresarial ha sido el Control de Calidad del Carbón. Esta labor incluyó las operaciones de muestreo, descripción litológica de los mantos y la presentación y discusión de resultados de los análisis químicos practicados a las muestras colectadas.

Con el fin de actualizar y conocer la posición estratigráfica de los mantos de carbón presentes en las minas La Trinidad y de brindar soporte a las labores de explotación, se realizó una columna estratigráfica a escala 1:200, basada en la perforación corazonada *P-02C*, realizada en predios de la concesión minera.

El trabajo realizado pretende dar una primera aproximación de las características geológicas más relevantes del yacimiento de carbón a escala local, así como aportar información útil a las labores de explotación minera.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

General

- Asesorar desde el punto de vista geológico las labores de explotación en las minas de carbón La Trinidad (Sutatausa, Cundinamarca), pertenecientes a la zona carbonífera Checua-Lenguazaque, en la Cordillera Oriental de Colombia.

Específicos

- Recolectar la información bibliográfica existente de la zona de trabajo y hacer el control de calidad de la misma.
- Realizar muestreos periódicos de los mantos de carbón en explotación de las minas La Trinidad.
- Presentar periódicamente los resultados de los análisis químicos practicados a los mantos de carbón en explotación de las minas La Trinidad.
- Realizar el registro sedimentológico-estratigráfico de un segmento de la Formación Guaduas, basado en la descripción de 256.17 metros del pozo corazonado *P-02C*.
- Elaborar informes geológicos periódicamente de las labores de explotación en las minas de carbón.

1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Las minas de carbón La Trinidad, propiedad de la Compañía Internacional C.I. Carbones del Caribe, se encuentran localizadas aproximadamente 62 Km al noreste de la ciudad de Bogotá por carretera totalmente pavimentada, y 3 Km. en balasto, en la vereda Peñas de Boquerón, jurisdicción del municipio de Sutatausa, en el departamento de Cundinamarca, plancha IGAC 209-I-D-2 a escala 1:10.000, a una altura promedio de 2900 m.s.n.m. **(Figura 1.1).**

La principal vía de acceso a esta concesión minera, la constituye la carretera pavimentada que de Bogotá conduce a Ubaté pasando por los municipios de Zipaquirá, Tausa y Sutatausa. En el sitio denominado *El Boquerón*, cerca de Tausa, se desprende la vía en balasto que conduce al proyecto minero La Trinidad.

1.3 CLIMA Y MORFOLOGÍA

El área del Valle de Ubaté, al cual pertenece, geográficamente la concesión minera La Trinidad, está comprendida por las denominadas formaciones Bosque Húmedo Montano y Bosque Seco Montano Bajo. (Ingeominas, 1987).

Parte del área comprendida por el Bosque Húmedo Montano es denominada sub-páramo, presentando elevaciones entre 3000 y 4000 m.s.n.m, y variaciones en su temperatura de 6 a 12 °C durante el día, y 2 a 5 °C durante la noche. La zona comprendida por el Bosque Seco Montano Bajo, está situada entre 2000 y 3000 ms.n.m, con temperaturas que varían entre los 12 y 18 °C.

El Valle de Ubaté es una planicie amplia que se extiende en dirección NE-SW, cubierta por sedimentos cuaternarios, localizada a un nivel promedio de 2560 m.s.n.m. Se halla limitada al este y al oeste por escarpes formados por rocas de edad Cretácica.

El área donde afloran los carbonos está localizada en el borde oriental del valle y presenta cuatro escarpes formados por rocas competentes (areniscas), separadas por zonas de rocas blandas que modelan una topografía característica.

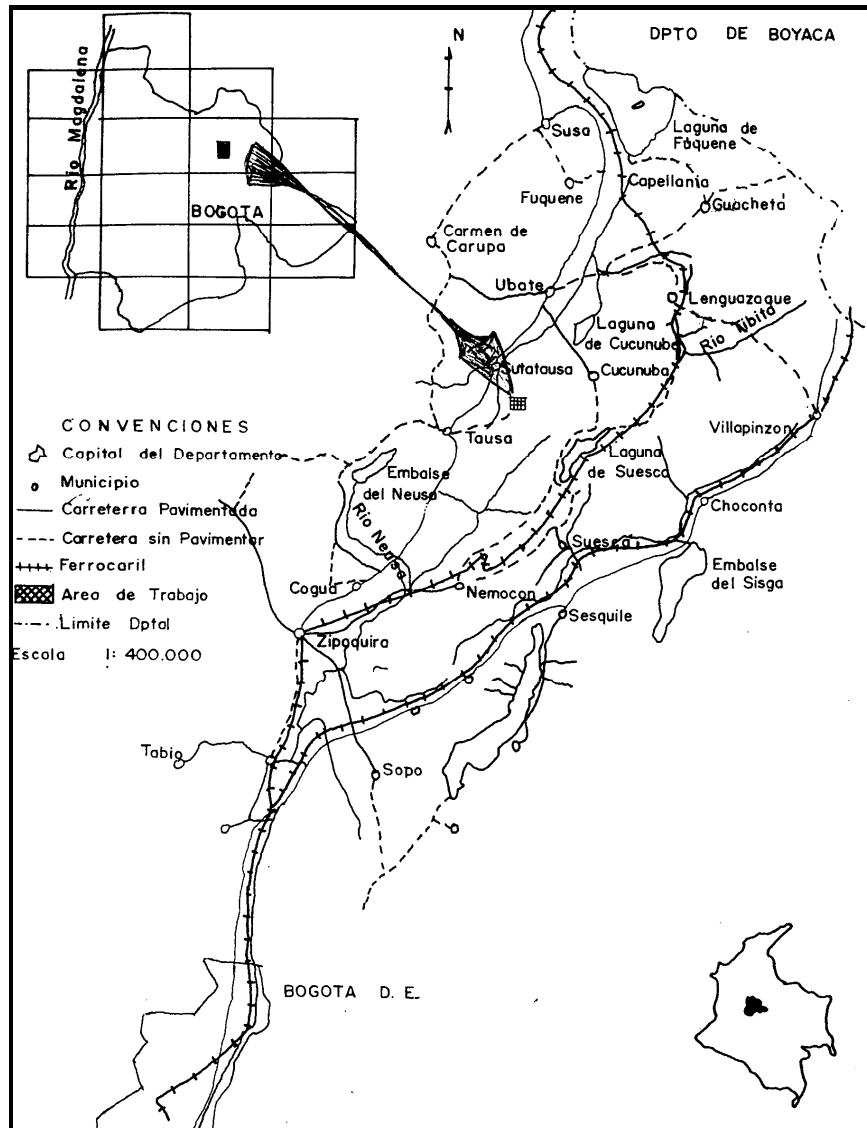


Figura 1.1 Mapa de localización geográfica del área de trabajo. (Modificado de Ingeominas, 1987)

1.4 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

El Sistema de Explotación de la región es la Minería Subterránea. Su minería sigue siendo muy incipiente, no se sigue un patrón definido en su sistema de explotación. Por lo general son pequeños frentes de laboreo minero, de tipo artesanal, que no presentan un planeamiento adecuado y el desarrollo es muy pobre, siendo su grado de mecanización muy rudimentario.

Para la extracción del carbón se emplea una variación del método de explotación de Cámaras y Pilares, el cual consiste en hacer tambores ascendentes por el buzamiento del manto cada 10 a 15 metros, los que a su vez son cortados por galerías auxiliares paralelas al rumbo, separadas de 10 a 15 metros. Cuando se avanza en las labores mineras, estos machones de carbón son explotados hasta la mitad aproximadamente; una vez concluido el avance, se retrocede descuñando, recuperando la madera y demás elementos que puedan ser utilizados nuevamente y también se van tumbando los machones de carbón que se habían dejado en la etapa inicial, para el sostenimiento de los espacios dejados en la mina para ventilación y transporte, extrayéndose el carbón que se había utilizado como pilar, dejando así que las rocas del respaldo se derrumben libremente.

Con la adquisición de las minas La Trinidad por parte de C.I. Carbones del Caribe hace aproximadamente 1 año, se están realizando todas las labores de recuperación de las minas, en miras de lograr un grado de tecnificación adecuado, que permita la explotación eficiente de las mismas, bajo la premisa de trabajar con los más altos estándares de seguridad industrial.

De acuerdo con los parámetros de buzamiento, espesor y características de los respaldos los métodos utilizados son:

-Tajo Corto: Conformando tajos de 45 m, con derrumbe dirigido

-Ensanche de Tambores: Preparando tambores cada 10 m y sobre-guías cada 20 m, luego se recupera el bloque ensanchando los tambores en descenso.

La explotación de los mantos de carbón de las minas La Trinidad se realiza por el método de tajo corto con derrumbe dirigido a partir de los límites del contrato, hacia el inclinado central de cada uno de los mantos. La explotación se efectúa con pico manual y martillo neumático, extrayendo la totalidad de los bloques entre niveles y tambores, hasta llegar a una distancia de 20 m del inclinado, quedando este bloque como protección del mismo.

1.5 GENERALIDADES MANTOS DE CARBÓN MINAS LA TRINIDAD

Las minas la Trinidad están conformadas por cuatro títulos mineros donde se presenta la ocurrencia de los mantos de carbón. En el **Anexo 1** se presenta el plano de Alinderación de los Títulos Mineros de las minas La Trinidad. La descripción general de estos títulos se registra en la siguiente tabla:

Tabla 1. 1 Títulos Mineros de Minas La Trinidad

TÍTULO MINERO	DESCRIPCIÓN
TÍTULO 02-007-98	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Área Total: 11 hectáreas y 9903 metros cuadrados. ▪ Punto Arcifinio (P.A): Sin describir ▪ Coordenadas del P.A: N: 1066413; E: 1024145 ▪ Plancha del P.A: 209-1-D
TÍTULO 1930-T	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Área Total: 13 hectáreas y 9402 metros cuadrados ▪ Punto Arcifinio (P.A): Sin describir ▪ Coordenadas del P.A: N: 1067100; E: 1024990 ▪ Plancha del P.A: 209-1-D
TÍTULO 878-T	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Área Total: 20 hectáreas y 323 metros cuadrados ▪ Punto Arcifinio (P.A): Sin describir

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coordenadas del P.A: N: 1066650; E: 1023300.02 ▪ Plancha del P.A: 209-1-D
TÍTULO 09482	<p>Este título se encuentra dividido en dos áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Área Total: 38 hectáreas y 2962 metros cuadrados <p>Área N° 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Punto Arcifinio (P.A): Confluencia de las quebradas Barro Negro y el Rosal. P.A Zona B: Confluencia de las quebradas Tonería y el Rosal. ▪ Coordenadas del P.A: N: 1066890; E: 1024190 ▪ Plancha del P.A: 209-1-D <p>Área N° 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Punto Arcifinio (P.A): Confluencia de las quebradas Barro Negro y el Rosal. P.A Zona B: Confluencia de las quebradas Tonería y el Rosal. ▪ Coordenadas del P.A: N: 1066890; E: 1024190 ▪ Plancha del P.A: 209-1-D

Dentro de los títulos mineros descritos anteriormente se presenta la ocurrencia de 12 de mantos de carbón, de los cuales, cinco presentan características coquizables y están enmarcados en parte de los títulos 878-T y 09482. Los siete restantes son carbones térmicos y se presentan en los títulos 02-007-98, 09482 y 1930-T. En la **Tabla 1.2** se ilustran de base a techo los mantos presentes en minas La Trinidad.

Tabla 1.2 Mantos de Carbón presentes en la concesión de Minas La Trinidad

MANTO	OBSERVACIONES	FASE
SIETE BANCOS	Apto para uso Térmico	
DEPÓSITO	Apto para uso Térmico	Preparación, Desarrollo y Explotación
VIDRIOSAS	Apto para uso Térmico	Preparación, Desarrollo y Explotación
CISCUDA	Apto para uso Térmico	Preparación, Desarrollo y Explotación
LA CHICA		Preparación
LA QUINTA		-----
LA GRANDE	Aptitudes Coquizables	Desarrollo
LA CINCO	Aptitudes Coquizables	-----
LA CUATRO	Aptitudes Coquizables	-----
LA TRES	Aptitudes Coquizables	-----
LA DOS	Aptitudes Coquizables	-----
LA UNO	Aptitudes Coquizables	-----

Actualmente, Minas La Trinidad dirige sus actividades de explotación en los cuatro mantos resaltados en color en la tabla anterior. Estos mantos son *La Grande*, *Ciscuda*, *Vidriosas* y *Depósito*. El manto *La Grande* se encuentra en fase de recuperación y desarrollo y los mantos *Ciscuda*, *Vidriosas* y *Depósito* se encuentran en fase de preparación, desarrollo y explotación. Cada uno de estos cuatro mantos corresponde a una mina.

A continuación se presenta una descripción general de estas minas, basada en información tomada de archivos de la compañía y suministrada por los Ingenieros de Minas de la misma.

1.5.1 Mina La Grande

Su inclinado principal tiene una longitud de 405 metros, con un ancho de 2.6 m, altura de 2.0 metros, área de excavación de 3.9 metros cuadrados y un área libre de 2.9 metros cuadrados. Por este inclinado se hace el acceso del personal y suministros (madera, herramientas y equipos), y paralelamente se hace la extracción del carbón producido.

El espesor del manto es de 1.80 m, con un buzamiento promedio de 28 ° SE.

En términos generales, la calidad de los respaldos es buena, son competentes y consistentes, hasta el momento no se han presentado deformaciones ni hinchamientos de los mismos.

Esta mina se encuentra en la fase de desarrollo. Actualmente, se está construyendo una cruzada, a partir del inclinado principal, en la abscisa 295 al sur, con el fin de acceder a los mantos *La Quinta*, *La Chica* y *Ciscuda*, con el objeto de adelantar una explotación integral de estos cuatro mantos en el mediano plazo, de tal manera que toda la producción de estos mantos saldría por este inclinado.

La producción proyectada para este manto es de 12.969 toneladas para el periodo del 2006 producto fundamentalmente de la preparación y desarrollo de los tajos.

En las **Figuras 1.2** y **1.3** se ilustra a nivel de superficie la estructura de la mina *La Grande*



Figura 1.2 Fotografía boca de mina, mina *La Grande*



Figura 1.3 Fotografía montaje actual mina *La Grande*

1.5.2 Mina *La Quinta*

Actualmente cuenta con un inclinado en carbón de 190 m, el cual se encuentra completamente derrumbado, y no se ha planificado recuperarlo. En la actualidad se adelantan labores de recuperación del inclinado sobre el manto *La Chica*, con el fin de a partir de este, acceder el manto *La Quinta* y explotar los dos mantos por este túnel principal, para de esta manera reducir costos y evitar los problemas de piso que se puedan presentar en el manto *La Quinta*.

1.5.3 Mina *La Chica*

Actualmente cuenta con un inclinado en carbón de 130 m. Este inclinado tiene un ancho de 2 m y una altura de 1.60 m., se encuentra parcialmente derrumbado, esta en proceso de recuperación para luego proceder a construir una cruzada a partir de el, para acceder al manto Veta Quinta, con el fin de realizar una explotación integral de estos dos mantos en el corto plazo.

1.5.4 Mina *Ciscuda*

El inclinado principal del Manto Ciscuda tiene una longitud de 232 metros, con una sección de 3.6 metros cuadrados, con un ancho de 2.2 m y una altura de 2.0 m, por donde se hace el acceso del personal, suministros (madera, herramientas y equipos), y la extracción del carbón producido.

El espesor del manto de 1.6 metros y su buzamiento promedio es de 26°SE.

La calidad de los respaldos presenta deficiencias. En algunos casos se presentan desprendimientos de techo y en cuanto al piso, presenta hinchamientos moderados por efecto de la humedad.

El manto presenta una intercalación de estéril uniforme entre 8 y 12 cm de espesor.

Actualmente se están realizando trabajos de preparación, desarrollo y explotación de pequeños tajos con derrumbe controlado, además se realiza mantenimiento, permanente de reforzar el inclinado principal y el tambor de ventilación. El bombeo se realiza intermitentemente según se acumule agua en la estación principal. El tambor de ventilación se esta recuperando con cambio de puertas en zonas que presentan derrumbe. En la **Figura 1.4** se ilustra a nivel de superficie una panorámica de la mina *Ciscuda*.



Figura 1.4 Fotografía panorámica de la mina *Ciscuda*

La producción proyectada para este manto es de 23.839 toneladas para el 2006 de las cuales 9.375 son producto de desarrollo y preparación de los tajos y 13.464 de producción de los diferentes frentes de explotación.

1.5.5 Mina Vidriosa

El inclinado principal del manto Vidriosa tiene una longitud de 76 metros, con una sección de 3.3 metros cuadrados, con un ancho de 2.6 m y una altura de 2.0 m.

El espesor del manto es de 1.26 metros, el buzamiento promedio de 25° SE.

En cuanto a la calidad de los respaldos, el techo es muy competente y consistente, presenta asentamiento gradual sin caída rápida. Es auto soportante tanto en inclinado como en niveles. El piso no presenta hinchamiento ni deformación. La dureza del carbón de este manto permite un arranque manual con pico.

Actualmente se encuentra en fase de preparación, desarrollo y explotación en los dos primeros niveles abiertos y la profundización del inclinado principal. En la medida que se profundice hasta alcanzar los 150 metros de longitud se ha planificado construir una cruzada hacia el manto *Depósito* para organizar una explotación integrada de estos dos mantos cuya producción saldría por este inclinado principal.



Figura 1.5 Fotografía bocamina, mina Vidriosa



Figura 1.6 Fotografía montaje actual mina *Vidriosa*

El bombeo en la mina *Vidriosa* es intermitente debido al poco volumen de agua que se presenta en el frente de avance del inclinado principal.

La producción proyectada para este manto es de 5.356 toneladas para el periodo del 2006 producto fundamentalmente de la preparación y desarrollo de los tajos.

En las **Figuras 1.5** y **1.6** se ilustra el montaje actual a nivel de superficie de la mina *Vidriosa*.

1.5.6 Mina *Depósito*

El inclinado principal del manto *Deposito* tiene una longitud de 175 metros, con una sección de 3.3 metros cuadrados y el espesor del manto es de 0.90 metros.

Actualmente se están realizando labores de recuperación del inclinado principal con cambio de puertas y cambio de rieles en toda su longitud, preparación de áreas abandonadas para la recuperación del carbón preparado, se inicio la fase de preparación y desarrollo de los pequeños tajos para su explotación en retirada con derrumbe controlado. El bombeo es intermitente por la poca presencia de agua en la estación principal.

La producción proyectada para este manto es de 13.254 toneladas para el 2006, de las cuales 6.726 son producto de preparación y desarrollo y 6.528 de producción de los

diferentes frentes de explotación. Las **Figuras 1.7** y **1.8** ilustran una panorámica a nivel de superficie de la mina *Depósito*.



Figura 1.7 Fotografía boca de mina, mina *Depósito*



Figura 1.8 Fotografía mina *Depósito*, se ilustra el patio donde se apila el carbón extraído

En el **Anexo 4** se presenta un Perfil, donde se ilustran los inclinados de las minas La Trinidad.

Es de primordial importancia aclarar que la información presentada en la **Sección 1.5**, con respecto a los espesores de cada manto de carbón, fue tomada de archivos de la

compañía, y que en algunos casos la información no es consistente con los datos tomados y corroborados en cada una de las minas en el marco de esta practica. Por tal motivo, en el desarrollo de este informe se presentarán los datos e información corregida, en cuanto al área de Geología se refiere.

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Desde el punto de vista geológico, las minas de carbón La Trinidad se encuentran enmarcadas en el Área Carbonífera Checua-Lenguazaque, en la zona axial de la Cordillera Oriental de Colombia.

La zona carbonífera de Cundinamarca – Boyacá es la más importante de la Región Central, no solamente por su extensión sino por el conocimiento que se tiene de sus carbones, por su minería, su producción, sus reservas y por la calidad coquizante de buena parte de los carbones existentes. Esta zona se extiende desde un poco al sur de Zipaquirá hasta Jericó (Boyacá), conformando una franja de rumbo NE – SW, con algo más de 250 km de longitud con un ancho variable (Ingeominas,1981).

Dentro de esta zona carbonífera se encuentra el Área Carbonífera Checua – Lenguazaque, localizada al noreste de la ciudad de Bogotá, la cual se extiende por los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En el departamento de Cundinamarca está enmarcada entre las coordenadas X: 1.055.00; X: 1.100.000 y Y: 1.007.500; Y: 1.067.500. (Ingeominas, 1997).

Geológicamente, el área carbonífera está conformada por el Sinclinal Checua - Lenguazaque, el cual continúa en el departamento de Boyacá donde presenta su cierre estructural; dentro de esta estructura se encuentran los mantos de carbón de interés económico.

Teniendo en cuenta la principal estructura geológica del área y la continuidad de los niveles carboníferos de la Formación Guaduas en ambos flancos de la misma, se ha considerado dividirla en dos sectores en el departamento de Cundinamarca, el primero correspondiente al flanco occidental de la estructura y el segundo al flanco oriental, los cuales, respectivamente se han denominado Sector Cogua-Sutatausa- Guachetá y Sector Lenguazaque-Cucunubá-Nemocón (Ingeominas, 2004).

El sector Cogua-Sutatausa-Guachetá corresponde al sector occidental del sinclinal Checua-Lenguazaque, y ocupa una extensión aproximada de 500 Km², dentro de la cual se encuentran las localidades de Ubaté, Guachetá, Tausa, Sutatausa y Lenguazaque. El rumbo general de la estructura en este sector es N40E, con buzamientos que van desde 20° en la parte sur, hasta 70° al norte del sector. En la parte sur de este sector se encuentran enmarcadas las minas de carbón La Trinidad.

2.1 ESTRATIGRAFÍA GENERAL

En el área afloran rocas de edad Cretácica y Terciaria pertenecientes a las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna (Grupo Guadalupe), Guaduas, Cacho y Bogotá, entre otras, las cuales se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados.

A continuación se realiza una descripción generalizada de tres de estas unidades estratigráficas reportadas y definidas por diversos autores: La Formación Guaduas, portadora de los carbones de interés económico en la zona; La Formación Arenisca Tierna y la Formación Arenisca del Cacho, las cuales infrayacen y suprayacen respectivamente a la Formación Guaduas. En la **Figura 2.1** se presenta la columna estratigráfica generalizada de la Sábana de Bogotá.

EDAD		EPOCA	FORMACIÓN			
ERA	PERIODO					
C E N O Z O I C O	T E R C I A R I O	NEOGENO	CUATERNARIO			
			PLIOCENO	TILATA		
		PALEOGENO	MIOCENO			
			OLIGOCENO	USME		
			EOCENO	REGADERA		
			PALEOCENO	BOGOTÁ		
				CACHO		
			M E S O Z O I C O	C R E T A C E O	TARDIO	Maastrichtiano
		Campaniano				GUADALUPE
		Santoniano				
Coniaciano	CHIPAQUE					
Turoniano						
Cenomaniano	UNE					
TEMPRANO	Albiano	FOMEQUE				
	Aptiano					
	Barremiano					
	Hauteriviano					
	Valanginiano					
		Berriasiano	GRUPO CÁQUEZA			
PRE - CRETÁCEO						

Figura 2.1 Columna Estratigráfica generalizada para la Sabana de Bogotá. Modificada de Ingeominas (1987)

2.1.1 Formación Arenisca Tierna

Ujueta (1962) incluye dentro del Grupo Guadalupe las siguientes formaciones: Arenisca Dura, Nivel Plaeners, Arenisca de Labor y la Arenisca Tierna, esta última de edad entre Coniaciano y Maastrichtiano.

