

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE CARBONES DE LA FORMACIÓN LOS
CUERVOS EN LOS MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SUR DEL
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.**

LEYLA CATERINE BECERRA CARREÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2011**

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE CARBONES DE LA FORMACIÓN LOS
CUERVOS EN LOS MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SUR DEL
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.**

LEYLA CATERINE BECERRA CARREÑO

Trabajo de Grado para optar al Título de: Geólogo

**Director
MARIO GARCÍA GONZÁLEZ, PhD
Profesor Titular**

**Codirector:
NOEL ALIRIO TELLEZ IRREÑO
Geólogo Jefe de Campo INGEANDINA S.A**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2011**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y permitirme llevar a cabo todos los logros alcanzados.

A la Universidad Industrial de Santander especialmente a la Escuela de Geología y a sus docentes por su aporte a mi formación académica y personal.

Al equipo de Geología de INGEANDINA S.A, personal administrativo y de logística del Proyecto Norte de Santander por su colaboración y asistencia que fueron fundamentales para desarrollar la práctica empresarial.

A los doctores Noel Téllez y Mario García quienes me orientaron durante todo este tiempo.

A mi novio Sergio Eduardo Castellanos Uribe quien me brindó todo su amor, sabios consejos, compañía y por su valioso apoyo incondicional en los momentos más importantes de mi vida.

A Inés Uribe, Alfonso Castellanos, Fanny Carreño y a Lorenzo Niño muchas gracias por su afecto, cariño, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi carrera.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	21
ABSTRACT	22
INTRODUCCIÓN	23
1. PROBLEMA	24
2. OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GENERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3. GENERALIDADES	26
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
3.2 VÍAS DE ACCESO	28
3.3 HIDROGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA	32
3.3.1 Clima	34
3.3.1.1 Precipitaciones	34
3.3.1.2 Temperatura	34
3.3.2 Vegetación	34
3.3.2.1 Praderas	35
3.3.2.2 Bosques	35
4. GEOMORFOLOGÍA	37
4.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA EL CEDRAL	38
4.1.1 Ladera Irregular	38
4.1.2 Escarpes	38
4.1.3 Sinclinal	40
4.1.4 Depósitos coluviales	41
4.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA SAMARIA	42
4.2.1 Ladera Irregular	42
4.2.2 Escarpes	44
4.2.3 Sinclinal	45
4.2.4 Depósitos coluviales	46

	Pág.
4.3 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DEL PÁRAMO	47
4.3.1 Superficie Estructural	47
4.4 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA SIBERIA	49
5. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	52
5.1 ANTECEDENTES	52
5.2 ESTRATIGRAFÍA	53
5.2.1 Formación Barco (E1b)	53
5.2.2 Formación Los Cuervos (E1-E2lc)	53
5.2.3 Formación Mirador (E2m)	54
5.2.4 Formación Carbonera (E2-E3c)	55
5.2.5 Depósitos Cuaternarios (Qc)	55
5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	56
5.3.1 Estructuras	56
5.3.1.1 Sinclinal de La Camacha	56
5.3.