La Arenisca Tierna es predominantemente cuarzosa, de color gris claro, grano fino a medio. No presenta estratificación interna visible; sus contactos son netos y planos. Presenta bioturbación, de forma sinuosa y bastante simétrica. Se caracteriza por presentar una topografía abrupta y escarpes de alta pendiente. Su espesor varía de 80 a 90 metros (Ingeominas, 1987).

2.1.2 Formación Guaduas

La Formación Guaduas ha tenido muchas variaciones desde su creación por Hettner en 1892. La causa de todas estas variaciones y confusiones fue la ambigua definición dada por el autor y la extensión simultánea del nombre Guaduas a localidades tan separadas geográficamente como son la población de Guaduas, la sabana de Bogotá y el valle superior del Magdalena.

Posteriormente, la Formación Guaduas tomó un sentido diferente al dado por su autor en 1892, gracias a la redefinición hecha por Hubach en 1951.

En el sentido de Hubach, la Formación Guaduas queda comprendida entre la Arenisca Tierna del Guadalupe Superior, en la base, y la Arenisca del Cacho en la parte superior. Hubach divide la Formación Guaduas en tres conjuntos litológicos concretos a saber:

- *Conjunto Inferior*

Está formado por lutitas generalmente de color gris, con una intercalación de areniscas hacia la mitad superior. Espesor: 70 metros.

- Conjunto Medio

Está limitado por dos niveles de areniscas. La Arenisca Guía en la base y la Arenisca Lajosa en la parte superior. Entre las dos areniscas se encuentra un conjunto de arcillas grises oscuras con algunas pequeñas intercalaciones de areniscas. Los mantos de carbón se localizan por encima de las areniscas Guía y por debajo de la Lajosa. Es el conjunto que contiene los mantos de carbón productivos de la Formación Guaduas en la región. Espesor: 440 metros

- Conjunto Superior

Consta de arcillas rojizas, azulosas, verdosas y moradas entre las que localmente hay mantos de carbón inexplotables y niveles de areniscas no continuos de grano medio a grueso. Espesor: 250 metros.

Van Der Hammen en 1957, mediante un estudio palinológico de la Formación Guaduas le asigna a los conjuntos inferior y medio y a la parte más baja del superior, una edad Maastrichtiano, mientras que a la parte más alta le asigna una edad Paleoceno, admitiendo que el límite entre las dos unidades no es claro y definido. *De Porta* en 1974, confirma esta datación con base en la presencia de fósiles (Ingeominas, 1987).

Ingeominas, (1969) publicó el mapa geológico del Cuadrángulo K-11, siguiendo las unidades litoestratigráficas definidas y limitadas por Hubach.

Nigrinis *et al.* (1975), subdivide en cinco niveles la Formación Guaduas en el área del sinclinal Checua-Lenguazaque (Ingeominas, 1997). Los niveles definidos por este autor son los siguientes:

- **Nivel KTg1**

Corresponde estratigráficamente a la base de la Formación Guaduas y está constituida fundamentalmente por arcillolitas grises, finamente laminadas, con intercalaciones de

limonitas de color gris claro, que predominan en la parte media de este nivel. Se presentan intercalaciones de shales grises oscuros con laminación ondulada lenticular.

En la parte inferior de este nivel se encuentran arcillositas grises pardas, intercaladas con shales grises oscuros con laminación fina y areniscas cuarzosas, blancas, de grano fino a muy fino, estratificación ligeramente ondulada y continua.

Conforma una morfología de valles que lo hace fácilmente reconocible. El espesor varía de 80 a 150 metros.

- ***Nivel KTg2***

Este nivel se considera el de mayor importancia por ser el que contiene los carbones de más alto rango y del cual se producen los mejores coques de la zona.

Hacia la base está constituido por una secuencia de areniscas cuarzosas de color amarillo claro a blanco, de grano muy fino con intercalaciones de arcillolitas grises claras a oscuras, frecuentemente con impresiones de hojas.

En este nivel se reconocen hasta 20 capas de carbón con espesores superiores a 0.50 metros. Este nivel también se denomina como arenisca La Guía, se encuentra en contacto transicional con el nivel KTg1 e infrayace normalmente los estratos del nivel KTg3. Su espesor varía entre 140 a 300 metros.

- ***Nivel KTg3***

Está constituido básicamente por arcillolitas grises claras, laminadas y en ocasiones carbonosas que presentan algunas veces costras de material ferruginoso. Estas arcillolitas contienen restos de plantas carbonizados. En la parte intermedia de este nivel se presenta una secuencia de arcillolitas masivas, poco bandeadas, de color gris, en superficies de color amarillo a rojizo nódulos limolíticos hasta de 25 centímetros de diámetro y costras limoníticas de color castaño oscuro, de aspecto lenticular, muy duras.

En la parte inferior predominan las arcillolitas de color gris, finamente laminadas, que alternan con areniscas cuarzosas, de color amarillo claro, de grano fino a medio, dichas areniscas en ocasiones presentan marcas de oleaje.

Es el segundo nivel en importancia económica dentro de la Formación Guaduas. Presenta cinco mantos de carbón ubicados hacia la base y techo del nivel. Presenta un contacto erosivo con las arenitas inferiores del nivel KTg4. Su espesor varía entre 200 y 300 metros.

- **Nivel KTg4**

Se caracteriza regionalmente por originar un relieve positivo, donde sobresalen en promedio hasta siete sub-niveles de arenitas de color blanco amarillento, de aproximadamente 15 metros de espesor. Intercaladas entre estos subniveles se presentan limolitas lodosas y lodolitas de color gris claro. En este nivel ocasionalmente se encuentran capas de carbón de hasta 0.7 metros de espesor. El contacto de este nivel con el KTg5 es transicional. Su espesor varía entre 200 y 300 metros.

- **Nivel KTg5**

Corresponde al nivel estratigráfico más alto de la Formación Guaduas. Morfológicamente se caracteriza por formar un relieve con suaves ondulaciones. Está constituido por una serie de arcillolitas abigarradas de apariencia bioturbada que alternan con limolitas lodosas y niveles de areniscas líticas de color gris verdoso. Su espesor varía de 150 a 250 metros.

En 1992, Sarmiento publica su trabajo denominado "*Estratigrafía y medios de Depósito de la Formación Guaduas*", informe considerado como la culminación de los aspectos estratigráficos de las investigaciones realizadas por el autor en esta zona. De acuerdo con este autor, el contacto inferior entre la Formación Guaduas y el Grupo Guadalupe en el área del flanco este del sinclinal de Checua, es neto y concordante; está marcado geomorfológicamente por el paso de un fuerte escarpe dado por el grueso paquete de areniscas a un paisaje suavemente ondulado y apreciablemente erosionado de arcillolitas.

Sarmiento, (1992) define *nueve segmentos* para el Guaduas, teniendo en cuenta características morfológicas asociadas con sus relaciones genéticas. A continuación se realiza una descripción muy general de base a techo de los aspectos más relevantes de estos nueve segmentos definidos por Sarmiento para la Formación Guaduas, enfatizando especialmente en la descripción de los mantos de carbón productivos, identificados por el autor y considerados en el presente trabajo:

◆ **Segmento 1 (S1)**

El contacto de este segmento con las areniscas superiores del Grupo Guadalupe es neto, pero irregular en el detalle. En este segmento han sido agrupados los primeros 129 m del Guaduas, reportado dos tipos de litologías predominantes: arcillolitas y lodolitas con lentes delgados a gruesos de limolita o arenita de cuarzo en los 60 m inferiores y lodolitas y arenitas de grano muy fino entre 60 y 129 m.

◆ **Segmento 2 (S2)**

Un conjunto de capas de arenita describen morfológicamente la continuidad areal de la base de este segmento que incluye al primer sector de mantos de carbón explotables en el área. El espesor agrupado corresponde a 91 m (intervalo de 129 a 220 m). En general este segmento está conformado por lodolitas con contenidos variables de materia orgánica y mantos de carbón.

Algunos de los mantos de carbón productivos, reportados por Sarmiento para este segmento, de base a techo son los siguientes:

- *Veta Primera*: Este manto se encuentra entre 160 y 164.4 m. Tiene como base, y en contacto neto, a un banco de lodolita con alto contenido de materia orgánica. Su espesor es de 1.20 m.

- *Veta Grande inferior*: Se encuentra sobre los 171m y corresponde al manto más espeso de este segmento (1.65 m), su extensión regional es amplia aunque varía su espesor; suprayaciendo el manto de carbón entre 174.3 m y 188 m, la secuencia está conformada

por lodolitas ricas en materia orgánica y restos de hojas bien preservadas con niveles sideríticos. Esta sucesión termina en un manto de carbón de 40 cm de espesor que presenta restos escasos de raíces a la base.

- *Veta Quinta*: Entre 192 m y 210 m la secuencia se reporta como cubierta, pero se logra identificar este manto de carbón de 60 cm de espesor, infrayacido por lodolitas con abundante contenido de materia orgánica.

♦ **Segmento 3 (S3)**

Este segmento está comprendido entre 220m y 250 m, es predominantemente arenítico y se distingue fácilmente en el paisaje porque da lugar a una franja escarpada; equivalente, parece ser, al conjunto denominado informalmente Arenisca La Guía (Hubach, 1957 en Sarmiento, 1992), con esta arenisca se presentan intercalaciones de limolitas y lodolitas. No se reportan mantos de carbón productivos en este segmento.

♦ **Segmento 4 (S4)**

La característica más notable de este segmento es la gran cantidad de mantos de carbón que conforman el segundo sector productor de la región con los mantos más espesos, de los cuales cinco se explotan activamente. El espesor de este segmento es de 140.5 m.

La litología predominante corresponde a lodolitas con contenidos variables de materia orgánica y algunos niveles arenosos intercalados.

Algunos de los mantos de carbón explotables económicamente, reportados por Sarmiento para este segmento, de base a techo son los siguientes:

- *Veta Grande superior*: Este manto se encuentra sobre los 273 m, su espesor es de 2.40 m y se caracteriza por alto contenido de pirita.

-*Veta Quinta*: Este manto aflora en los 331 m y presenta un espesor de 1.60 m. Se encuentra suprayacido por un grueso paquete de lodolitas con laminación lenticular e intercalaciones de lodolita limonítica, en contacto neto, liso y paralelo.

-*Veta Chica*: Este manto aflora en los 339 m y presenta un espesor de 1.20 m. Se encuentra infrayacido por capas de lodolitas con alto contenido de restos vegetales carbonosos y con presencia de concreciones sideríticas de forma elipsoidal. El techo de este manto hasta los 344 m corresponde a lodolitas con escaso contenido de materia orgánica vegetal.

-*Manto Ciscuda*: Este manto se presenta entre los 350 y 352 m. Tiene un espesor de 1.80 m y presenta una continuidad muy grande, pues es explotado en diferentes minas interconectadas en la región. Sobre este manto, hasta los 363 m se presenta un conjunto de arcillolitas carbonosas con tenue laminación, no paralela a ondulosa y cuatro intercalaciones delgadas de carbón.

♦ **Segmento 5 (S5)**

El cambio de color de arcillolitas grises y grises oscuras a lodolitas gris azulosas, verdosas y rojizas es neto y se puede seguir lateralmente, lo que permite definir la base de este segmento. El espesor es entre los 390 y 498 m aproximadamente. Este segmento está constituido por arcillolitas rojizas y verdosas. No se reportan mantos de carbón productivos en este segmento.

♦ **Segmento 6 (S6)**

Este segmento se ha establecido desde la base de un conjunto arenoso en los 498 m hasta la capa carbonosa más alta en los 626 m. Comprende el tercer conjunto productor de carbón, con mantos explotables y sin embargo, de menor espesor y con mayores intercalaciones arcillosas, con respecto a los de las unidades inferiores. La litología predominante corresponde a lodolitas con contenidos variables de materia orgánica, siendo comunes también, las lodolitas con lentes delgados de limolita o arenita de cuarzo.

Se mencionan a continuación algunos de los mantos económicamente explotables, reportados por el autor para este segmento:

- *Veta Vidrio*: Se encuentra entre los 544.4 m y 548 m. Presenta un espesor de 0.70 m. La base de este manto lo constituye un conjunto de lodolitas con abundantes restos vegetales.

- *Veta Depósito*: Este manto presenta un espesor de 1.80 m y según el reporte de Sarmiento, presenta una intercalación arcillosa de 60 cm. Aflora entre 548 m y 563 m.

-*Manto Siete bancos superior*: Se encuentra entre 577 m y 581.3 m. Está conformado por seis mantos de carbón de espesores variables separados por arcillolitas con muy alto contenido de materia orgánica y restos de raíces al contacto con los carbonos.

◆ **Segmento 7 (S7)**

Sarmiento toma como criterio para demarcar la base de este segmento un cambio de color a partir de los 626 m. En este segmento, aparecen en forma dispersa niveles carbonosos y, hacia la parte superior, se encuentran los últimos mantos de carbón de la Formación Guaduas, que por su espesor no son explotables.

Su litología está constituida por lodolitas con baja cantidad de materia orgánica, en general rojizas y verdosas, además, lodolitas lenticulares y varios niveles arenosos.

◆ **Segmento 8 (S8)**

Con este nombre informal Sarmiento hace referencia al conjunto arenítico más destacado de la parte superior de la Formación en esta área. Su espesor es de 14 m y abarca entre los 856 m y los 870 m de la secuencia. Son arenitas granodecrecientes, inmaduras textural y composicionalmente.

◆ **Segmento 9 (S9)**

Corresponde al último segmento de la Formación Guaduas considerado por el autor, se trata en general de arcillolitas en franjas de colores rojizos y azulosos intercalados con conjuntos de arenitas en menor proporción. El espesor de este segmento abarca desde los 870 m hasta los 1090 m.

2.1.3 Formación Arenisca Del Cacho

Suprayace a la Formación Guaduas y se caracteriza por formar un relieve escarpado debido a su composición arenosa. Está compuesta por areniscas cuarzosas de color amarillo a pardo oscuro de grano fino a medio en la parte inferior de la secuencia y gruesa en los niveles superiores, presentándose en ocasiones localmente conglomerática. Es muy frecuente la estratificación cruzada y las marcas de corriente en los niveles superiores. Hacia la parte media de esta formación se halla un horizonte arcilloso. Alcanza un espesor de hasta 180 metros (Ingeominas, 1987).

2.2 GENERALIDADES TECTÓNICA REGIONAL

En esta parte de la Cordillera Oriental se observan fuertes plegamientos; así como fallamientos de la secuencia cretácico-terciaria, como producto de la tectónica compresiva a la que ha sido sometida la zona (Ingeominas, 1997). Los principales rasgos estructurales del área son los siguientes (**Figura 2.2**):

- Amplios sinclinales de tectónica relativamente sencilla, con su núcleo ocupado por el terciario y entre ellos áreas cretácicas de tectónica mucho más apretada, entre los que se destacan el sinclinal Checua-Lenguazaque, sinclinal de Río Frío, sinclinal de Neusa sinclinal de Carupa y el sinclinal de Teusaca-Suesca. En general, en casi todos los sinclinales, el flanco oriental es abrupto mientras que el occidental es suave.

- Anticlinales estrechos, alargados y tectónicamente complejos como el anticlinal de Zipaquirá, Anticlinal de Nemocón-Tibita, anticlinal de Tausa y el anticlinal de Carupa.
- Fallas longitudinales que corresponden principalmente a esfuerzos compresivos, originando por lo general, cabalgamientos que afectan principalmente a los flancos occidentales de los anticlinales y orientales de los sinclinales. Entre las principales fallas se pueden destacar la falla de Cucunubá, falla de Nemocón falla de Carupa, la falla de Monte de Osos y la falla de Aposentos.

Además, se presentan fallas transversales que dislocan las estructuras en diferentes bloques. Entre las principales estructuras cabe mencionar la falla de Pajarito, la falla de Peñas, la falla de Ojo de Agua, la falla de Tasajeras, la falla de Chuscal, la falla el Principito, la falla la Vieja, etc.

La estructura principal es el sinclinal Checua – Lenguazaque, una estructura asimétrica de rumbo SW – NE cuyo flanco occidental presenta buzamientos entre 20° y 65° y cuyo flanco oriental tiene inclinaciones mayores y frecuentes inversiones. Por presentar una tectónica más complicada y buzamientos cercanos a la vertical, este flanco en general ha sido menos explotado que el occidental.

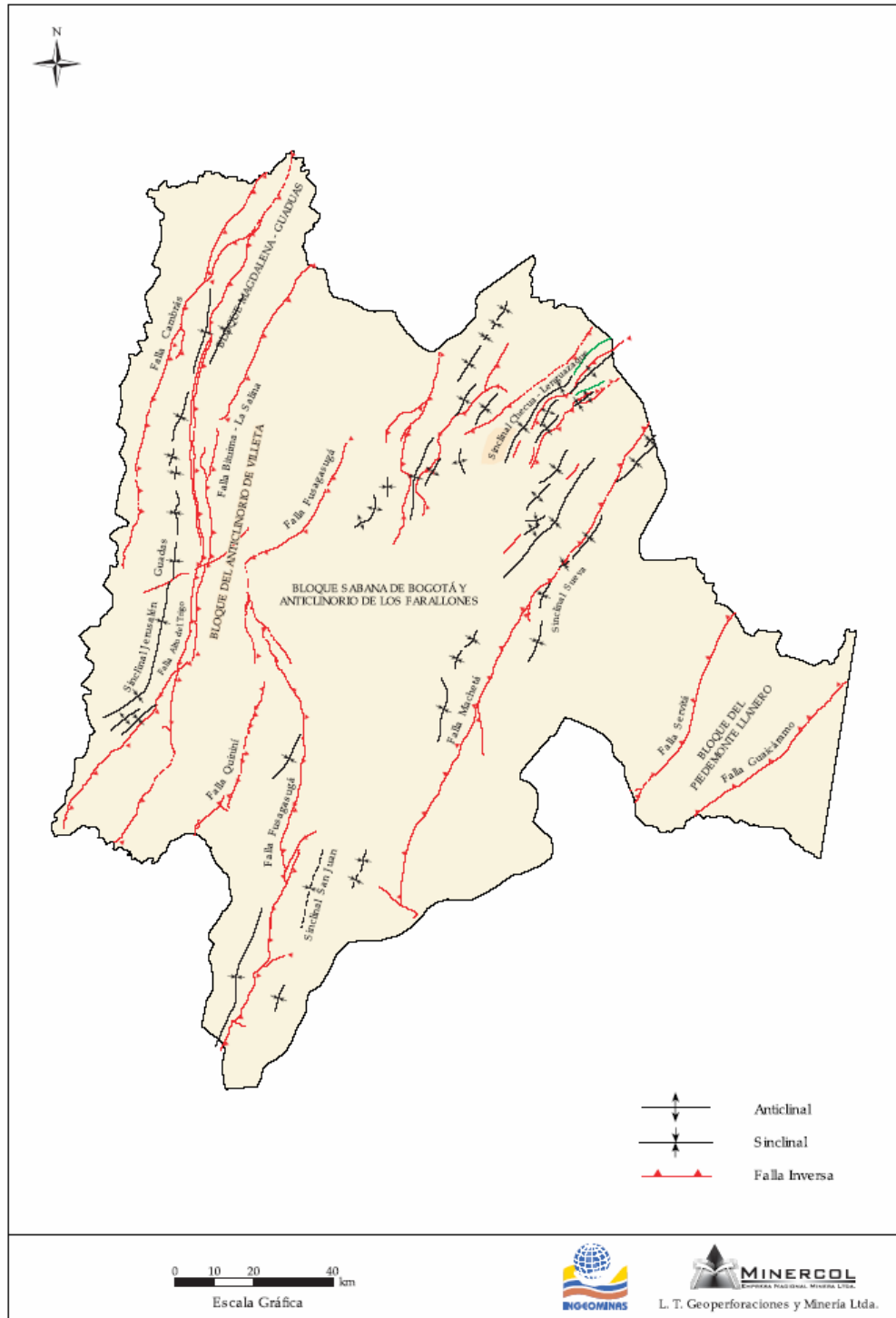


Figura 2.2 Principales Rasgos Tectónicos en Cundinamarca. Tomado de Ingeominas (2004)

3. CONTROL DE CALIDAD DE CARBONES EN LAS MINAS LA TRINIDAD

La calidad de un carbón comprende el conjunto de sus propiedades y características físicas, químicas y petrográficas, las cuales, permiten su clasificación relacionada con su utilización para un propósito particular.

El control de calidad en los carbones, comprende las operaciones de muestreo, preparación de la muestra y análisis químico de la misma.

3.1 FASE DE MUESTREO

El primer paso a seguir dentro de un programa de control de calidad es el muestreo. De esta manera, la caracterización de los mantos de carbón *Vidriosa*, *Depósito*, *Ciscuda*, y *La Grande* presentes en las minas La Trinidad se inició con un muestreo de cada uno de estos mantos.

A continuación se presentan algunos fundamentos teóricos a tener en cuenta en el muestreo de carbones.

El objetivo de un muestreo de carbones es obtener una muestra parcial representativa de una unidad de muestreo, de tal manera que la distribución y proporción de sus variables físicas, químicas y petrográficas sean equivalentes a esa unidad de muestreo. (Ecocarbón, 1995).

El carbón es uno de los materiales más difíciles de muestrear debido a la variabilidad en su composición, razón por la cual los países productores y consumidores han desarrollado normas claras y precisas sobre muestreo. Dentro de las normas más conocidas están las ISO y las ASTM.

Un muestreo adecuado permite evaluar y conocer, entre otros, los siguientes aspectos en los carbones:

- Caracterizar física, química, petrográfica y tecnológicamente los carbones.
- Conocer la variabilidad de los diferentes parámetros de calidad analizados.
- Planificar las etapas de desarrollo y producción de proyectos mineros.
- Definir usos industriales y tecnológicos del carbón

Durante la operación de muestreo de carbones, no debe ahorrarse ningún esfuerzo en cuanto al cuidado y precisión de esta actividad, ya que de ello dependen en alto grado, el éxito de las subsiguientes actividades de preparación y análisis de las muestras (**Figura 3.1**).

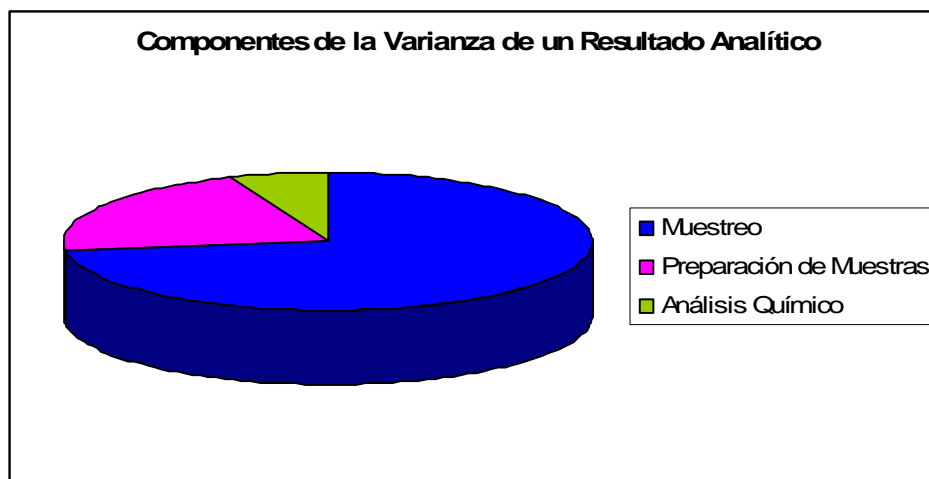


Figura 3.1 Componentes de la varianza de un resultado analítico. Tomado de Báez, (2000)

3.1.1 Tipos de muestreo en un proyecto minero

Los tipos de muestreo de carbones se pueden clasificar de acuerdo a las etapas de un proyecto geológico – minero así:

1. Muestreo durante la fase de exploración y desarrollo
2. Muestreo durante la operación minera del proyecto (producción)
3. Muestreo para propósitos especiales

Se mencionan a continuación los dos primeros tipos de muestreo:

- **Muestreo durante la fase de exploración y desarrollo**

Durante las fases de exploración y desarrollo de un proyecto minero se pueden tomar diversos tipos de muestras:

- Muestras de Afloramiento
- Muestras de Columna
- Muestras de Canal
- Muestras de Perforación

- **Muestreo durante la fase de operación minera del proyecto (producción)**

El carbón de producción corresponde al carbón que ya ha sido arrancado o extraído del manto por operaciones mineras.

Tipos de Muestras de Producción:

- Muestreo en Bandas Transportadoras
- Muestreo de Volquetas, Camiones o Vagones
- Muestreo de Barcos y Pilas

A continuación se describe la metodología empleada para la toma de Muestras de Canal y de Patio realizado en las Minas La Trinidad y adoptado en el marco de esta Práctica Empresarial.

3.1.2 Metodología empleada para el Muestreo de Carbones en las minas La Trinidad

La fase de muestreo comenzó en el mes de febrero del presente año. Se recolectaron 71 muestras de los mantos *Vidriosa*, *Depósito*, *Ciscuda* y *La Grande*, de las cuales, 47 fueron tomadas y enviadas directamente al laboratorio químico Interlabco Ltda, ubicado en el municipio de Ubaté, con el objetivo de practicarles análisis proximales y análisis varios; y con las 24 restantes se realizaron las descripciones litológicas de los mantos.

Las muestras tomadas incluyen segmentos de carbón, muestras de canal, respaldos superiores e inferiores (roca piso y techo), e intercalaciones, tomadas en los frentes de explotación de cada una de las minas; así como muestras de carbón de producción (muestreos de pila) tomadas en los patios de cada una de las minas.

La metodología empleada para realizar estos muestreos se basó en las “*Normas Generales Sobre Muestreo y Análisis de Carbones*” publicadas por Ecocarbón, (1995).

3.1.2.1 Muestras de canal

Una muestra de canal es una muestra de volumen de carbón triturado que incluye el espesor total del manto tomado, de tal manera que cada uno de los estratos constituyentes están representados en igual proporción a su espesor.

La muestra de canal se obtiene mediante un corte uniforme y continuo perpendicular a la estratificación.

Para la toma de una muestra de canal, se debe seleccionar un frente fresco (en producción) de carbón, en un lugar donde el carbón no se haya expuesto a la atmósfera. Un frente de producción apto para el muestreo de canal, es el interior de una mina, en la cual, permanentemente se este arrancando el carbón.

Los siguientes pasos se deben seguir para la toma de una muestra de canal:

- El sitio a muestrear debe estar perfectamente localizado, en lo posible se hará el respectivo levantamiento topográfico.
- Describir, registrar y levantar una columna local del manto de carbón, con las observaciones geológicas, descripción macroscópica del carbón, posición de las intercalaciones separables y no separables y tipos de respaldos (techo y piso).
- Se buscará tomar las muestras en un sitio que por conocimiento anterior permita establecer que no se trata de una zona de adelgazamiento o engrosamiento, así mismo se debe descartar el muestreo en zonas de falla.
- La muestra se obtiene por elaboración de un canal mediante un corte uniforme y continuo.
- Se debe limpiar bien la superficie a muestrear hasta una profundidad de 5 cm. como mínimo. En el caso particular y a juicio del Geólogo cuando fuere necesario tomar la muestra en un frente de mina inactiva, la profundidad deberá ser mayor de 10 cm.
- A continuación se procederá a adelantar una escrupulosa limpieza del piso en el sitio de muestreo a fin de evitar cualquier posibilidad de contaminación con carbón o estéril anteriormente arrancado.
- Extender sobre el piso previamente, un hule o 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 o impurezas provenientes del piso.
- Una vez cumplidos los pasos anteriores, se procederá a cortar un canal en el carbón perpendicular a la estratificación y hasta la base del manto. Este canal tendrá un ancho de 15 cm por 8 cm. de profundidad.

- Se toma la muestra picando de arriba hacia abajo, hasta obtener una muestra aproximada de 5 kilogramos por cada 30 cm. De espesor del manto.
- Se muestrearán mantos de carbón con espesores mayores a 0.6 metros, si no existe otra indicación.
- En presencia de intercalaciones se procederá de la siguiente forma:
- Para mantos con intercalaciones menores de 10 cm de espesor, se deberán muestrear conjuntamente con el carbón.
- Para mantos con intercalaciones mayores de 10 cm y menores de 60 cm se deberán muestrear separadamente del carbón
- Para estériles mayores de 60 cm., se analizarán como respaldos, pues se debe considerar como dos mantos diferentes.
- Empacar la muestra en bolsas plásticas dobles de calibre adecuado, debidamente marcadas. Se incluirá una tarjeta con la identificación de la muestra adherida con cinta resistente a la bolsa. La muestra se trasladará al laboratorio directamente.
- Recolectar los respaldos de techo y piso en los sitios seleccionados previamente, acorde con el plan de muestreo. Al igual que el carbón se deberán tener las mismas precauciones en la recolección, empaque e identificación.

3.1.2.2 Muestreo de Pilas

El carbón de producción corresponde al carbón que ya ha sido arrancado o extraído del manto por operaciones mineras, como se mencionó en la **Sección 3.1.1**. Antes de tomar la muestra debe decidirse acerca del tamaño requerido para los diferentes ensayos.

Los pasos a seguir para tomar muestras de pila son los siguientes:

- Se toma la muestra en tres sectores de la pila, los cuales corresponden a la copa, la parte media y la base de la misma. Dependiendo del tamaño de la pila se decide el número de puntos de muestreo en cada uno de los sectores ya mencionados.
- Los puntos de muestreo deben estar uniformemente espaciados sobre la superficie del carbón expuesto en la pila.
- Se debe tener especial cuidado de no muestrear la capa superficial de la pila, ya que esta tiene una calidad distinta al resto del carbón, debido a la exposición al viento, segregación de tamaños, contenidos de humedad, etc.
- Se raspa la parte superficial del carbón, y se introduce una pala a una profundidad considerable para tomar la muestra en cada uno de los puntos establecidos.
- Las porciones de muestra tomadas en cada punto se van recogiendo en un plástico limpio y seco, de dimensiones apropiadas, previamente extendido sobre el piso a un lado de la pila, siempre teniendo especial cuidado de aislar la muestra de toda fuente de contaminación.
- La muestra bruta de carbón recolectado se debe reducir a un tamaño adecuado para ser enviada al laboratorio. Para este fin se debe realizar un cuarteo, hasta obtener el tamaño deseado dependiendo de los análisis requeridos.
- Luego, se empaca la muestra en bolsas plásticas dobles de calibre adecuado, debidamente marcadas y se incluye una tarjeta con la identificación de la muestra adherida con cinta resistente a la bolsa. La muestra se trasladará al laboratorio directamente.

3.2 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE LOS MANTOS DE CARBÓN

La caracterización litológica a nivel macroscópico de los mantos de carbón *Vidriosa*, *Depósito*, *Ciscuda* y *La Grande* se realizó con base en la descripción de 24 muestras de mano tomadas en los frentes de explotación de cada una de las minas.

Se presentan en este apartado un catálogo de muestras con las descripciones litológicas para cada manto, los espesores promedio de los mantos, así como una columna estratigráfica local para cada manto, que ilustra la información recolectada.

3.2.1 Manto *Vidriosa*

En la mina *Vidriosa* (manto *Vidriosa*) se reconocieron ocho (8) niveles de roca, incluyen los respaldos superior e inferior (piso y techo), dos (2) intercalaciones y cuatro (4) niveles de carbón, de los cuales se identificaron dos tipos de carbón que han sido denominados en este informe como **CO-A** y **CO-B**, cuyas diferencias fueron reconocidas a nivel macroscópico y pueden ser visualizadas en el catálogo de muestras para este manto.

3.2.1.1 Catálogo de Muestras Manto *Vidriosa*

En la **Tabla 3.1** se presenta un Catálogo de Muestras, que incluye una descripción litológica de cada uno de los segmentos de roca de base a techo presentes en la mina *Vidriosa*. Se realizó con base en el muestreo *in situ* realizado en el Frente de Explotación Nivel Sur.

Tabla 3.1 Catálogo de Muestras Manto *Vidriosa*

NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN
M1-V	Respaldo Inferior (Roca Piso)	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza. Presenta manchones arcillosos blancuzcos de aspecto terroso distribuidos en la roca. Presencia de fragmentos leñosos de color negro mate alargados y rectangulares. Impresión fósil de hoja muy bien preservada, de dimensiones 5x3 cm. En contacto neto al techo. Espesor Promedio: 0.62 m.
M2-V	Carbón (CO- B)	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Carbón de color negro semi- brillante, fractura concoidea característica, dureza moderada a débil, al romper lo hace en cubos. Estratificado, laminación interna plano paralela. Presencia de hilos de carbón muy brillantes y apariencia lisa de 1 a 2 mm de espesor paralelos a los planos de laminación. Presencia de pirita y sulfuros asociados. En contacto difuso al techo. Espesor Promedio: 0. 10 m.
M3-V	Carbón (CO-A)	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Carbón de color negro, opaco, masivo, fractura vítrea, presencia de superficies rugosas, dureza media, rompe en bloques irregulares. Presencia de pirita y sulfuros asociados distribuidos aleatoriamente. Espesor Promedio: 0.46 m.

M4-V	Intercalación ¹	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Shale negro carbonoso, opaco, dureza moderada a media, rompe por sus planos de debilidad. Laminación interna plano paralela. Hilos de carbón muy brillantes de 1 a 3 mm de espesor paralelos a los planos de laminación. Presencia de superficies lisas brillantes (superficies de fricción). Trazas de sulfuros distribuidos ocasionalmente. Espesor Promedio: 0.19 m
M5-V	Carbón (CO- B)	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Carbón de color negro semi-brillante, fractura concoidea característica. Estratificado, laminación interna plano paralela. Paralelos a dicha laminación, hilos negros muy brillantes y lisos de 1 a 3 mm de espesor, y en otros sectores este comportamiento ocurre a manera de bandas. En contacto difuso a la base. Espesor Promedio:0.25 m
M6-V	Intercalación ²	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Shale gris oscuro, carbonoso, de carácter físil. Presenta laminación interna plano paralela, hilos de carbón muy brillantes, de 1 a 2 mm de espesor, paralelos a los planos de laminación, en otros casos ocurren a manera de bandas superficiales. Presencia de fragmentos leñosos y una madriguera sin identificar rellena de material arcilloso blanco terroso. En contacto difuso a la base. Espesor Promedio: 0.10 m.
M7-V	Carbón (CO- B)	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Carbón negro semi-brillante, fractura concoidea característica, Estratificado. En contacto neto al techo. Espesor Promedio: 0.19 m

M8-V	Respaldo Superior	Frente Explotación Nivel Sur	28-02-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza, fractura irregular. Presencia de superficies de fricción lisas y brillantes en algunos sectores. En contacto neto hacia la base. Espesor Promedio: 0.38 m.
-------------	-------------------	------------------------------	------------	--

3.2.1.2 Columna Estratigráfica Local Manto Vidriosa

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL- MANTO VIDRIOSAS			
PROYECTO: C.I. CARBONES DEL CARIBE		MINAS LA TRINIDAD	Fecha: 28-02-2006
		MANTO : VIDRIOSAS	Ubicación: Frente de Explot. Nivel Sur
N. MUESTRA	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
M8-V	0.38	RESPALDO SUPERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza, fractura irregular. Presencia de superficies de fricción. En contacto neto hacia la base.
M7-V	0.19	CO-B	Carbón negro semi-brillante, fractura concoidea característica. Estratificado. En contacto neto al techo.
M6-V	0.10	INT.2	Shale gris a negro carbonoso. Presenta laminación interna plano paralela. Hilos de carbón muy brillantes paralelos a dicha laminación. En contacto difuso a la base
M5-V	0.25	CO-B	Carbón negro semi-brillante, fractura concoidea característica. Estratificado En contacto difuso a la base. Pirita y sulfuros asociados
M4-V	0.19	INT. 1	Shale negro carbonoso, dureza moderada a media. Presenta laminación interna plano paralela muy fina. Presencia de pirita y sulfuros asociados
M3-V	0.46	CO-A	Carbón de color negro, opaco, masivo, fractura vítrea, presencia de superficies rugosas, rompe en bloques irregulares. Presencia de pirita y sulfuros asociados
M2-V	0.10	CO-B	Carbón negro semi brillante, fractura concoidea característica Estratificado. Pirita y sulfuros asociados. En contacto difuso al techo.
M1-V	0.59	RESPALDO INFERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza. Presencia de fragmentos leñosos, Impresiones fósiles de hojas. En contacto neto al techo.

CO-A= Carbon A ; CO-B= Carbon B; INT= Intercalación

Figura 3.2 Columna Estratigráfica Local del Manto Vidriosa, Minas La Trinidad.

La figura 3.2 ilustra la posición estratigráfica de cada uno de los niveles de roca reconocidas en la mina *Vidriosa*, así como los espesores y la descripción litológica de cada nivel. Esta columna se realizó en el frente de explotación nivel sur, dentro de la mina.

3.2.1.3 Espesor Promedio del Manto

Para obtener el espesor promedio del manto de carbón, se tomaron datos en cada uno de los niveles (galerías), tambores, frentes de explotación y en general donde la operación dentro de la mina lo permitió. Posteriormente, se procedió a promediar los datos obtenidos en cada nivel y finalmente se obtuvo un promedio general del manto.

En la **Tabla 3.2** se presentan los promedios obtenidos en cada punto de ubicación del manto *Vidriosa*, teniendo en cuenta las intercalaciones presentes, por una parte, y por otra, restando el espesor de las intercalaciones que pueden ser separables en el proceso de explotación. Finalmente se presenta el Espesor promedio del manto.

En las mediciones realizadas, se tuvo especial cuidado de tomar los espesores reales correspondientes al manto.

Tabla 3.2 Espesor Promedio Manto *Vidriosa*

ESPESOR MANTO VIDRIOSA		
Ubicación	Espesor Promedio con intercalaciones (m)	Espesor promedio sin intercalaciones (m)
Nivel Norte	1,25	0,88
Nivel Sur	1,28	1
Frente Inclinado	1,19	0,88
Espesor Promedio Manto <i>Vidriosa</i>	1,24	0,92

3.2.2 Manto *Depósito*

En el manto *Depósito* se reconocieron siete (7) niveles de roca, incluyen respaldos superior e inferior, intercalaciones presentes y dos niveles de carbón. Corresponden a las muestras M9-D a M15-D, en el Catálogo de Muestras. Se reconoció un tipo de carbón en todo el paquete, pero es de gran importancia estudiar las dos intercalaciones presentes, pues una de ellas (M11-D), presenta características de carbón en algunos sectores de la mina, y en algunos casos se está explotando como carbón y, si bien es cierto que su espesor es pequeño (0.10 - 0.15 m), la incidencia de este hecho en la calidad del carbón de este manto puede ser relevante.

3.2.2.1 Catálogo de Muestras Manto *Depósito*

Tabla 3.3 Catálogo de Muestras Manto *Depósito*

N. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN
M9-D	Respaldo Inferior (Roca Piso)	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza. Abundantes fragmentos leñosos de color negro mate y aspecto terroso. Presencia de material arcilloso blancuzco terroso en la superficie de algunos de esos fragmentos y en la superficie de la roca. Presencia de dos impresiones fósiles de hojas de dimensiones 8x4 cm. En contacto neto hacia el techo. Espesor Promedio: 0,75 m
M10-D	Lodolita Carbonosa ¹	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Shale negro carbonoso. Dureza media a moderada. Laminación interna plano paralela muy fina. En dichos planos de laminación se presentan hilos muy brillantes de carbón menores a 2 mm de espesor. Presencia de dos impresiones fósiles de hojas de dimensiones 7x5 y 5x4 cm. Espesor Promedio: 0.24 m.

M11-D	*Lodolita Carbonosa ²	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Shale negro carbonoso de color negro, dureza moderada, fracturado, rompe por sus planos de debilidad, presenta rugosidades en algunos sectores, laminación interna plano paralela, por dichos planos presencia de hilos de carbón muy brillantes menores a 2mm de espesor. Presencia escasa de pirita y sulfuros asociados. Contacto difuso hacia la base y techo. Espesor: 0.13 m <i>*Según información suministrada por los mineros esta roca en ocasiones se confunde con carbón y se explota como tal.</i>
M12-D	Carbón	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Carbón negro brillante, baja dureza, al romper lo hace en cubos. Estratificado, con laminación interna plano paralela. Presencia de pirita y sulfuros asociados a manera de "laminillas" paralelas a los planos de estratificación. Espesor Promedio: 0.54 m.
M13-D	Intercalación	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Shale negro. Presenta laminación interna plano paralela muy fina, en dichos planos presencia de hilos muy lisos y brillantes de carbón de 1 a 3 mm de espesor. Contacto difuso hacia la base y techo. Espesor Promedio: 0.10 m.
M14-D	Carbón	Frente de Explotación Nivel 0 Sur Abscisa 116	06-03-2006	Carbón negro semi-brillante, fractura concoidea. Dureza moderada. Estratificado. Presencia de fragmentos leñosos de aspecto terrosos mate, untuosos al tacto. Espesor Promedio: 0.39 m

M15-D	Respaldo Superior	Frente de Explotación Nivel 0 Sur	06-03-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva. Corresponde al respaldo superior. Espesor Promedio: 0.40 m.
--------------	-------------------	-----------------------------------	------------	---

3.2.2.2 Columna Estratigráfica Local del Manto *Depósito*

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL- MANTO DEPÓSITO			
PROYECTO: C.I. CARBONES DEL CARIBE		MINAS	LA TRINIDAD
		MANTO	DEPÓSITO
		Fecha: 06 - marzo - 2006	
		Ubicación: Frente Explot. Nivel 0 Sur	
N. MUESTRA	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
M15-D	0,40	RESPALDO SUPERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza, fractura irregular. Presencia de fragmentos leñosos. En contacto neto hacia la base.
M14-D	0,39	CO	Carbón negro semi-brillante, fractura concoidea. Estratificado Presencia de fragmentos leñosos y material carbonoso.
M13-D	0,1	INT.	Shale negro carbonoso, dureza moderada a media. Laminación interna plano paralela muy fina Hilos de carbón muy brillantes paralelos a dicha laminación. En contacto difuso hacia la base y techo.
M12-D	0,54	CO	Carbón negro brillante. Estratificado Presencia de pirita y sulfuros asociados.
M11-D	0,13	MD	Shale negro carbonoso. Presenta laminación interna plano paralela. Hilos de carbón paralelos a los planos de laminación. Contacto difuso a la base y techo.
M10-D	0,24	MD	Shale negro carbonoso. Presenta laminación interna plano paralela. Hilos de carbón muy brillantes paralelos a los planos de laminación. Presencia de impresiones fósiles de hojas.
M9-10	0,75	RESPALDO INFERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza. Abundantes fragmentos leñosos, presencia de material arcilloso blanuzco en algunos sectores de su superficie. Presencia de impresiones fósiles de hojas. En contacto neto hacia el techo.

CO= Carbón; INT= Intercalación; MD= Shale

Figura 3.3 Columna Estratigráfica Local del Manto *Depósito*, Minas La Trinidad

3.2.2.3 Espesor Promedio del Manto

Para obtener el espesor del manto *Depósito* se realizó el mismo procedimiento descrito en la **Sección 3.2.1.3** para el manto *Vidriosa*.

Tabla 3.4 Espesor Promedio Manto *Depósito*

ESPESOR MANTO DEPOSITO		
Ubicación	Espesor Promedio con intercalaciones (m)	Espesor promedio sin intercalaciones (m)
Nivel 0-Norte	0,86	0.76
Nivel 0-Sur	1.16	0.93
Nivel 1-Norte	0,83	0.73
Nivel 1-Sur	0,82	0.72
Espesor Promedio Manto <i>Depósito</i>	0,84	0.79

3.2.3 Manto *Ciscuda*

En la mina *Ciscuda* se reconocieron nueve (9) niveles de roca. Incluyen respaldos superior e inferior, tres (3) intercalaciones, una de ellas separable en el proceso de explotación, y cuatro (4) niveles de carbón. Corresponden a las muestras M19-C a M23-C descritas en el Catálogo de Muestras para este manto.

A partir de la descripción litológica detallada a nivel macroscópico, se reconoció un (1) tipo de carbón en la mina *Ciscuda* que se presenta en cuatro (4) niveles separados por tres (3) intercalaciones reconocidas.

La posición y espesor de cada uno de estos niveles y del manto de carbón como tal, puede ser visualizado en la Columna Estratigráfica Local –Manto *Ciscuda*, presentada en este informe.

3.2.3.1 Catálogo de Muestras Manto *Ciscuda*

Tabla 3.5 Catálogo de Muestras Manto *Ciscuda*

N. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN
M19-C	Carbón	Frente Explotación Nivel 0- Norte	22-03-2006	<p>Carbón negro brillante, fractura concoidea característica, al romper lo hace en cubos. Dureza moderada a media. Diaclasado. Estratificado. Presenta superficies azulosas* mate, lisas, en algunos sectores. Presencia escasa de fragmentos leñosos. Presencia de pirita y sulfuros asociados. En contacto neto al techo y difuso a la base.</p> <p>Espesor Promedio: 0.60 m.</p> <p><i>*Por comunicación de los picadores, el carbón toma esta coloración al entrar en contacto con el aire. Es un carbón muy duro de picar</i></p>
M20-C	Intercalación ¹	Frente Explotación Nivel 0-Norte	22-03-2006	<p>Shale negro carbonoso, presenta laminación interna plano paralela muy fina. Bandas arcillosas blancuzcas en algunos sectores. Hilos de carbón muy brillantes de 1 a 2 mm de espesor, paralelos a sus planos de laminación. Bandas muy lisas y brillantes (superficies de fricción). Fragmento de impresión fósil de hoja (6 cm. de largo).En contacto neto a la base y techo.</p> <p>Espesor Promedio: 0.13 m.</p>
M21-C	Carbón	Frente Explotación Nivel 0-Norte	22-03-2006	<p>Carbón negro brillante, fractura concoidea característica, al romper lo hace en cubos. Estratificado. Abundantes superficies azulosas mate, lisas. Presencia de fragmentos leñosos. Restos de hojas. Contacto neto hacia la base y techo. Espesor Promedio: 0.44 m</p>

M22-C	Respaldo Superior (Roca Techo)	Tambor 11 Nivel 0 Norte	22-03-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva, alta dureza, fractura irregular. En sectores presencia de bandas arcillosas de color beige de 0.5 cm.-1cm. de espesor. Restos de impresiones fósiles de hojas muy bien preservados. Contacto neto a la base. Espesor Promedio: 0.70 m <i>Esta muestra fue tomada en el tambor 11, pues no se encontraba en el punto de ubicación de las demás muestras.</i>
M23-C	Carbón	Tambor 8 Nivel 0 Norte	22-03-2006	Carbón negro brillante, fractura concoidea, rompe en cubos. Diaclasado. Estratificado. Presencia de unos sub-niveles de carbón no separables de aspecto liso en su superficie, de 5 cm. de espesor, muy duros al picar. Espesor Promedio: 0.60 m.

3.2.3.2 Columna Estratigráfica Local del Manto *Ciscuda*

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL - MANTO CISCUDA			
PROYECTO: C.I. CARBONES DEL CARIBE		MINAS	LA TRINIDAD
		MANTO	CISCUDA
		Fecha: 15 - 03 - 2006	
		Ubicación: Frente Explot. Nivel 0-Norte	
N. MUESTRA	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
M22-C	0,70	RESPALDO SUPERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza, fractura irregular. Presencia de bandas arcillosas color beige de 5 mm a 1 cm de espesor. Restos de impresiones fósiles de hojas. En contacto neto a la base.
M21-C	0,44	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea característica. Estratificado. Presencia abundante de superficies azulosas. Presencia de pirita y sulfuros asociados. En contacto neto hacia la base.
M20-C	0,13	INT.1	Shale negro carbonoso. Presenta laminación interna plano paralela. Hilos de carbón muy brillantes paralelos a dicha laminación. En contacto neto hacia la base y techo.
M19-C	0,60	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea. Estratificado. Muy diaclasado. Presencia abundante de coloración azulosa en su superficie. Presencia de pirita y sulfuros asociados. En contacto difuso hacia la base y techo.
	0,02	INT.2	Shale negro carbonoso. Laminación interna plano paralela. Muy blando en sectores debido a las infiltraciones de agua.
M19-C	0,26	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea. Estratificado. Diaclasado. Presencia abundante de coloración azulosa en su superficie. Presencia de pirita y sulfuros asociados. En contacto difuso hacia la base y techo.
	0,02	INT.3	Shale negro carbonoso. Laminación interna plano paralela. Consistencia blanda.
	0,27	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea. Estratificado. Contacto difuso al techo.
M23-C	0,6	RESPALDO INFERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza, fractura irregular.

CO= Carbón; INT= Intercalación;

Figura 3.4 Columna Estratigráfica Local del Manto *Ciscuda*, Minas La Trinidad

3.2.3.3 Espesor Promedio del Manto

Para obtener el espesor del manto *Depósito* se realizó el mismo procedimiento descrito en la **Sección 3.3.1.3** para el manto *Vidriosa*.

Tabla 3.6 Espesor Promedio Manto Ciscuda

ESPESOR MANTO CISCUDA		
Ubicación	Espesor Promedio con intercalaciones (m)	Espesor promedio sin intercalaciones (m)
Nivel 0-Norte	1,74	1,66
Nivel 1-Norte	1,84	1,67
Nivel 1-Sur	2,02	1,87
Espeo Promedio Manto Ciscuda	1,87	1.73

3.2.3.4 Observaciones especiales Manto Ciscuda

A continuación se presentan algunas observaciones realizadas en los diferentes niveles (galerías) de la mina *Ciscuda*.

Nivel 0 – Norte

- Por comunicación oral de los mineros, en varios sectores del manto, el carbón es demasiado “duro de picar”. Se tomó una muestra de carbón con esta característica y se describió litológicamente a nivel macroscópico (*ver M23-C en Catálogo de Muestras*). A partir de la descripción realizada no se encontró un rasgo distintivo en dicho carbón que explique la dureza que presenta. Sin embargo, dentro del mismo nivel de carbón se observan unos sub-niveles de carbón no separables, que exhiben una superficie lisa (pueden confundirse con intercalaciones) y un espesor de 5 cm. aproximadamente y al picarlos son muy duros. Otra de las causas que puede explicar la dureza del carbón al picarlo, es que se encuentra muy adherido a los respaldos.

- Se reporta la presencia abundante de una coloración azulosa mate sobre la superficie del carbón. Por comunicación oral de los mineros, el carbón toma esta coloración al entrar en contacto con el aire. Este fenómeno puede ocurrir por la presencia de gas metano en el manto de carbón, el cual, al entrar en contacto con el aire produce dicha coloración en el carbón.
- Se observa presencia abundante de de pirita y sulfuros asociados, aparecen a manera de “laminillas” orientadas paralelamente a los planos de estratificación del carbón.
- El carbón se encuentra muy diaclasado, la dirección predominante algunas de estas diaclasas es S35E a S85E, con buzamientos de 55SW a 83 SW. Otras se encuentran orientadas de manera oblicua.
- En este nivel se presenta una variación muy significativa en el espesor del manto de carbón y en los respaldos. A medida que se avanza en abscisado se observa una gran diferencia en el espesor del manto del costado superior en relación con el espesor del costado inferior de este nivel. Este comportamiento se había reportado por los ingenieros de esta mina como un “pinchamiento”. Sin embargo, al realizar el seguimiento geológico detallado de este nivel, se encontró que el costado superior presenta el espesor real de este manto (1.60 -1.70 m aproximadamente), en tanto, que el espesor del costado inferior presenta un comportamiento anómalo, disminuyendo considerablemente. Este fenómeno no ocurre debido a un pinchamiento del carbón en este sector sino que el espesor que no se observa en el costado inferior del nivel en cuestión se encuentra enterrado en profundidad.

En la **Tabla 3.7** se muestra la variación del espesor del manto de carbón (incluyendo intercalaciones) en el Nivel 0 – Norte, del manto ciscuda. Obsérvese la diferencia de espesor del costado superior y el costado inferior de este nivel.

Los espesores reportados en esta tabla solo corresponden al manto de carbón (incluyendo intercalaciones). No incluyen respaldos superior e inferior. Se tomaron datos de espesor en puntos donde se encontraron variaciones significativas y donde la operación dentro de la mina lo permitió.

Tabla 3.7 Variación de Espesor Manto *Ciscuda* Nivel 0 – Norte

VARIACIÓN ESPESOR MANTO DE CARBÓN CISCUDA NIVEL 0 - NORTE			
Ubicación	Espesor costado superior (m)	Espesor costado inferior (m)	Buzamiento
	(m)	(m)	
Abscisa 0	1,70	1,00	
Abs15	1,70	1,00	25° SE
Abs. 20 T-1	1,60	1,00	25° SE
Abs. 40	1,6	1,00	
Abs 50	1,60	1,20	
Abs 55 T-3	1,70	1,30	
Abs 64 T-4	1,70	1,40	
Abs 68	1,70	1,55	
T-5	1,70	Forrado	
Abs 89 T-7	1,70	1,29	22° SE
T-8	1,70	1,29	
T-9	1,65	1,07	
T-10	1,70	1,70	
Abs 164	1,65	1,10	
Abs 165	1,55	1,30	
Abs 170	1,55	1,30	
Abs 174	1,60	1,40	
Abs178	1,70	0,80	25° SE
Abs 184	1,64	1,15	
Abs 188	1,70	1,20	
Abs 195	1,70	1,40	22° S E
Inclinado	1,73		26° SE

- El espesor promedio del Nivel 0 - Norte para el manto *Ciscuda*, obtenido a partir de los datos tomados en el costado superior de este nivel (**Tabla 3.7**) es de 1.66 m. No se tuvieron en cuenta los datos del costado inferior ya que estos datos son anómalos y muy variables para ser tratados estadísticamente.

Nivel 1- Sur

- El carbón se encuentra muy diaclasado, algunas de estas diaclasas están orientadas de manera casi perpendicular a los planos de estratificación del carbón (S30E a S80E), otras se disponen de manera oblicua. Debido a este diaclasamiento, es difícil identificar y seguir el espesor de las intercalaciones, ya que en algunos sectores se acuñan, o se encuentran muy trituradas, es difícil establecer un contacto entre estas y el carbón.
- Se presentan infiltraciones de agua muy significativas en todo el paquete de roca (base a techo). La acción de estas infiltraciones, se observa notoriamente sobre las intercalaciones, pues en algunos sectores presentan una consistencia totalmente blanda.

Nivel 1- Norte

- Se presenta un comportamiento similar al Nivel 1-Sur, en relación al diaclasamiento y fracturamiento del carbón.
- En la abscisa 10, (nivel1-norte), sobre el costado superior se observa un micro plegamiento local que se extiende por 70 cm. aproximadamente. En este punto el carbón está muy diaclasado y triturado. No se pueden identificar las intercalaciones.
- Presencia abundante de “laminillas” de pirita y sulfuros asociados orientadas paralelamente a los planos de estratificación del carbón.

3.2.4 Manto *La Grande*

En la mina *La Grande* se reconocieron cinco (5) niveles de roca. Incluyen respaldos superior e inferior, una (1) intercalación, y dos niveles de carbón separados por la

intercalación ya mencionada. Corresponden a las muestras M24-LG a M27-LG descritas en el Catálogo de Muestras para este manto.

A partir de la descripción litológica detallada a nivel macroscópico, se reconoció un (1) tipo de carbón en la mina *La Grande* que se presenta en dos niveles separados por una intercalación de 2 cm de espesor.

La posición y espesor de cada uno de estos niveles y del manto de carbón como tal, puede ser visualizado en la Columna Estratigráfica Local –Manto *La Grande*, presentada en el siguiente apartado.

3.2.4.1 Catálogo de Muestras Manto *La Grande*

Tabla 3.8 Catálogo de Muestras Manto *La Grande*

N. MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN
M24-LG	Respaldo Superior (Roca Techo)	Inclinado Principal (Abscisa 295)	12-07-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva, de alta dureza. Fuerte presencia de bandas ferruginosas de 0.2 cm. a 2 cm. de espesor, que le dan un aspecto laminado a la roca. Presencia de impresiones fósiles de hojas y fragmentos leñosos. En contacto neto hacia la base. Espesor promedio: 2 m
M25-LG	Carbón	Inclinado Principal (Abscisa 295)	12-07-2006	Carbón negro, brillante, fractura concoidea característica. Estratificado. Presencia de piritas y sulfuros asociados. Algunos restos fósiles de hojas. Espesor promedio: 1.80 m.
M26-LG	Intercalación	Inclinado Principal (Abscisa 295)	12-07-2006	Shale negro carbonoso con laminación interna plano paralela muy fina. Presencia de superficies de fricción. Contacto neto hacia la base y techo. Espesor promedio: 0.02 m

M27-LG	Intercalación	Inclinado Principal (Abscisa 295)	12-07-2006	Arcillolita limosa gris medio, masiva. Presencia de bandas ferruginosas de 0.2 cm. a 2 cm. de espesor. Superficies de fricción. Fragmentos leñosos. Contacto neto al techo. Espesor promedio: 0.50 m
---------------	---------------	---	------------	--

3.2.4.2 Columna Estratigráfica Local Manto *La Grande*

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL- MANTO LA GRANDE			
PROYECTO: C.I. CARBONES DEL CARIBE		MINAS	LA TRINIDAD
		MANTO	LA GRANDE
		Fecha: 12-07-2006	
		Ubicación: Inclinado- Abscisa 295	
N. MUESTRA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
M24-LG	2.00	RESPALDO SUPERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva. Fuerte presencia de bandas ferruginosas de 0.2 cm a 2 cm. de espesor. Contacto neto a la base. Presencia de restos de impresiones fósiles de hojas, fragmentos leñosos.
M25-LG	0.79	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea. Estratificado Presencia de pirita y sulfuros asociados. Contacto neto hacia la base y techo.
M26-LG	0.02	INT.	Shale negro carbonoso. Presencia de superficies de fricción
M25-LG	1.01	CO	Carbón negro brillante, fractura concoidea. Estratificado Presencia de pirita y sulfuros asociados. Contacto neto hacia la base y techo.
M27-LG	0.50	RESPALDO INFERIOR	Arcillolita limosa gris medio, masiva. Presencia de bandas ferruginosas de 0.2 cm a 2 cm de espesor. Presencia de fragmentos leñosos.

CO= Carbón ; INT= Intercalación

Figura 3.5 Columna Estratigráfica Local del Manto *La Grande*, Minas La Trinidad

3.2.4.3 Espesor Promedio del Manto

Tabla 3.9 Espesor Promedio Manto *La Grande*

ESPESOR MANTO LA GRANDE		
Ubicación	Espesor Promedio con intercalaciones (m)	Espesor promedio sin intercalaciones (m)
Inclinado- Abscisa 295	1.82	1.80
Espesor Promedio Manto <i>La Grande</i>	1.82	1.80

3.3 ANÁLISIS QUÍMICOS PRACTICADOS A LOS CARBONES DE LAS MINAS LA TRINIDAD

Como se ha mencionado en apartados anteriores de este informe, uno de los objetivos principales de las minas La Trinidad, es extraer carbón térmico con los estándares de calidad exigidos por el mercado al cual pertenecen.

El indicador de calidad por excelencia en el carbón es su contenido de cenizas. Además, dependiendo de su uso, son muy importantes los contenidos de hierro y azufre, así como el poder calorífico del mismo. Para el caso de los carbones de uso térmico, las determinaciones más importantes corresponden a contenido de cenizas, poder calorífico y contenido de azufre.

Con el fin de conocer de manera más precisa los parámetros de calidad de cada manto de carbón de las minas La Trinidad, se practicaron análisis químicos de las muestras recolectadas, para los mantos *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda*, los cuales se encuentran en fase de explotación. El manto *La Grande* no se incluyó en los análisis practicados, pues la fase en la cual se encuentra (*fase de desarrollo*) no permitió tomar muestras para este fin.

Se analizaron 47 muestras de los mantos *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda*. Los ensayos realizados comprenden Análisis Proximales y análisis denominados en este informe como Ensayos Varios, los cuales corresponden a determinaciones de Poder Calorífico, Hierro en Cenizas y Azufre.

Las muestras recolectadas y analizadas no solo comprenden segmentos de carbón, sino que además se analizaron respaldos, intercalaciones, muestras de canal y muestras de carbón de producción (carbón extraído de la mina y listo para llevar al centro de acopio), estas últimas tomadas directamente de los patios de cada mina.

Los análisis fueron practicados por profesionales del laboratorio químico Interlabco Ltda. ubicado en el municipio de Ubaté, Cundinamarca.

Se describen a continuación muy brevemente los parámetros químicos analizados:

- ANÁLISIS PROXIMALES

Bajo el nombre de Análisis Proximales, se agrupan las determinaciones de Humedad, Cenizas, Materia Volátil y Carbono Fijo. ASTM (1982 en Ingeominas, 1987). A continuación se exponen algunos fundamentos teóricos acerca de estas determinaciones.

▪ **Humedad Total**

Es la totalidad de la humedad que existe en un carbón, en el sitio, en el tiempo y en las condiciones bajo las cuales ha sido muestreado.

Es la suma de la humedad superficial y la humedad residual. Se llama también humedad comercial o humedad como se recibe (*ASTM D-3174, ISO 1171*). Se determina por métodos normalizados y se expresa en porcentaje. Se calcula de la siguiente fórmula:

$$HuT = HuS + HuR * (100 - HuS) / 100$$

donde:

HuT= Humedad total (% en peso)

HuS= Humedad superficial (% en peso)

HuR= Humedad residual (% en peso)

La influencia de la humedad en los procesos del carbón es significativa. Afecta el rendimiento de las máquinas utilizadas en la preparación mecánica, en la combustión el agua es inerte y su vaporización consume calor, entre otros efectos.

▪ **Contenido de Cenizas**

Las cenizas constituyen la parte inorgánica del carbón, resultantes al quemarlo.

El contenido de cenizas es el parámetro por excelencia para determinar la calidad del carbón, siendo el 12% el límite máximo permitido en carbones de buena calidad.

Este es uno de los parámetros más requeridos de un análisis de carbón, pues es un componente que afecta todo tipo de proceso con este combustible:

- El rendimiento térmico de los reactores disminuye cuando aumenta el contenido de cenizas.
- En el manejo y combustión del carbón el efecto de la materia mineral es el de diluyente del material que pasa a través del proceso sin proveer energía útil al sistema; desafortunadamente el efecto es mayor que una simple carga de inerte pues entra en juego la composición de la ceniza.
- Un alto contenido de cenizas puede dar lugar al encostramiento y formación de depósitos en las calderas. También es conocido el efecto de las cenizas en la preparación o pulverización del carbón. Algunos constituyentes de la ceniza como la sílice y la pirita son abrasivos, produciendo el consecuente desgaste de los equipos.
- En los procesos de lavado, el contenido de ceniza es un valor primordial, tanto para la escogencia del método de lavado, como para juzgar lo adecuado de un proceso de limpieza. (Ingeominas, 1987).
- En gasificación como en la fabricación de cemento es decisivo el contenido de cenizas en el carbón, así como la composición de las mismas.
- Los costos de operación y mantenimiento aumentan cuando aumentan las cenizas.

- **Materia Volátil**

Es un parámetro fundamental en la clasificación de los carbones, siendo indicador del grado de carbonificación, del rango coquizable y de su reactividad.

El contenido de materia volátil está íntimamente relacionado con el rango del carbón, en una proporción inversa (**Tabla 3.10**).

Tabla 3.10 Relación del rango del carbón con su contenido de materia volátil. Tomado de Báez, (2000)

Rango del Carbón	Contenido de Materia Volátil (%)
Lignito	> 45
Sub-bituminoso	40-47
Bituminoso (15-40 % MV)	> 32 (alto en volátiles)
	22-32 (medio en volátiles)
	15-22 (bajo en volátiles)
Semi-Antracita	14-20
Antracita	< 14

Desde el punto de vista de los procesos de combustión y coquización, la materia volátil juega un papel importante. Los equipos utilizados en combustión fijan límites en el contenido de materias volátiles. Niveles muy bajos producen a menudo una baja reactividad en la combustión y por tanto el carbón puede atravesar el horno sin reactivarse, con la consecutiva pérdida de eficiencia térmica y demás problemas adicionales.

- **Carbono Fijo**

El carbono fijo se incrementa con el rango del carbón. El carbono es la parte que no es volátil y que se quema en estado sólido. Es un valor calculado que se obtiene al sustraer

de cien, la suma de los porcentajes de humedad, cenizas y materia volátil, todos los cuales deben estar en la misma base de referencia. (Ecocarbón, 1995).

$$\text{Carbono Fijo (\%)} = 100 - (\text{humedad residual} + \text{cenizas} + \text{material volátil})$$

- ENSAYOS VARIOS

En este trabajo, se agrupan bajo este nombre los análisis realizados a las muestras de carbón que no están cobijados por las definiciones de análisis proximales. Estos análisis corresponden a Poder Calorífico, contenido de Hierro en Cenizas y contenido de Azufre.

- **Poder Calorífico**

Este es el parámetro más importante en el análisis de un carbón que va a ser utilizado con fines térmicos.

Corresponde al calor producido por la combustión completa de una cantidad unitaria de material combustible, a volumen constante, en un calorímetro con bomba de oxígeno, en condiciones específicas donde el agua resultante se condensa a estado líquido. Se expresa en BTU/ lb, Kcal/ Kg, entre otras unidades.

- **Azufre**

Después de las cenizas, es el segundo en importancia como impureza en el carbón. Se encuentra en proporciones variables desde trazas hasta en un 10%. Esta presente en minerales acompañantes del carbón como piritita, marcasita, sulfatos y combinado químicamente con la fracción orgánica.

Se conocen tres formas de azufre: pirítico, azufre de sulfato y azufre orgánico, este último está finamente distribuido y es imposible separarlo por medios físicos, se considera singenético (Báez, 2000).

El azufre pirítico puede ser separado si los framboides que lo forman son lo suficientemente grandes como para que se disgreguen en la molienda y el lavado. La pirita framboidal es también singenética y su génesis está relacionada con la acción de organismos sulfato reductores. La pirita que se encuentra rellenando fracturas y diaclasas en el carbón es epigenética y puede ser separada en el beneficio.

El azufre es perjudicial en carbones térmicos, debido a la acción corrosiva de sus productos de combustión, tales como cenizas de sulfatos y trióxido de azufre, dióxido de azufre, siendo este último el principal efluente, entre otros efectos.

- **Hierro en Cenizas**

El Fe_2O_3 es uno de los diez compuestos contenidos en las cenizas del carbón. Los sulfuros son constituyentes comunes en el carbón, donde ocurren en diferentes cantidades y formas.

Las formas inorgánicas de los sulfuros se presentan en mayor proporción como sulfuros de hierro, incluyendo la melnikovita, marcasita y la pirita, este último, el más común de los minerales de hierro asociados al carbón.

3.3.1 Resultados de los Análisis Practicados

En esta sección se presentan los resultados de los análisis químicos practicados a muestras de los mantos *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda*, todos expresados en base *como se recibe* (C.S.R.).

Con el fin de obtener un valor estándar, por decirlo de alguna manera, de los parámetros químicos evaluados en cada manto, se tomaron y analizaron químicamente muestras de carbón en cada uno de los frentes de explotación de las minas. Una vez obtenidos los resultados de los análisis se procedió a promediar los resultados obtenidos para cada frente de explotación y finalmente se obtuvo un promedio general para cada manto.

Con las muestras de carbón de producción tomadas periódicamente durante 4 meses en los patios de cada mina, se realizó un procedimiento similar al descrito en el párrafo anterior, solo que para este caso el promedio de los parámetros químicos analizados, se obtuvo con base en las fechas de muestreo, para de esta manera obtener la tendencia del contenido de cenizas en ese período de tiempo.

Además, en esta sección se presentan los resultados de contenido de cenizas y humedad total practicados a las muestras de respaldos, intercalaciones y muestras de canal de cada uno de los tres mantos analizados.

Finalmente se presenta el contraste entre los contenidos de cenizas, obtenidos para el carbón (*in situ*) tomado dentro de las minas y los valores de cenizas obtenidos para el carbón de producción, con el fin de analizar el grado de contaminación del carbón durante la operación minera, desde el momento en que es arrancado de su sitio original hasta que es llevado a los patios de las minas, para ser llevado al centro de acopio, enfatizando así en un control de calidad del producto final.

A continuación se presenta toda la información descrita anteriormente, para cada uno de los mantos.

3.3.1.1 Resultados Manto Vidriosa

- *Fecha de Muestreo:* 28 de febrero de 2006
- *Ubicación de Muestreo:* Frente de Explotación Nivel Sur – Mina Vidriosa

Tabla 3.11 Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el Manto *Vidriosa*

Muestra	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)
Canal	M1	36,77	2,87
Carbón A (CO-A)	M2	21,04	1,09
Carbón B (CO-B)	M3	3,96	1,81
Intercalación 1	M4	55,59	2,16
Intercalación 2	M5	64,52	3,78
Respaldo Inferior	M6	85.41	4.67

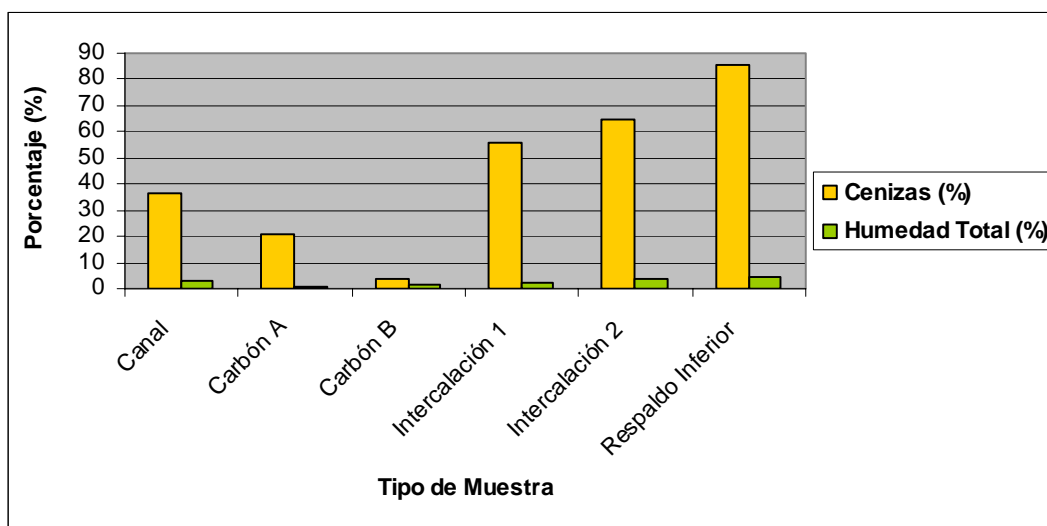


Figura 3.6 Contenido de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el Manto *Vidriosa*

- **Valores Promedio de Resultados de los Análisis Químicos**

Tabla 3.12 Resultados de Análisis Proximal y sus valores Promedio para el Carbón CO-A, Manto Vidriosa

RESULTADOS ANÁLISIS PROXIMALES CARBÓN A (CO-A) MANTO VIDRIOSAS						
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Materia Volátil (%)	Carbono Fijo (%)
28/02/2006	Frente Explot. Nivel Sur	M2	21,04	1,09		
11/04/2006	Frente Explot. Nivel Sur	M35	17,66	0,78	38,29	43,28
11/04/2006	Frente Explot. Nivel Norte	M37	28,48	2,35	32,38	36,78
11/04/2006	Frente Inclinado Abs. 87	M39	24,06	1,18	34,75	40,02
Promedio			22,81	1,35	35,14	40,03

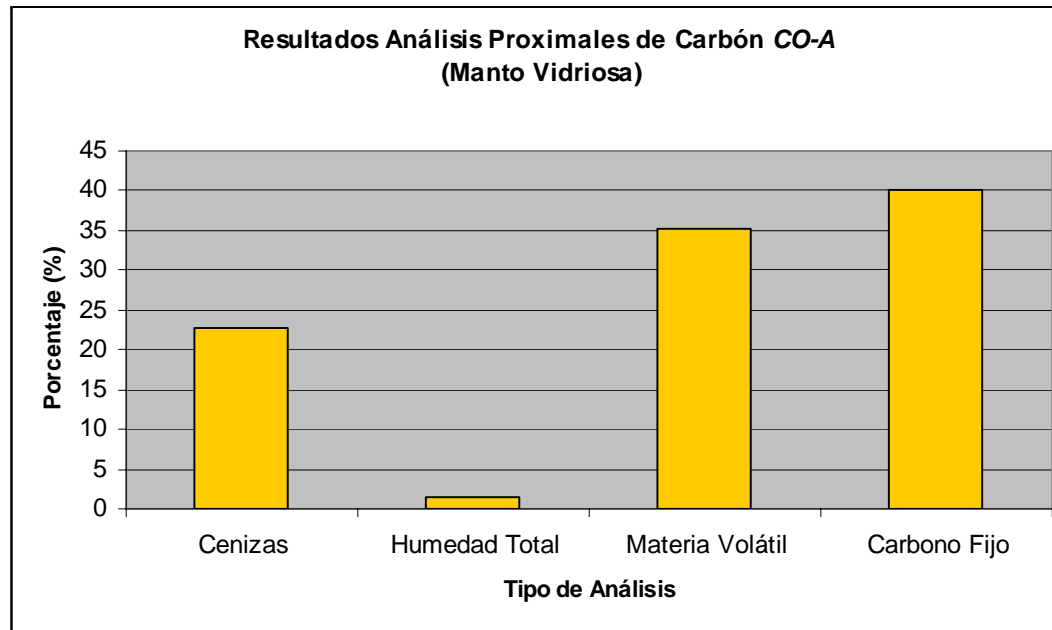


Figura 3.7 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de los Análisis Proximal practicados al Carbón CO-A, Manto Vidriosa

Tabla 3.13 Resultados de Ensayos Varios y sus valores Promedio para el Carbón CO-A, Manto Vidriosa

RESULTADOS ENSAYOS VARIOS CARBÓN A (CO-A) MANTO VIDRIOSIA					
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Fe₂O₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/lb)
11/04/2006	Frente E. Nivel Sur	M35	2,67	0,91	12454,2
11/04/2006	Frente E. Nivel Norte	M37	2,98	1,01	10342,8
11/04/2006	Frente Inclinado Abs. 87	M39	2,67	1,09	11289,6
Promedio			2,77	1,00	11362,2

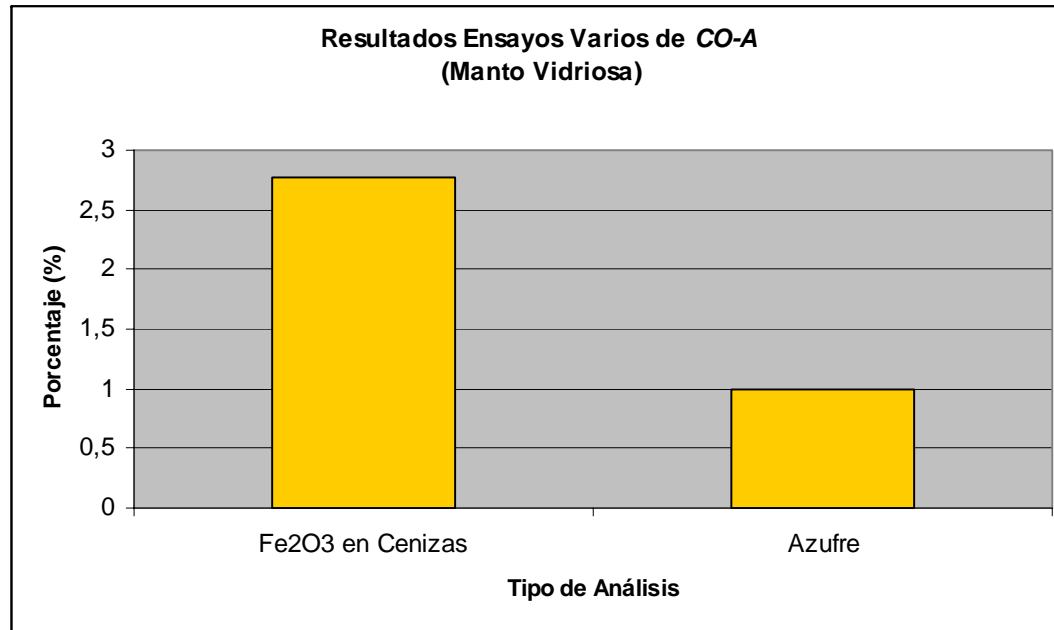


Figura 3.8 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Ensayos Varios practicados al Carbón CO-A, Manto Vidriosa

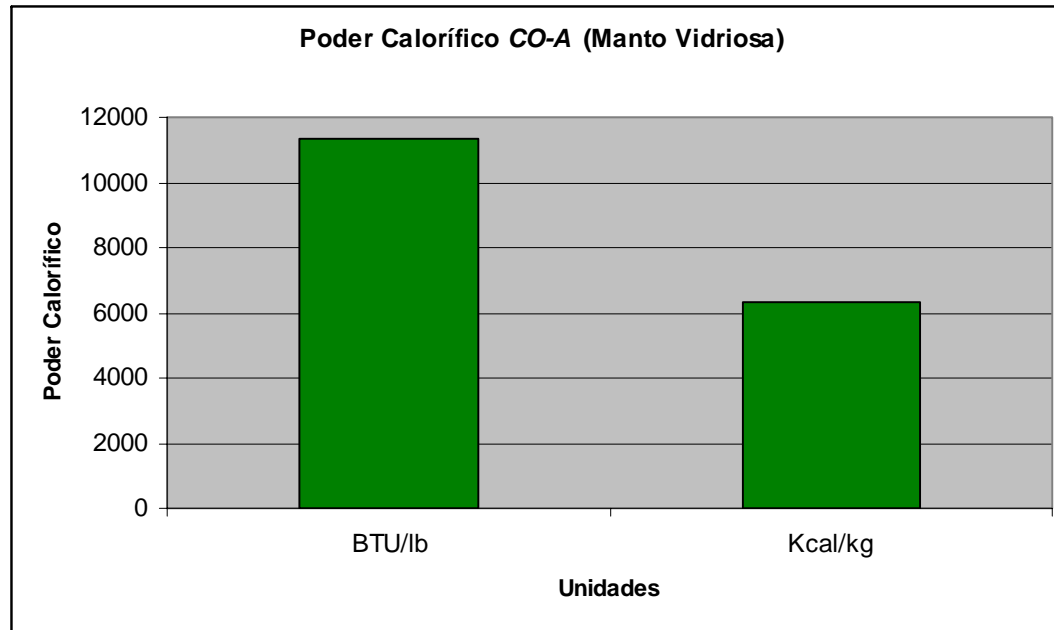


Figura 3.9 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Poder Calorífico practicados al carbón CO-A, Manto Vidriosa

Tabla 3.14 Resultados de Análisis Proximal y sus valores Promedio para el Carbón CO-B, Manto Vidriosa

RESULTADOS ANÁLISIS PROXIMALES CARBÓN B (CO-B) MANTO VIDRIOSA						
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Materia Volátil (%)	Carbono Fijo (%)
11/04/2006	Frente Explot. Nivel Sur	M36	18,28	1,51	37,36	42,85
11/04/2006	Frente Explot. Nivel Norte	M38	23,17	2,23	34,82	39,78
11/04/2006	Frente Inclinado Abs. 87	M40	23,27	1,39	34,93	40,41
Promedio			21,57	1,71	35,70	41,01

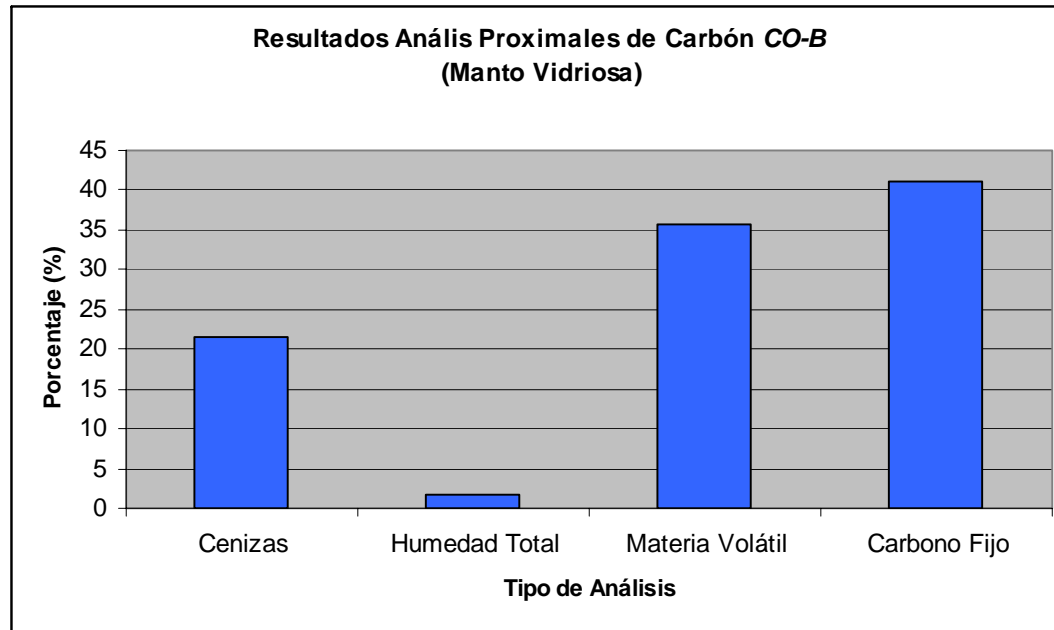


Figura 3.10 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de los Análisis Proxiales practicados al Carbón CO-B, Manto Vidriosa

Tabla 3.15 Resultados de Ensayos Varios y sus valores Promedio para el Carbón CO-B, Manto Vidriosa

RESULTADOS ENSAYOS VARIOS CARBÓN B (CO-B) MANTO VIDRIOSIA					
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Fe ₂ O ₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/lb)
11/04/2006	Frente E. Nivel Sur	M36	10,80	5,6	12238,8
11/04/2006	Frente E. Nivel Norte	M38	7,33	4,72	11277
11/04/2006	F. Inclinado Abs. 87	M40	7,54	3,06	11390,4
Promedio			8,56	4,46	11635,4

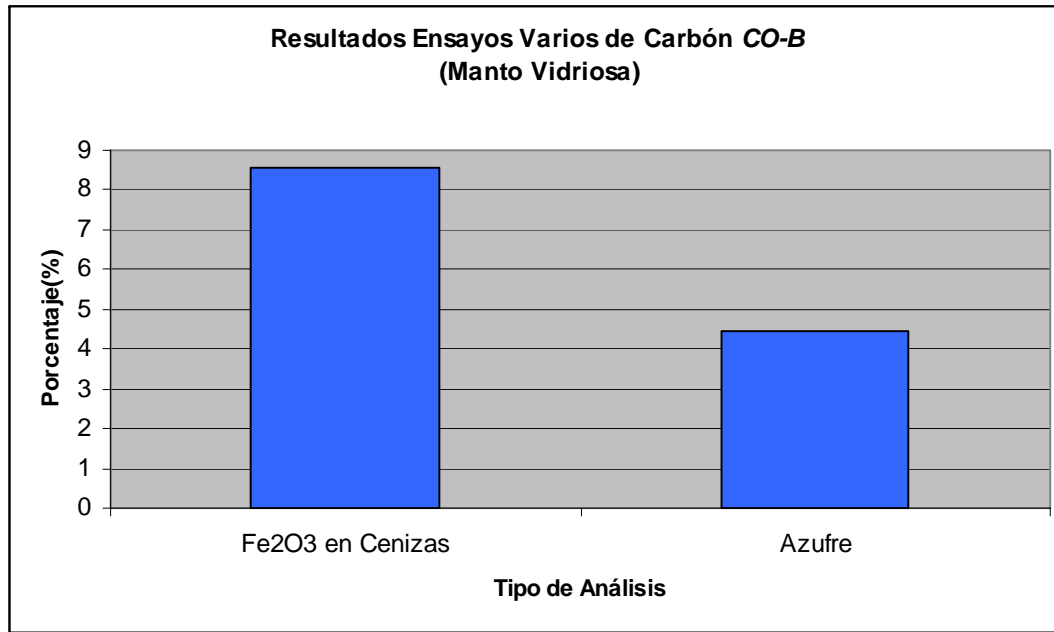


Figura 3.11 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Ensayos Varios practicados al Carbón CO-B, Manto *Vidriosa*

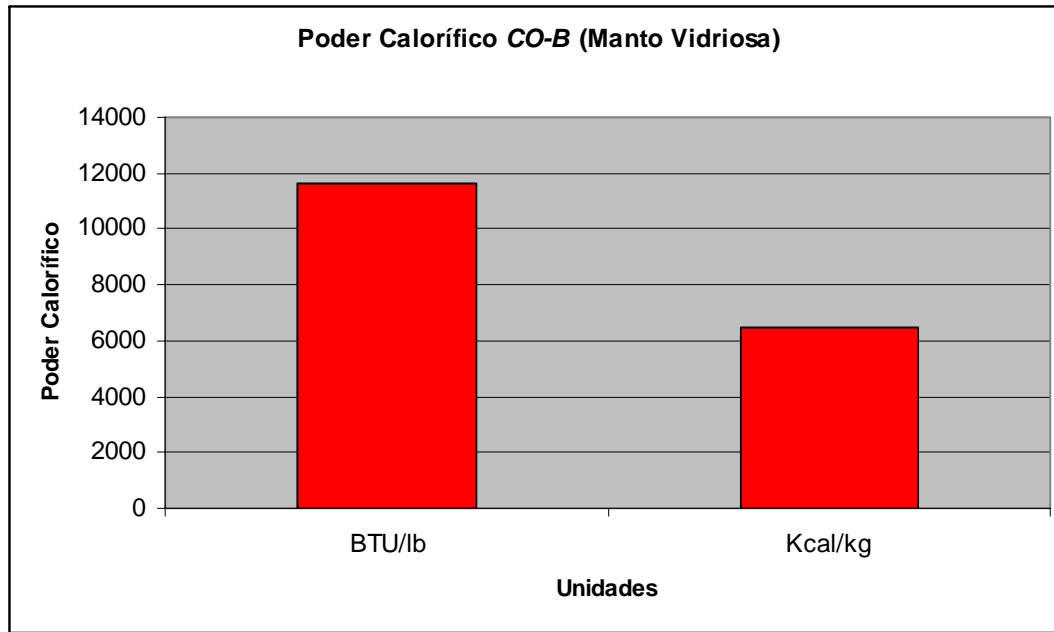


Figura 3.12 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Poder Calorífico practicados al carbón CO-B, Manto Vidriosa

Tabla 3.16 Resultados de Análisis Químicos y sus valores Promedio para el Carbón de Producción, Manto *Vidriosa*

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS CARBON DE PRODUCCIÓN MANTO VIDRIOSIA					
Fecha de Muestreo	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Fe ₂ O ₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/ lb)
14/03/2006	26,09	2,77			
29/03/2006	24,95	4,27	5,73		
06/04/2006	26,34	5,11	1,27		
12/04/2006	25,89	5,95	5,73	2,60	10227,6
19/04/2006	25,76	4,95	3,96	2,40	
27/04/2006	26,8	4,21	6,62	2,60	
Promedio	25,97	4,54	4,66	2,53	

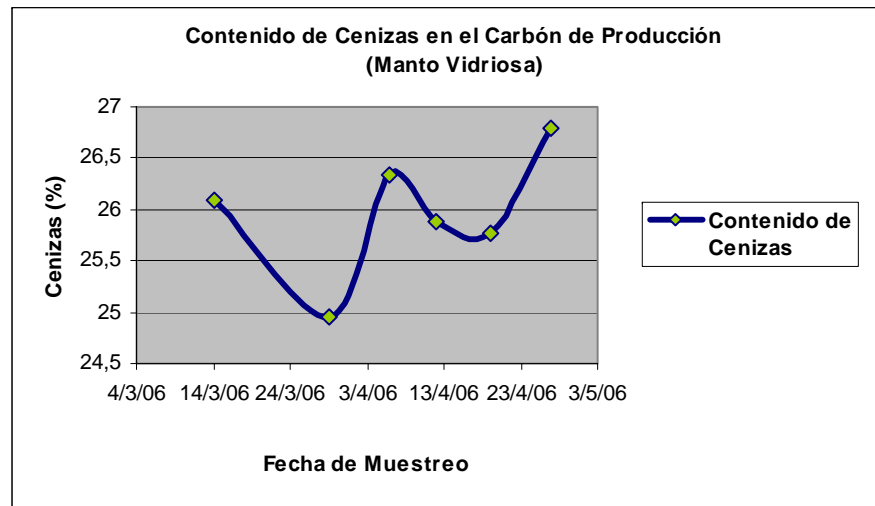


Figura 3.13 Tendencia del contenido de Cenizas en el carbón de Producción, Manto *Vidriosa*, durante un período de tiempo de cuatro meses, año 2006

3.3.1.2 Resultados Manto *Depósito*

- *Fecha de Muestreo*: 06 de marzo de 2006
- *Ubicación de Muestreo*: Frente de Explotación Nivel 0 Sur - Abscisa 116 – Mina *Depósito*

Tabla 3.17 Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto *Depósito*

Muestra	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)
Canal	M8	19.3	2.03
Respaldo Inferior	M7	84.31	3.63
Respaldo Superior	M13	83.24	1.36
Intercalación	M9	52.11	3.24
Shale Carbonoso ¹	M10	57.51	2.74
Carbón	M12	8.8	2.08
Shale Carbonoso ²	M11	27.32	0.38

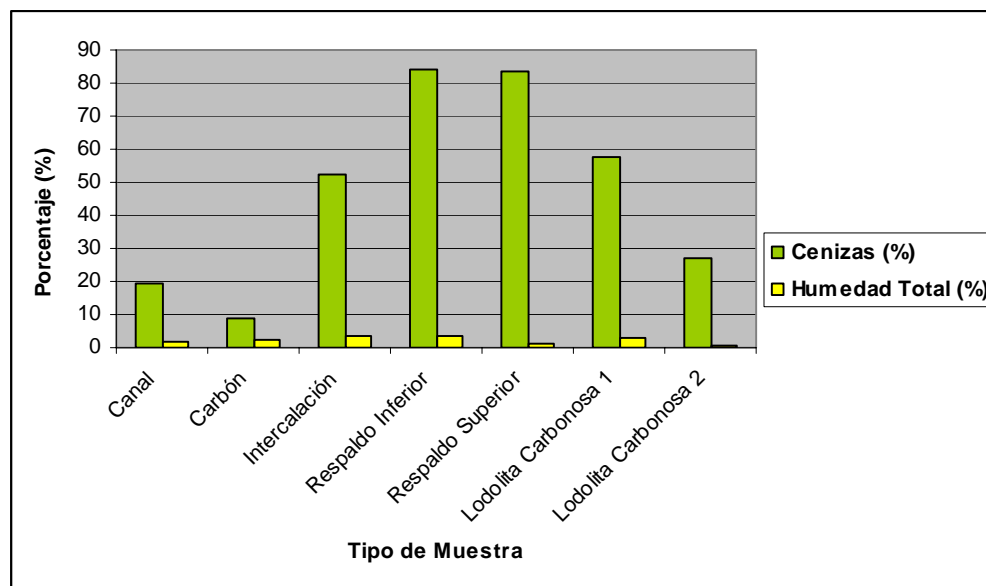


Figura 3.14 Contenido de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto *Depósito*

La muestra reportada en la **Tabla 3.12** como shale carbonoso¹, que corresponde a la muestra M10-D en el catálogo de muestras del manto Depósito, se encuentra suprayaciendo el Respaldo inferior (ver columna estratigráfica local manto depósito) y en el lenguaje minero se conoce con el nombre de “piedro”. La muestra reportada como shale carbonoso², se encuentra ubicada estratigráficamente sobre la muestra M10-D mencionada anteriormente. Esta última en ocasiones se confunde con carbón y se explota como tal, razón por la cual se le practicaron análisis de cenizas.

Tabla 3.18 Resultados de Análisis Proximal y sus valores Promedio para el Carbón, Manto *Depósito*

RESULTADOS ANÁLISIS PROXIMALES CARBÓN MANTO DEPÓSITO						
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Materia Volátil (%)	Carbono Fijo (%)
06/03/2006	Frente Explot. Nivel 0 Sur	M10	8,8	2,08	38,47	50,65
10/04/2006	Frente Explot. Nivel 1 Sur	M46	11,29	1,39	38,5	48,83
10/04/2006	Frente Explot. Nivel 1 Sur	M48	13,02	1,11	10,85*	75,02*
10/04/2006	Frente E. Nivel 1 Norte	M47	8,86	1,37	40,74	49,03
10/04/2006	Frente Inclinado	M49	6,88	1,79	40,51	50,82
Promedio			9,77	1,55	39,56	49,83

*Estos datos son anómalos y por tal motivo no se tuvieron en cuenta para obtener el valor promedio de esta determinación.

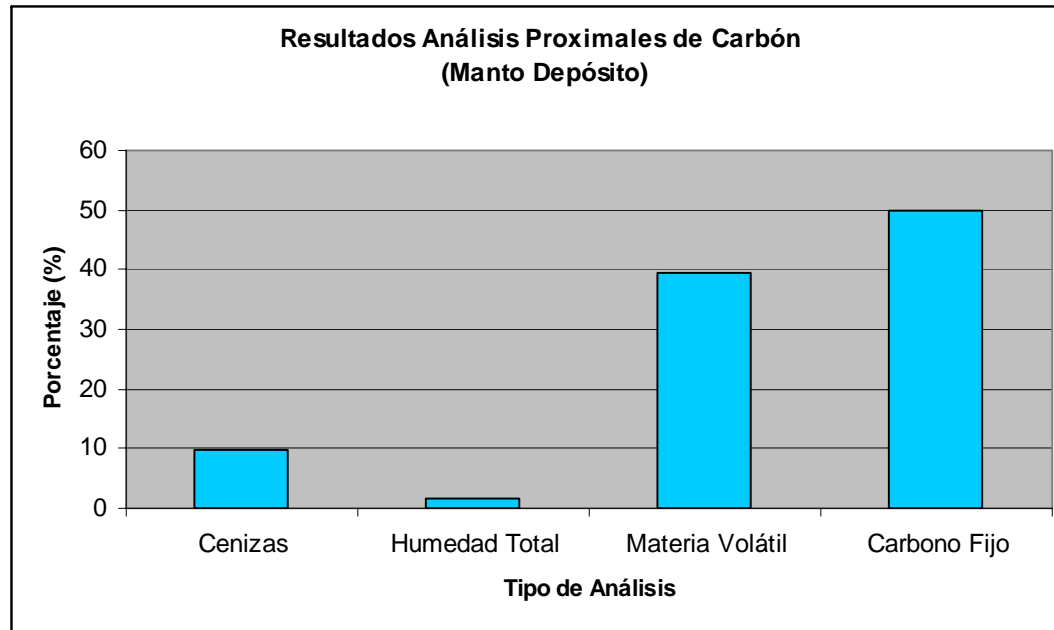


Figura 3.15 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de los Análisis Proxiales practicados al Carbón, Manto *Depósito*

Tabla 3.19 Resultados de Ensayos Varios y sus valores Promedio para el Carbón, Manto *Depósito*

RESULTADOS ENSAYOS VARIOS CARBÓN MANTO DEPÓSITO					
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Fe ₂ O ₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/lb)
06/03/2006	Frente Explot. Nivel 0 Sur	M10	2,97	1,6	13775,4
10/04/2006	Frente Explot. Nivel 1 Sur	M46	3,14	1,53	13455
10/04/2006	Frente Explot. Nivel 1 Sur	M48	3,44	1,48	13201,2
10/04/2006	Frente E. Nivel 1 Norte	M47	3,10	1,17	13878
10/04/2006	Frente Inclinado	M49	4,75	1,13	14151,6
Promedio			3,48	1,38	13692,24

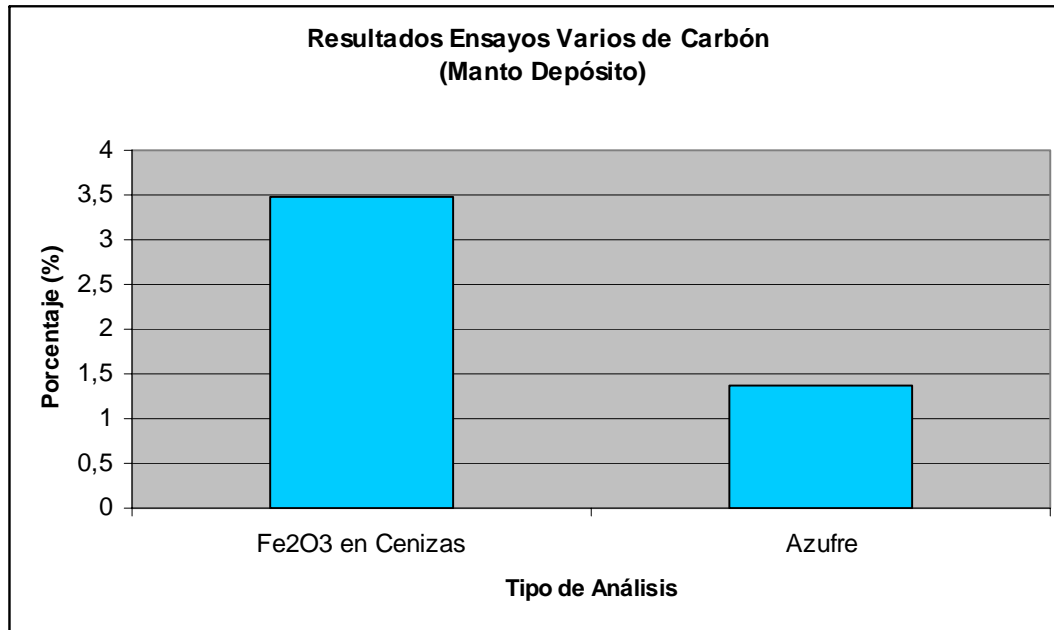


Figura 3.16 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Ensayos Varios practicados al Carbón, Manto *Depósito*

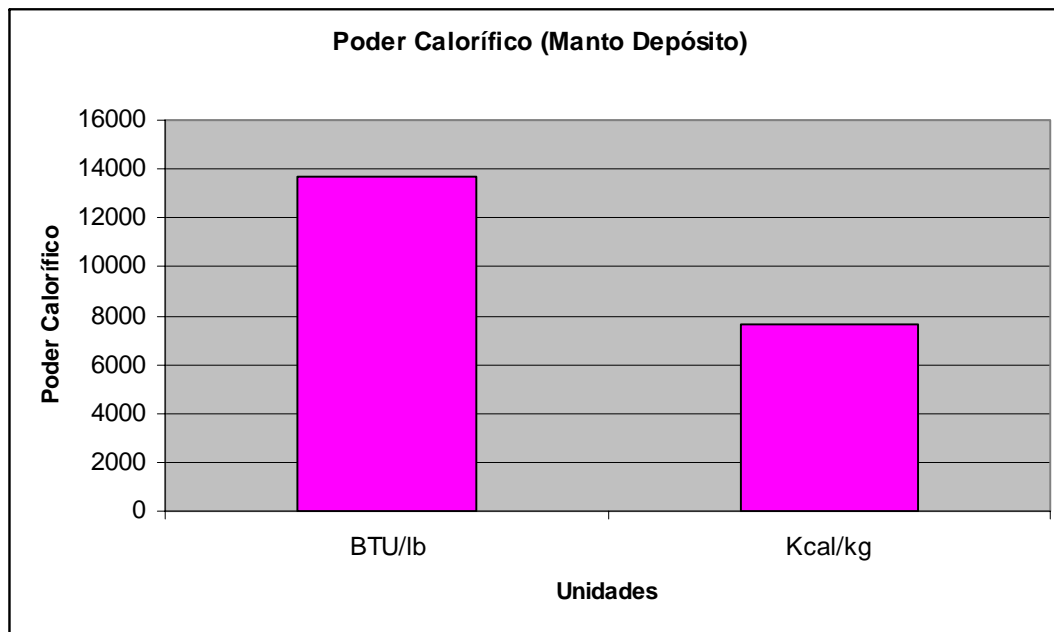


Figura 3.17 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Poder Calorífico practicados al carbón, Manto *Depósito*

Tabla 3.20 Resultados de Análisis Químicos y sus valores Promedio para el Carbón de Producción, Manto *Depósito*

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS CARBON DE PRODUCCIÓN MANTO DEPÓSITO					
Fecha de Muestreo	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Fe ₂ O ₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/ lb)
14/03/2006	14,83	3,26			
29/03/2006	11,92	5,35	2,7		
06/04/2006	13,84	4,99	1,39		
19/04/2006	12,37	3,23	2,75	1,36	
27/04/2006	12,41	5,75	5,19	1,22	
24/05/2006	11,19	5,65	1,89	1,39	12807
Promedio	12,76	4,71	2,78	1,32	

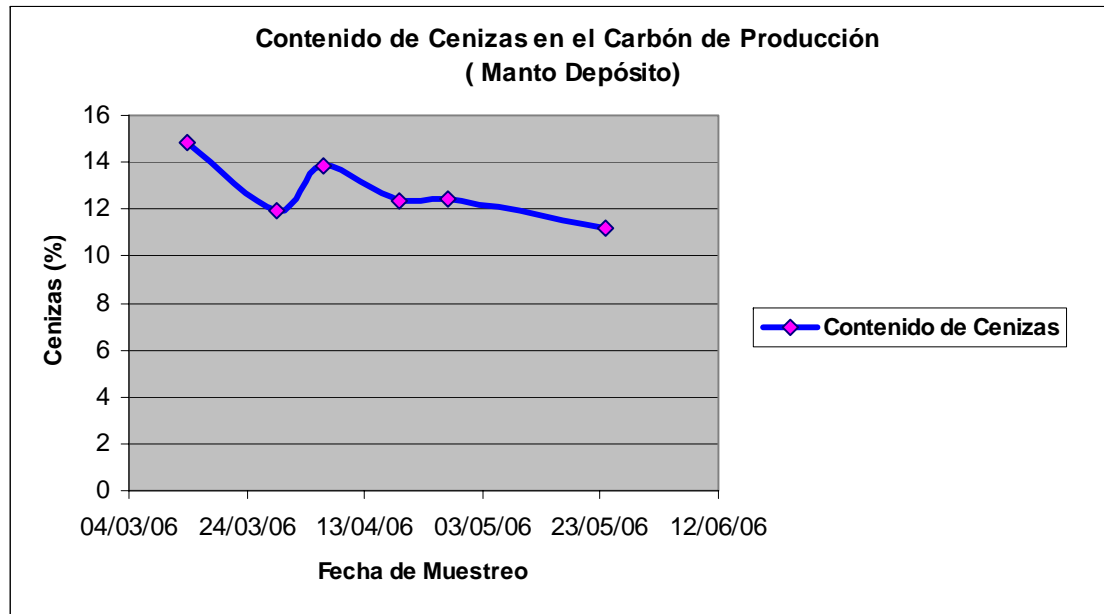


Figura 3.18 Tendencia del contenido de Cenizas en el carbón de Producción, manto *Depósito*, durante un período de tiempo de cuatro meses, año 2006

3.3.1.3 Resultados Manto *Ciscuda*

- *Fecha de Muestreo:* 15 de marzo de 2006
- *Ubicación de Muestreo:* Frente de Explotación Nivel 0 Norte – Mina *Ciscuda*

Tabla 3.21 Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto *Ciscuda*

Muestra	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)
Canal	M16	20.41	2.59
Carbón	M17	7.93	1.2
Intercalación	M18	64.09	4.64
Respaldo Superior	M19	86.7	3.94
Respaldo Inferior	M20	85.33	2.3

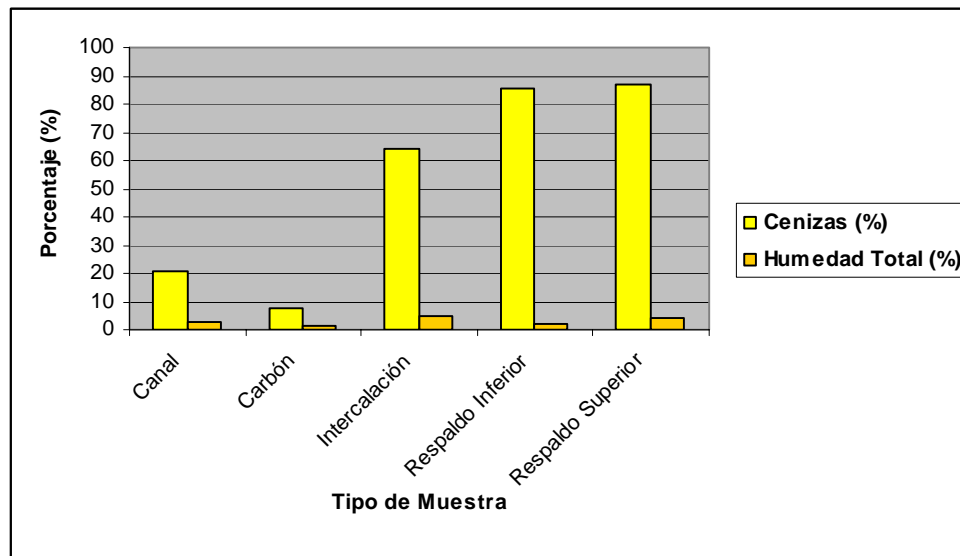


Figura 3.19 Contenido de de Cenizas y Humedad Total (% C.S.R) para cada segmento de roca muestreado y analizado químicamente en el manto *Ciscuda*

Tabla 3.22 Resultados de Análisis Proximales y sus valores Promedio para el Carbón, Manto *Ciscuda*

RESULTADOS ANÁLISIS PROXIMALES CARBÓN MANTO CISCUDA						
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Materia Volátil (%)	Carbono Fijo (%)
15/03/2006	Frente E. Nivel 0 - Norte	M 17	7,93	1,2	37,46	53,41
06/04/2006	Tambor 7 Nivel 0- Norte	M32	8,77	2,18	36,44	52,61
06/04/2006	Frente E. Nivel 0-Norte	M33	9,82	1,68	36,53	51,97
06/04/2006	Frente E. Nivel 1-Sur	M34	7	2,91	36,52	53,57
Promedio			8,38	1,99	36,74	52,89

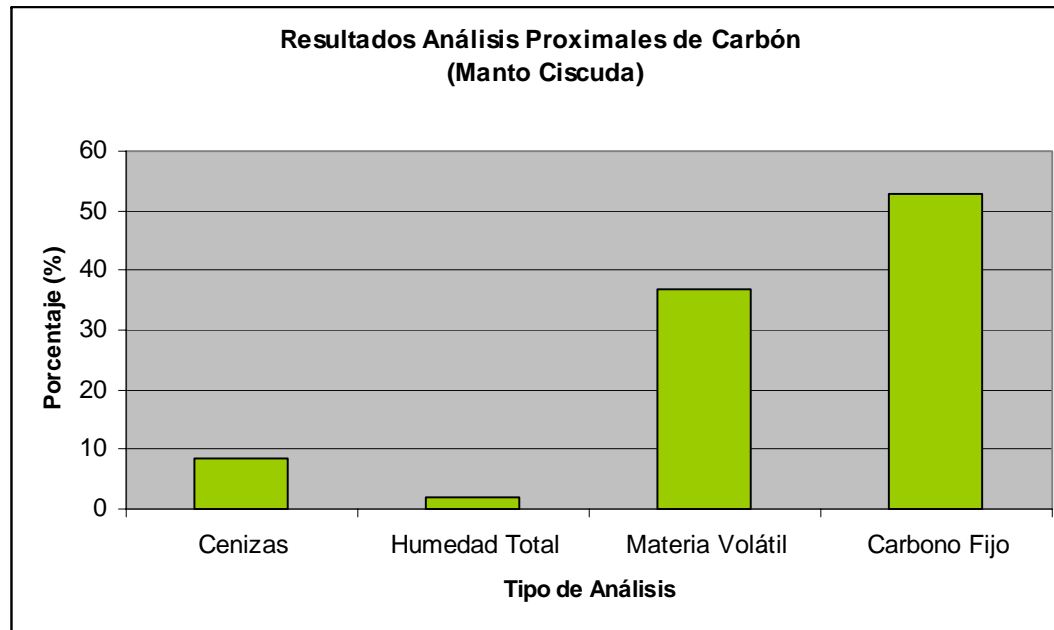


Figura 3.20 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de los Análisis Proximales practicados al Carbón, manto *Ciscuda*

Tabla 3.23 Resultados de Ensayos Varios y sus valores Promedio para el Carbón, manto *Ciscuda*

RESULTADOS ENSAYOS VARIOS CARBÓN MANTO CISCUDA					
Fecha de Muestreo	Ubicación de Muestreo	Identificación Muestra	Fe₂O₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/lb)
15/03/2006	Frente E. Nivel 0 - Norte	M 17	4,59	0,91	14063,4
06/04/2006	Tambor 7 Nivel 0- Norte	M32	2,15	0,84	13766,4
06/04/2006	Frente E. Nivel 0-Norte	M33	1,23	1,04	13663,8
06/04/2006	Frente E. Nivel 1-Sur	M34	4,43	0,92	13955,4
Promedio			3,10	0,93	13862,25

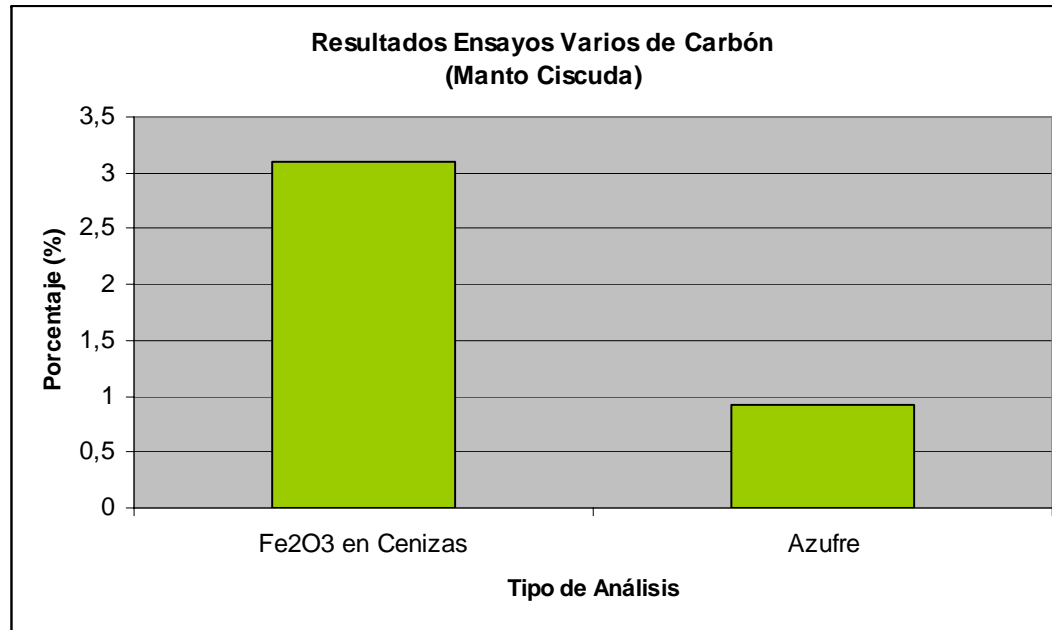


Figura 3.21 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Ensayos Varios practicados al Carbón, Manto *Ciscuda*

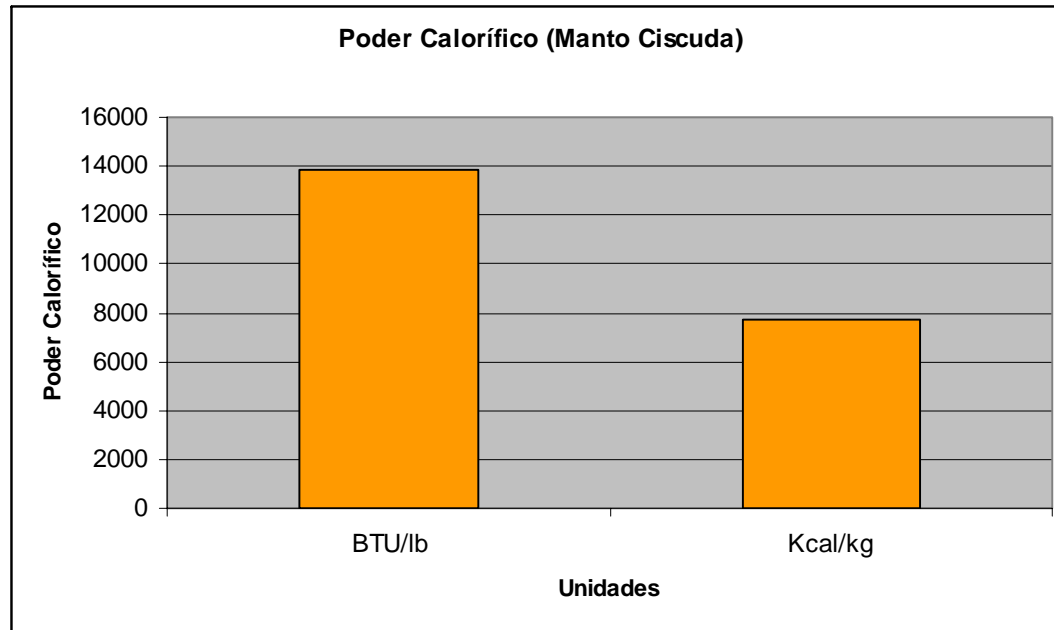


Figura 3.22 Gráfica que ilustra el Valor Promedio de los resultados de Poder Calorífico practicados al carbón, Manto *Ciscuda*

Tabla 3.24 Resultados de Análisis Químicos y sus valores Promedio para el Carbón de Producción, Manto *Ciscuda*

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS CARBON DE PRODUCCIÓN MANTO CISCUDA					
Fecha de Muestreo	Cenizas (%)	Humedad Total (%)	Fe ₂ O ₃ en Cenizas (%)	Azufre (%)	Poder Calorífico (BTU/ lb)
29/03/2006	13,12	2,63	2,74		
06/04/2006	13,89	3,99	1,16		
19/04/2006	12,06	2,78	1,78	1,05	
27/04/2006	13,21	3,24	3,55	0,96	
24/05/2006	11,1	5,73	1,02	0,91	12810,6
Promedio	12,68	3,67	2,05	0,97	

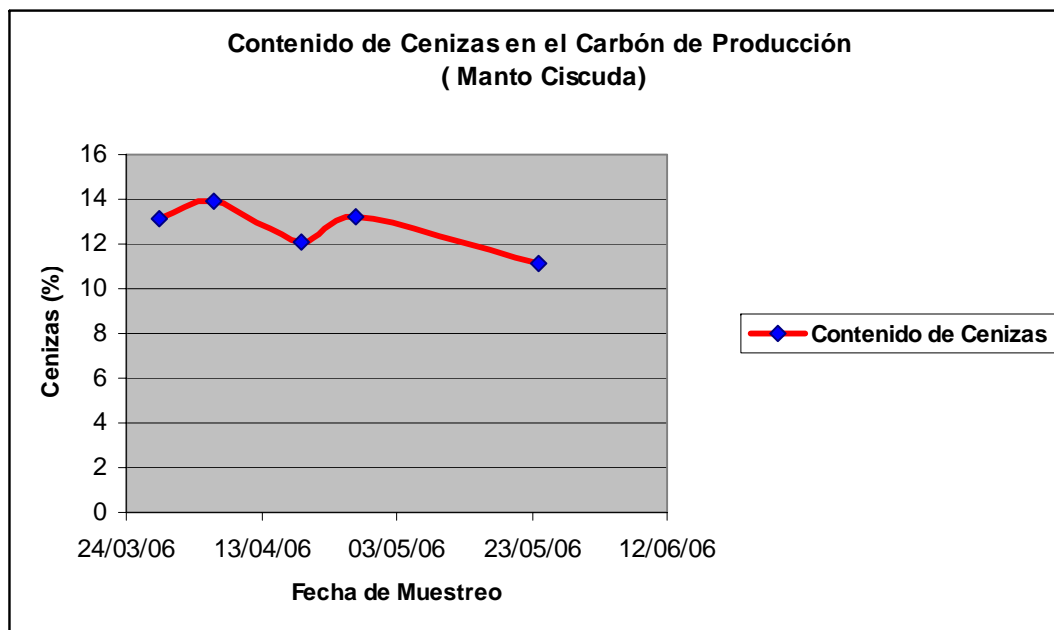


Figura 3.23 Tendencia del contenido de Cenizas en el carbón de Producción, Manto *Ciscuda*, durante un período de tiempo de cuatro meses, año 2006

3.3.1 Discusión de Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis proximales, y teniendo en cuenta principalmente la determinación de materia volátil, los carbones *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda* de las minas La Trinidad son bituminosos altos en volátiles, de bajo rango; presentando contenidos promedio de volátiles mayores a un 32%. Esta interpretación es acorde con los antecedentes que se tienen en esta zona carbonífera para los mismos mantos.

En la **Tabla 3.25** se resumen los resultados del contenido promedio de cenizas para los carbones analizados, y a su vez se hace un paralelo de estos resultados entre las muestras de carbón tomadas en los frentes de explotación de cada una de las minas (*in situ*) y las muestras de carbón de producción, estas últimas, como se ha mencionado en apartados anteriores, corresponden al carbón extraído y por ende manipulado durante la operación minera.

Tabla 3.25 Comparativo de resultados de contenido de cenizas promedio para los carbones tomados *in situ* y el carbón de producción

Manto	Cenizas _{prom} (%) (carbón <i>in situ</i>)	Cenizas _{prom} (%) (carbón de producción)	% de contaminación del carbón durante la operación minera
<i>Vidriosa</i>	22.19	25.97	3.78
<i>Depósito</i>	9.77	12.76	3
<i>Ciscuda</i>	8.38	12.68	4.3

Como se puede observar en la segunda columna de la tabla anterior, los contenidos de cenizas para los mantos *Depósito* y *Ciscuda* se encuentran en un rango aceptable para el mercado al cual pertenecen (menores de 12%). Por el contrario, el valor de las cenizas para el manto *Vidriosa* es muy elevado, indicando una calidad no deseada para este carbón; de acuerdo con esta interpretación, los antecedentes que se tienen de este manto de carbón, coinciden en afirmar que es un manto poco trabajado por su baja calidad y su mercado se encuentra restringido a los denominados “chircales” o ladrilleras de la región.

En la tercera columna de la tabla 3.19 se puede observar que los contenidos de ceniza para el carbón de producción de cada uno de los mantos, son mayores que los resultados obtenidos para el carbón *in situ*. Este aumento indica el grado de contaminación que sufre el carbón durante la operación minera, desde el momento en que el carbón es arrancado de su lugar de origen hasta ser llevado a los patios de las minas.

La principal fuente de contaminación del carbón durante la operación minera es la mezcla con roca estéril (respaldos e intercalaciones), reflejándose en un aumento significativo de las cenizas. Es por esta razón que se debe procurar que la operación minera se desarrolle de una manera correcta, para minimizar estos inconvenientes.

En la cuarta columna de la tabla se presenta el porcentaje de contaminación del carbón durante la operación minera, obtenido de restar los resultados de cenizas para el carbón *in situ*, de los resultados de cenizas para el carbón de producción. Es claro que el manto *Ciscuda* presenta el mayor porcentaje de contaminación generado durante la operación minera, seguido del manto *Vidriosa* y el menor porcentaje lo reporta *Depósito*.

Los resultados de Poder Calorífico para los tres mantos oscilan entre 11362.2 BTU/lb y 13862.25 BTU/lb , siendo el carbón de *Ciscuda*, el que presenta el mayor valor, mientras que *Vidriosa* tiene el menor valor de esta determinación.

En las **Figuras 3.13, 3.18 y 3.23** se presentan las curvas de tendencia del porcentaje de cenizas para muestras de carbón de producción de los mantos *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda* tomadas periódicamente durante cuatro meses. En las gráficas se observa que los tres mantos presentan fluctuaciones en la curva, indicando que no hay un control constante para disminuir la contaminación del carbón, sin embargo, al final del período de tiempo se observa una tendencia a la baja en la curva, indicando un correspondiente descenso en el contenido de cenizas para los tres mantos.

4. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICO-ESTRATIGRÁFICA DEL POZO CORAZONADO P-02C MINAS DE CARBÓN LA TRINIDAD

Con el fin de contribuir a una caracterización sedimentológica y estratigráfica de un segmento del conjunto carbonífero de la Formación Guaduas presente en la minas La Trinidad, así como brindar soporte a las labores mineras, se realizó una sección estratigráfica basada en la descripción de núcleos del pozo corazonado P-02C, realizada por la compañía en el área de esta concesión minera. Se describieron 256.17 m de corazonados correspondientes al intervalo 74.18 m a 330.35 m de profundidad.

El intervalo corazonado descrito en el presente trabajo, corresponde a la parte media a superior del segmento cuatro (4), el segmento cinco (5) y la mitad inferior del segmento seis (6) de la Formación Guaduas, definidos por Sarmiento (1992), estudio expuesto en la **Sección 2.1** de este trabajo.

El intervalo corazonado descrito cubre cinco de los mantos de carbón productivos de la Formación Guaduas, los cuales, de base a techo corresponden a los mantos *La Quinta*, *La Chica*, *Ciscuda*, *Vidriosa* y *Depósito*, siendo estos tres últimos, explotados actualmente, con fines térmicos, en las minas La Trinidad.

Es importante aclarar que los nombres con los cuales se conocen a los mantos productores en la región, presentan algunas variaciones dependiendo de la zona local en la cual se explotan, este hecho puede generar ciertas confusiones. En la **Tabla 4.1** se hace la equivalencia de los nombres citados en el trabajo de Sarmiento (1992), y los nombres utilizados en las minas La Trinidad y en el presente trabajo, para los mantos de carbón.

Tabla 4.1 Equivalencia de los nombres de algunos de los mantos de carbón productores de la Formación Guaduas, empleados en el presente trabajo, y los empleados en Sarmiento (1992).

Nombre de los mantos (minas La Trinidad, presente trabajo)	Nombre de los mantos (Sarmiento,1992)
<i>Manto La Grande</i>	<i>Veta Grande Superior</i>
<i>Manto La Quinta</i>	<i>Veta Quinta</i>
<i>Manto La Chica</i>	<i>Veta Chica</i>
<i>Manto Ciscuda</i>	<i>Manto La Ciscuda</i>
<i>Manto Vidriosa</i>	<i>Veta Vidrio</i>
<i>Manto Depósito</i>	<i>Veta Depósito</i>

Un conocimiento preciso de la estratigrafía y sedimentología del depósito carbonífero, es de vital importancia en todas las fases de un proyecto minero. Por ejemplo, en las fases de Desarrollo, Preparación y Explotación de los mantos de carbón, es esencial conocer los espesores de los mantos de carbón, así como la distancia estratigráfica que existe entre ellos y el tipo de roca que suprayace e infrayace el manto de carbón, entre otros parámetros, ya que en las labores de ingeniería de minas, estas variables influyen entre otras cosas, en la distancia a perforar, la cantidad de explosivos y herramientas a utilizar en la construcción de túneles ,galerías , cruzadas, etc.

Actualmente, en La Trinidad se adelantan unas *cruzadas* en las minas *La Grande* y *Depósito*, con el fin de acceder a otros mantos de carbón y de esta manera realizar una explotación integral de los mismos. El registro estratigráfico y sedimentológico realizado en esta práctica empresarial pretende ser el soporte geológico a estas labores mineras en ejecución.

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL POZO CORAZONADO P-02C

El pozo *P-02C* se encuentra localizado en la cordillera oriental de Colombia, enmarcado dentro de la cuenca de la sabana de Bogotá, en la vereda Peñas de Boquerón, jurisdicción del municipio de Sutatausa, 400 m aproximadamente al sureste de la zona de

administración de las minas de carbón La Trinidad, en las coordenadas N: 1 066.647 y E: 1 024.630 (**Figura 4.1**).

4.2 METODOLOGÍA

Este trabajo se inició definiendo el intervalo corazonado a describir y analizar.

El intervalo corazonado del pozo *P-02C* corresponde a 352 metros, de los cuales se describieron 256.17 metros, en un intervalo de profundidad de 74.18 m a 330.35 m.

Los corazones descritos se encuentran almacenados en un lugar dispuesto para este fin en la zona administrativa de las minas La Trinidad, en un estado de preservación pobre, debido a las condiciones inadecuadas del lugar de almacenamiento.

A continuación, se procedió a realizar la descripción sedimentológica y el análisis facial en formatos de borrador. Posteriormente, se digitalizó la sección estratigráfica a escala 1:200, utilizando el software *Corel Draw 12*.

Finalmente se realizó la caracterización de sub-ambientes de depósito del intervalo descrito.

La clasificación de rocas terrígenas siguió los criterios de Folk (1974).

En el **Anexo 3** se presenta el registro de descripción sedimentológica y estratigráfica del pozo *P-02C*, con las características mencionadas anteriormente.

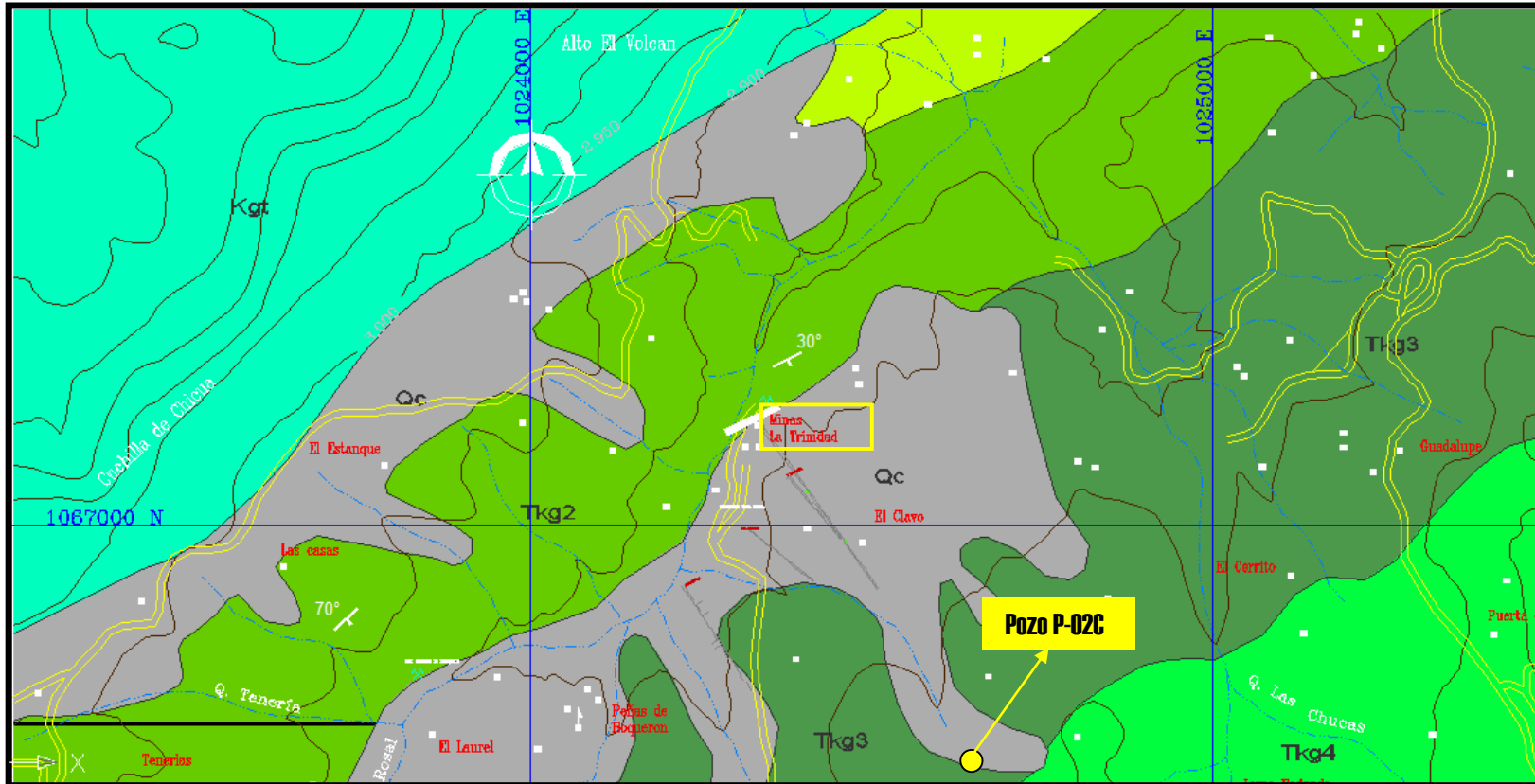


Figura 4.1 Localización del pozo corazonado P-02C. Modificado del Plano Geológico Minas La Trinidad, archivo DWG Carbones del Caribe (2004)

4.3 DESCRIPCIÓN DE FACIES

Con base en la descripción de núcleos de roca realizada para el pozo corazonado *P-02C*, se reconocieron diez (10) facies sedimentarias en este trabajo, las cuales fueron nombradas de acuerdo a su régimen hidrodinámico y al tipo de procesos físicos/orgánicos evidenciados en la roca, con el fin de dar una primera visión de las características del medio de depósito.

La nomenclatura utilizada para categorizar las facies presentes en la descripción sedimentológica y estratigráfica realizada en el presente trabajo se esquematiza por medio del ejemplo mostrado en la **Figura 4.2**:

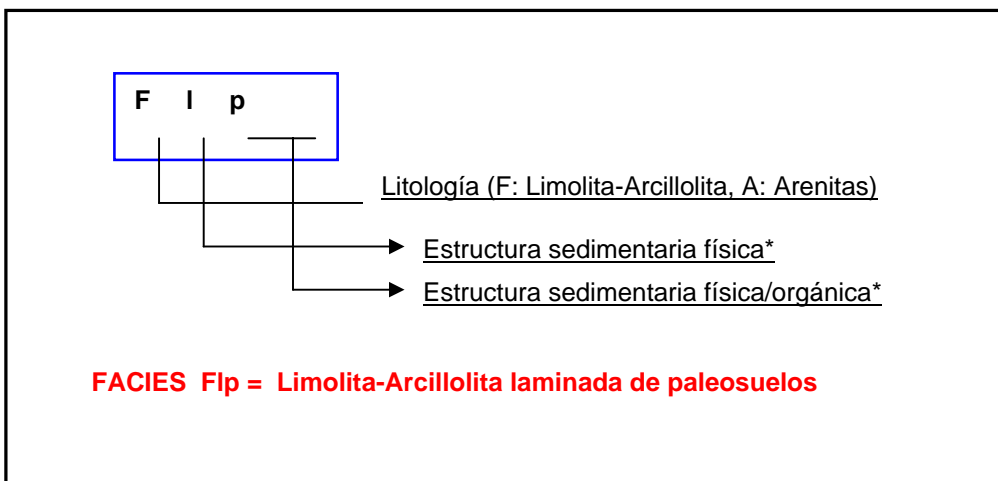


Figura 4.2 Nomenclatura de Facies utilizada en el presente estudio – Ejemplo. (*) El orden en la nomenclatura de las facies indica cual es el tipo de estructura que predomina en esta.

La primera letra corresponde al tipo de litología dominante en la roca, se utiliza la letra “**A**” para arenitas y la letra “**F**” que significa “Finos” que puede corresponder a una litología de Limolita - Arcillolita.

La segunda y tercera letra (letra “**I**” y “**p**” en el ejemplo de la **Figura 4.2**), corresponden a la presencia de estructuras sedimentarias físicas/orgánicas presentes en la roca, relacionadas con la velocidad de la corriente y la sedimentación principalmente, y con el

grado de preservación de estructuras orgánicas, que para el caso de la letra “l” en el ejemplo citado, indica la presencia de laminación en la roca y la letra “p” indica presencia de paleosuelos.

A continuación se presenta un listado de las facies reconocidas en este trabajo (**Tabla 4.2**) y posteriormente se da la descripción de cada una de ellas, la cual abarca la composición y textura de la roca, descripción de las estructuras sedimentarias presentes y el intervalo neto en profundidad de la facies respecto al intervalo corazonado descrito en el presente trabajo.

Tabla 4.2 Facies definidas en este trabajo para el pozo corazonado P-02C, Minas La Trinidad

Nomenclatura Facies	Nombre de las Facies
Fip	Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos
Fic	Limolita-Arcillolita laminada con clastos
Ffi	Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos
Fp	Limolita-Arcillolita de paleosuelos
Fprc	Limolita-Arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos
Fclp	Limolita-Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela
Fc	Limolita-Arcillolita carbonosa
Fcm	Limolita-Arcillolita carbonosa masiva
Ac	Arenita con clastos
Am	Arenita masiva

4.3.1 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp)

Arcillolita limosa de color gris medio, ligeramente verdosa en ocasiones; generalmente masiva.

La estructura sedimentaria física predominante en esta facies corresponde a lentes continuos de arena (laminación lenticular continua) (**Figura 4.3**) de color blanco, en ocasiones blanco grisáceo, de grano fino, de 0.2 cm a 6 cm de espesor, ocasionalmente se observa moscovita en los lentes de arena. Algunos de estos lentes de arena exhiben deformación penecontemporánea (microplegamientos) (**Figura 4.4**).



Figura 4.3 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo laminación lenticular continua

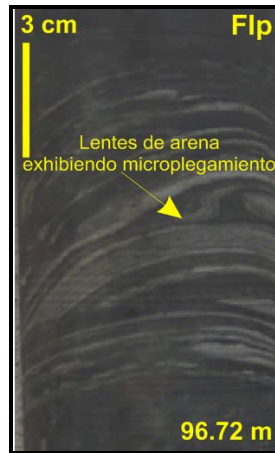


Figura 4.4 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo microplegamiento de los lentes arenosos

La presencia de óxidos ferruginosos a manera de bandas de 0.5 cm a 7cm de espesor y en otras ocasiones a manera de concreciones o nódulos, es muy notable en esta facies (**Figuras 4.5 y 4.6**). Ocasionalmente se presentan bandas arcillosas de color beige y bandas de material carbonoso hasta de 3 cm de espesor.

Las estructuras orgánicas presentes corresponden a fragmentos leñosos, fragmentos laminares de material leñoso y material carbonoso de aspecto irregular.

Además, en esta facies se presentan algunas fracturas, en ocasiones rellenas de carbón; se observan costras blancas de material calcáreo en algunos sectores de la roca y en diversos sectores se observan superficies de fricción. Presencia escasa de madrigueras no identificables.

La facies **Flp** representa el 25.23% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 64.62 metros.



Figura 4.5 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (F1p), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo microplegamiento de los lentes arenosos y presencia de una banda ferruginosa



Figura 4.6 Facies Limolita-Arcillolita laminada de paleosuelos (F1p), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo laminación lenticular continua y presencia de bandas ferruginosas

4.3.2 Facies Limolita-Arcillolita laminada con clastos (Flc)

Arcillolita limosa gris medio, ligeramente verdosa en ocasiones; generalmente masiva.

Esta facies presenta como estructuras sedimentarias físicas, principalmente lentes continuos de arena (laminación lenticular continua) de color blanco, en ocasiones blanco grisáceo, de grano fino, hasta de 6 cm de espesor, en algunos casos exhibiendo deformación penecontemporánea; así como la presencia de intraclastos ferruginosos, distribuidos en diversos sectores de la roca.

En ocasiones se observan óxidos ferruginosos a manera de bandas y a manera de pequeñas “bolitas” tapizando la roca.

Las estructuras orgánicas presentes corresponden a fragmentos leñosos, fragmentos laminares de material leñoso y material carbonoso de aspecto irregular.

Presencia de fracturas sobre la roca y sobre los lentes de arena. Algunas de estas fracturas están rellenas de material carbonoso y carbón.

Por otra parte, se reporta la presencia moderada bandas arcillosas color beige hasta de 1 cm de espesor, así como la presencia abundante de costras calcáreas y fracturas rellenas de material calcáreo y en otros casos rellenas de carbón.

La facies **Flc** representa el 5.75% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 14.72 metros.

4.3.3 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl)

Arcillolita limosa de color gris medio, a veces pardo; generalmente masiva.

Es constante la presencia de óxidos ferruginosos, los cuales, aparecen en mayor proporción a manera de bandas hasta de 7cm de espesor, y en otros casos a manera de concreciones y “parches” irregulares.

Las estructuras sedimentarias orgánicas en esta facies corresponden a fragmentos leñosos en proporción abundante, fragmentos laminares de material leñoso (**Figura 4.7**) y material carbonoso. Es fuerte la presencia de impresiones de hojas y restos de hojas carbonizadas (**Figura 4.8**).

Se observan algunas madrigueras no identificables y costras blancas de material calcáreo (**Figura 4.9**).

De manera ocasional se presentan fracturas, algunas de ellas rellenas de carbón (**Figura 4.10**).

La facies **Ffl** representa el 28.72% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 73.57 metros.



Figura 4.7 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo un fragmento laminar de material leñoso



Figura 4.8 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo restos de hojas carbonizadas



Figura 4.9 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris exhibiendo una costra blanca de material calcáreo sobre una impresión fósil de hoja

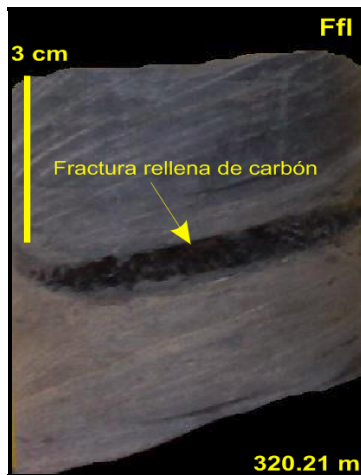


Figura 4.10 Facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), pozo *P-02C*. La fotografía ilustra una arcillolita limosa gris pardo, con presencia de una fractura rellena de carbón

4.3.4 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos (Fp)

Arcillolita gris, gris claro, pardo, pardo oscuro, marrón claro; generalmente masiva, físil.

Las estructuras sedimentarias físicas predominantes en esta facies, corresponden a óxidos ferruginosos, a manera de “parches”, los cuales, encuentran muy meteorizados en algunos sectores. En otros casos, los óxidos ferruginosos se presentan a manera de pequeñas “bolitas” ferruginosas que forman agregados tapizando la roca.

Es constante la presencia de fragmentos leñosos, material carbonoso y fragmentos laminares de material leñoso. El material carbonoso le da un aspecto moteado a la roca en diversos sectores.

Además, en esta facies se observan abundantes superficies de fricción (**Figura 4.11**) de aspecto liso muy brillante en unos casos y en otros, aspecto estriado brillante; es fuerte la presencia de costras blancas de material calcáreo.

La facies **Fp** representa el 9.77% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 25.03 metros.



Figura 4.11 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos (Fp), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una arcillolita gris pardo, en la cual se evidencia la presencia de superficies de fricción

4.3.5 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos (Fprc)

Arcillolita marrón, parda, verdosa, gris verdoso, gris medio a claro predominantemente; generalmente masiva.

En esta facies es fuerte la presencia de óxidos rojizos violáceos a manera de moteamientos (paleosuelos), distribuidos por toda la roca (**Figura 4.12**). Además, es constante la presencia de bandas ferruginosas hasta de 5 cm de espesor; así como la presencia de algunas bandas arcillosas color beige hasta de 5 cm de espesor.

En cuanto a estructuras sedimentarias orgánicas, es abundante la presencia de material carbonoso, el cual, en diversos sectores le da un aspecto moteado a la roca. Es constante la presencia de superficies de fricción.

La facies **Fprc** representa el 19.46% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 49.84 metros



Figura 4.12 Facies Limolita-Arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos (Fprc), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una arcillolita gris, evidenciando una fuerte presencia de óxidos rojizos violáceos a manera de moteamientos

4.3.6 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela (Fclp)

Shale marrón, pardo, gris muy oscuro, negro; carbonoso.

La laminación interna plano paralela muy fina es la estructura sedimentaria física presente en esta facies. Se observan “hilos” de carbón muy brillantes menores a 0.5 cm de espesor, paralelos a los planos de laminación (**Figura 4.13**).

Es abundante la presencia de estructuras sedimentarias orgánicas correspondientes a fragmentos leñosos, material carbonoso, fragmentos laminares de material leñoso y restos de hojas carbonizadas.

Adicionalmente, se observan bandas arcillosas color beige de 1 cm de espesor y algunos “parches” ferruginosos en proporción moderada. Se distinguen fracturas rellenas de carbón en unos casos y en otros rellenas de material calcáreo.

La facies **Fclp** representa el 6.88% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 17.62 metros

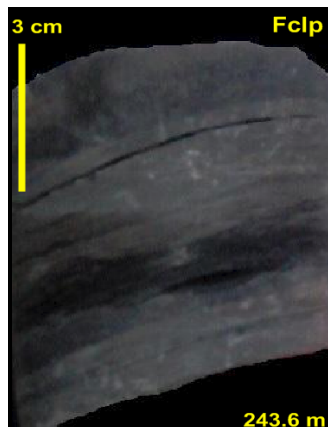


Figura 4.13 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela (Fclp), pozo P-02C. La fotografía corresponde a un shale carbonoso finamente laminado

4.3.7 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc)

Esta facies esta conformada por cuatro mantos de carbón de la Formación Guaduas identificados en la descripción de este pozo corazonado.

Estos mantos de carbón, de base a techo corresponden a los mantos *La Quinta*, *La Chica*, *Ciscuda*, *Depósito* y al carbón del manto *Vidriosa* denominado en el presente trabajo como *CO-B* (ver **Sección 3.2**). Además, se identificaron algunas cintas de carbón, que económicamente no son explotables en la región.

Las características reconocidas macroscópicamente para esta facies, corresponden a carbones negros semi-brillantes a brillantes, de fractura concoidea característica, y estratificados. Además, es constante la presencia de pirita y sulfuros asociados en estos carbones.

La facies **Fc** representa el 2.5% del intervalo corazonado del pozo P-02C equivalente a 6.4 metros.

En las **Figuras 4.14, 4.15 y 4.16** corresponden a fotografías de muestras de carbón de los mantos *Ciscuda*, *Vidriosa* y *Depósito*, respectivamente, actualmente explotados en las minas La Trinidad.

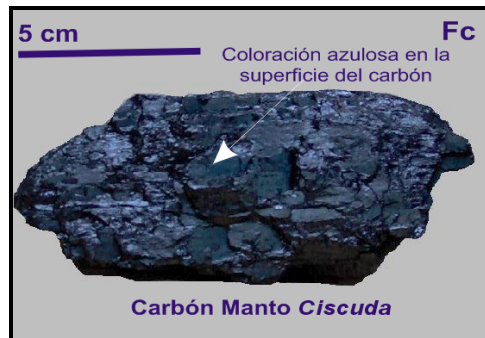


Figura 4.14 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una muestra de carbón del manto *Ciscuda*, tomada en el frente de explotación *Nivel 0-Norte* de esta mina



Figura 4.15 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una muestra de carbón CO-B del manto *Vidriosa*, tomada en el frente inclinado, abscisa 87, de esta mina

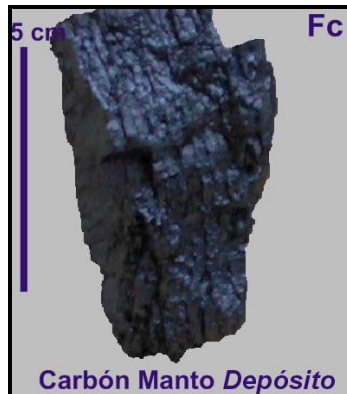


Figura 4.16 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa (Fc), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una muestra de carbón del manto *Depósito*, tomada en el frente de explotación *Nivel 1- Sur*, de esta mina

4.3.8 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa masiva (Fcm)

Esta facies corresponde a un segmento de carbón del manto *Vidriosa* de la formación Guaduas identificado en la descripción de este pozo corazonado, y diferenciado de los demás mantos de carbón descritos en este trabajo, por sus características singulares reconocidas a nivel macroscópico.

Las características reconocidas macroscópicamente para esta facies, corresponden a un carbón de color negro, opaco, masivo, fractura vítrea e irregular, con presencia de piritita y sulfuros asociados, en algunos casos (**Figura 4.17**). En este trabajo se ha denominado a este carbón como CO-A (ver **Sección 3.2**).

La facies **Fcm** representa el 0.18% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 0.45 metros.



Figura 4.17 Facies Limolita-Arcillolita carbonosa masiva (Fcm), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una muestra de carbón *CO-A* del manto *Vidriosa*, tomada en el frente inclinado, abscisa 87, de esta mina

5.3.9 Facies Arenita con clastos (Ac)

Corresponde a una cuarzoarenita color blanco, blanco grisáceo y blanco ligeramente verdoso, de grano fino, cemento silíceo, matriz grano soportada y buena selección, con presencia esporádica de moscovita.

La estructura sedimentaria física reconocida en esta facies corresponde a intraclastos ferruginosos, de aspecto ovalado, distribuidos caóticamente en la matriz de la roca, y generalmente, menores de 2 cm de longitud y espesor (**Figura 4.18**).

Adicionalmente, se presentan fracturas, en algunos casos rellenas de material carbonoso.

La facies **Ac** representa el 0.37% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 0.94 metros.



Figura 4.18 Facies Arenita con clastos (Ac), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una cuarzoarenita blanca grisácea de grano fino, con presencia de intraclastos ferruginosos distribuidos en la matriz de la roca

5.3.10 Facies Arenita masiva (Am)

Cuarzoarenita color blanco, blanco grisáceo y blanco ligeramente verdoso, masiva, de grano fino, cemento silíceo y matriz grano soportada, con presencia esporádica de moscovita. Es constante la presencia de fracturas (**Figura 4.19**), en algunos casos rellenas de material carbonoso.

Ocasionalmente se observa material carbonoso en algunos sectores de la roca.

La facies **Am** representa el 1.16% del intervalo corazonado del pozo *P-02C* equivalente a 2.98 metros.



Figura 4.19 Facies Arenita masiva (Am), pozo *P-02C*. La fotografía corresponde a una cuarzoarenita blanca grisácea de grano fino. En la fotografía se ilustran fracturas presentes en la roca

En la **Figura 4.20** se ilustra la distribución de las facies definidas en este trabajo, para el pozo corazonado *P-02C*. Como se puede observar, la facies que predomina en el intervalo analizado, corresponde a la facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), representado el 28.72%, equivalente a 73.57 metros de este intervalo.

DISTRIBUCION DE FACIES EN LOS INTERVALOS CORAZONADOS DEL POZO P-02C - Minas de Carbón La Trinidad

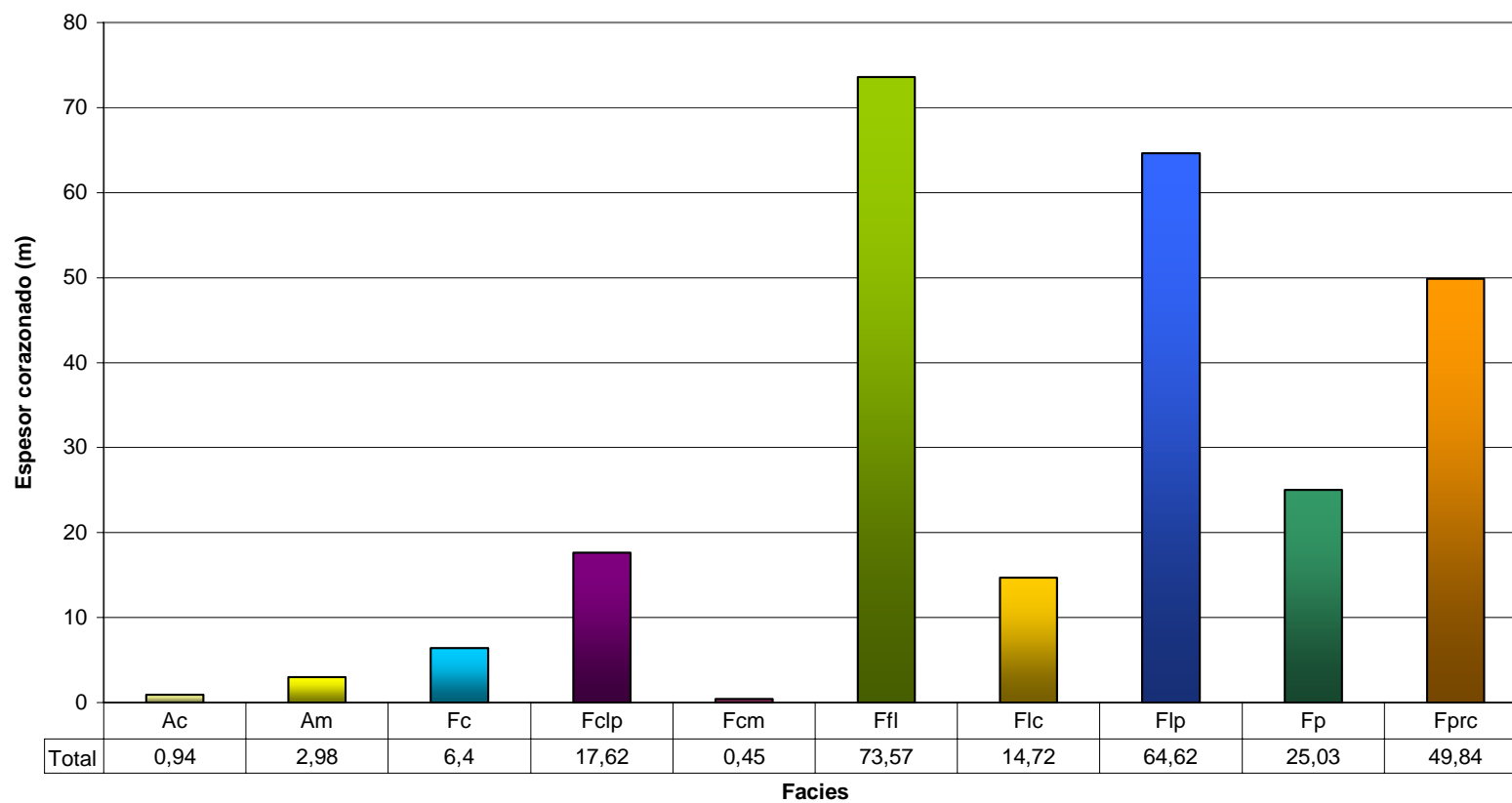


Figura 4.20. Distribución de Facies en el intervalo corazonado de 74,18 – 330,35m del pozo P-02C – Minas La Trinidad.

4.4 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTE DEPOSITACIONAL DEL INTERVALO CORAZONADO DEL POZO P-02C

De acuerdo con Sarmiento, (1992) un proceso regresivo lento con fluctuaciones menores caracteriza los eventos sedimentarios ocurridos durante la acumulación del Grupo Guadalupe en su parte superior y la Formación Guaduas. El Grupo Guadalupe se deposita en una zona de *planicie costera* y de *isla barrera* y la Formación Guaduas en una zona de *contra barrera* y de *llanuras aluviales*.

Conforme a lo expuesto en la **Sección 2.1** de este trabajo, Sarmiento divide la Formación Guaduas en nueve segmentos de base a techo, así mismo, la interpretación ambiental que hace este autor, es realizada por separado para cada uno de los segmentos definidos. A continuación se presenta una síntesis hecha por el mismo autor, de esta interpretación:

La Formación Guaduas se inicia en un ambiente de *laguna costera* (S1) que pasa progresivamente a una zona intermareal. El primer grupo de carbones es el resultado de procesos ocurridos en *pantanos* con influencia de aguas saladas tipo manglares actuales y *pantanos lacustres* (S2). Los pantanos costeros fueron reemplazados por ciénagas o lagos, conectados con el mar y afectados por invasiones sucesivas de depósitos de desborde provenientes de canales en períodos de alta energía (S3). Sobre estos depósitos se restablecen las condiciones de influencia de la dinámica costera en una *zona intermareal* y *supramareal* con la formación de pantanos costeros de aguas salobres con y sin aporte de detritos. La influencia del continente comienza a ser evidente con *canales de ríos meandriformes* y *llanuras aluviales* que nuevamente son afectadas por la acción de las mareas y la formación de pantanos con alta preservación de la materia orgánica (S4).

El segundo grupo de mantos de carbón termina con el inicio de una zona casi estéril característica de *llanuras bajas* cercanas a la costa y frecuentemente invadidas, de fuerte oxigenación con formación de áreas pantanosas restringidas. Un *paleocanal* marca un

evento que parece extenderse regionalmente (S5). Un *canal de río meandriforme* con *planicies de inundación* es el inicio del tercer grupo de mantos de carbón que se muestra asociado también, a *zonas bajas intermareales y supramareales* con abundantes *pantanos costeros* sin aporte de clásticos y *pantanos de arcillas* (S6).

Sobre estos materiales el ambiente se hace nuevamente poco apto para la preservación de la materia orgánica en áreas de *planicies de inundación* con abundante oxidación y escasas áreas de pantanos (S7). Una nueva acción de la dinámica costera, manifestada en una *zona intermareal y supramareal* está relacionada con la acumulación del último grupo de carbones y arcillas carbonosas, sin importancia económica por el espesor de los mantos (S7). De este límite hasta el techo de la Formación Guaduas el dominio es de las *llanuras aluviales* bajas con *canales meandriformes* (S8 y S9). La preservación de la materia orgánica es casi inexistente en estos segmentos.

La interpretación ambiental del intervalo corazonado de la Formación Guaduas descrito en el presente estudio, esta basada principalmente en la interpretación hecha por el autor arriba mencionado, teniendo en cuenta que la caracterización sedimentológica y estratigráfica realizada a partir de la descripción de núcleos de roca del pozo *P-02C* (**ver Anexo 3**) concuerda en gran parte con las apreciaciones hechas por este autor y corresponde con los segmentos cuatro, cinco y seis, interpretados por el mismo.

Además, se tienen en cuenta los criterios establecidos para la descripción de corazones de este pozo, teniendo como principal criterio para dicha interpretación la definición de las facies reconocidas, y la relación que estas puedan tener para establecer tipos de depósito dentro del ambiente sedimentario interpretado de la Formación Guaduas

Se interpreta de manera general, que los sub-ambientes de la Formación Guaduas, presentes en el intervalo corazonado descrito, corresponden a *llanuras de inundación, paleosuelos, pantanos abiertos y cerrados y canales fluviales*.

Se presentan a continuación algunas apreciaciones de los tipos de depósitos definidos:

4.4.1 Llanuras de Inundación (LI.I) y Paleosuelos (PI)

Las llanuras de inundación son depósitos de tipo agradacional que en caso de tratarse de una limolita con tonos entre grises y verdosos corresponde a una llanura de inundación húmeda y si presenta tonos entre rojos grisáceos y cafés rojizos corresponde a un paleosuelo.

Un depósito de paleosuelo es un depósito que se encuentra relacionado a depósitos de llanuras de inundación. Su origen se debe a que sedimentos arcillosos de bahías interdistributarias sufren formación de suelo y que dependiendo del clima diferentes tipos de perfil de suelo son desarrollados. Uno que opera en un clima húmedo-frío y el otro en un clima seco-caliente. Dependiendo del tipo de clima se presentan diferentes tipos de minerales en su composición (Reineck y Singh).

La presencia de las arcillolitas limosas y los shales carbonosos, representan sectores tranquilos de baja energía, donde predominó la depositación por suspensión con pequeños aumentos en la energía del medio (Sarmiento, 1992).

De manera general, estos dos sub-ambientes abarcan la mayoría de las facies definidas, y se encuentra representado por la facies limolita-arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl), limolita-arcillolita laminada de paleosuelos (Flp), limolita-arcillolita de paleosuelos con restos carbonosos (Fprc), limolita-arcillolita con laminación plano paralela (Fclp) y la facies limolita-arcillolita de paleosuelos (Fp), que constituye la mayor representante del desarrollo de paleosuelos.

4.4.2 Pantanos Cerrados y Abiertos (P)

Constituyen el ambiente de depósito de los carbones identificados en el pozo corazonado, correspondientes a las facies limolita-arcillolita carbonosa (Fc) y limolita-arcillolita carbonosa masiva (Fcm).

Los carbones ubicados estratigráficamente a la base del intervalo descrito (*La Quinta*, *La Chica* y *Ciscuda*) son acumulados en un ambiente de pantano cerrado de amplia extensión lateral e influenciado por aguas salobres (Sarmiento, 1992). En contraste con estos mantos de carbón, los mantos *Vidriosa* y *Depósito*, pueden haber sido depositados en pantanos abiertos, con constantes fluctuaciones en la tabla de agua, propiciando una alta oxidación de la materia orgánica, evidenciada en el moderado grado de carbonificación y una menor calidad de sus propiedades térmicas (**ver Sección 3.3**) de estos carbones en relación con los descritos anteriormente.

4.4.3 Canales Fluviales (C)

Este tipo de depósito se encuentra representado por los niveles arenosos identificados en este trabajo, las cuales están representadas por las facies arenita masiva (Am) y arenita con clastos (Ac).

La ocurrencia de este tipo de depósito en el intervalo del pozo analizado, es discreta, representando no más de cuatro metros de todo el intervalo de roca analizado.

5. CONCLUSIONES

- En el marco de esta práctica empresarial se implementó un manual de muestreo de carbones, en las minas La Trinidad, tanto de muestras de canal, como muestras de pila, basado en las “*Normas Generales Sobre Muestreo y Análisis de Carbones*” publicadas por Ecocarbón en 1995.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis proximales practicados a las muestras de carbón tomadas dentro de cada una de las minas analizadas, y teniendo en cuenta principalmente la determinación de materia volátil, los carbones *Vidriosa*, *Depósito* y *Ciscuda* de las minas La Trinidad son bituminosos altos en volátiles, de bajo rango; presentando contenidos promedio de volátiles mayores a un 32%.
- Los resultados de los análisis de cenizas promedio, practicados a los carbones *Ciscuda*, *Vidriosa* y *Depósito* se encuentran ubicados en un rango de 8.38 a 22.19% para el carbón tomado *in situ* (dentro de las minas), y 12.76 a 25.97% para el carbón de producción monitoreado durante cuatro meses, siendo el manto *Ciscuda*, el que reporta los mejores parámetros de calidad evaluados y por el contrario, el manto *Vidriosa* presenta los valores de cenizas más elevados, indicando una calidad no deseada para dicho manto.
- El aumento del contenido de cenizas en el carbón de producción con respecto al contenido de cenizas del carbón tomado *in situ*, indica el grado de contaminación que sufre el carbón durante la operación minera, desde el momento en que es arrancado de su lugar de origen hasta ser llevado a los patios de las minas. Los análisis practicados reflejan que la contaminación del manto *Ciscuda* se incrementa en un 4.3% durante este proceso, seguido de *Vidriosa* con 3.78%, y el menor grado de contaminación lo presenta el manto *Depósito* con un valor de 3%,

indicando un control más riguroso por parte del personal encargado de esta mina y un trabajo más limpio por parte de los mineros.

- En la elaboración del registro sedimentológico-estratigráfico se describieron 256.17 metros de núcleos de roca del pozo corazonado *P-02C*, definiendo diez facies sedimentarias para la sección descrita, de las cuales, la *facies Limolita-Arcillolita con fragmentos leñosos (Ffl)* predomina en el intervalo analizado, representado el 28.72%, equivalente a 73.57 metros de este intervalo.
- De manera general, se definieron cuatro sub-ambientes de la formación Guaduas, para el intervalo corazonado descrito, los cuales corresponden a *llanuras de inundación, paleosuelos, pantanos cerrados y abiertos y canales fluviales*. Esta interpretación esta basada principalmente en la interpretación hecha por Sarmiento (1992), y en las características faciales del pozo *P-02C* definidas este trabajo.
- El trabajo realizado durante esta práctica empresarial pretende ser el soporte geológico de todas las labores mineras que se realicen las minas La Trinidad, y que involucren los conceptos aquí desarrollados.
- Es importante mencionar que es amplio el conocimiento geológico que se tiene de la zona carbonífera de Cundinamarca y Boyacá, en este sentido, se han realizado un gran número de investigaciones y estudios acerca de sus yacimientos carboníferos. Sin embargo, en la mayoría de casos estos estudios no se llevan a la práctica, perdiendo, en gran parte, uno de los objetivos más importantes que deben tener. Es escaso o nulo el conocimiento que se tiene de estos estudios en las concesiones mineras de la región, se sigue explotando de una manera casi incipiente, no solo en el sentido mismo de su minería, sino en el desconocimiento y poco interés por la geología del recurso que se está explotando.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda continuar con muestreos periódicos de carbón de cada una de las minas que se encuentran en fase de explotación, tanto de muestras tomadas *in situ*, como muestras de carbón de producción, con el fin de evaluar los parámetros químicos de calidad de los carbones térmicos, enfatizando en las determinaciones de contenido de cenizas, poder calorífico y contenido de azufre, para de esta manera llevar un control de calidad adecuado de los carbones extraídos.

- ✓ Con el fin de caracterizar de una manera integral los mantos de carbón de la Formación Guaduas presentes en las minas La Trinidad, se recomienda realizar un análisis petrográfico de estos carbones, especialmente para los dos tipos de carbón (*CO-A* y *CO-B*) del manto *Vidriosa*, reconocidos y diferenciados a nivel macroscópico en el presente trabajo.

- ✓ Debido al mal estado de preservación que presentan los núcleos de roca de las perforaciones corazonadas realizadas por la compañía Carbones del Caribe, en inmediaciones de las minas La Trinidad, se recomienda mejorar al cien por ciento las condiciones de almacenamiento de los mismos, pues este material se constituye como una fuente de investigación muy importante.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM, (2000). Standard Classification of Coals by Ranks (D388-99). Annual Books of ASTM, Vol.05.05.
- BÁEZ, R.I. (2000). Manual de Carbones y Coquización. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso. 56-117, 137-146 p.
- DIESSEL, F.K. (1992). Coal – Bearing Depositional Systems. Department of Geology. University of Newcastle, Australia. 349-459 p.
- ECOCARBÓN. (1995). Normas Generales sobre Muestreo y Análisis de Carbones. Bogotá. 7-41 p.
- _____. (1997). Programa de Normalización de Recursos y Reservas de Carbón en algunas áreas del departamento de Cundinamarca. Informe Ejecutivo. Bogotá. 1-17 p.
- INGEOMINAS. (2004). El Carbón Colombiano. Recursos, Reservas y Calidad. Publicaciones especiales de Ingeominas. Bogotá. 237-271 p.
- PEREZ, G. *et al.* (1987). Caracterización de Carbones Colombianos Zona Checua - Lenguaque. Boletín Geológico, Vol. 28, No. 2, Ingeominas, Bogotá. 17-33, 45-123 p.
- REINECK, H.E y SINGH, I.B. (1980). Depositional Sedimentary Environments, with reference to Terrigenous Clastics. Springer-Verlag. 549 pp.
- SARMIENTO, G. (1992). Estratigrafía y Medios de Depósito de la Formación Guaduas. Boletín Geológico, Vol. 32, No, 1-3, Ingeominas, Bogotá. 3-44 p.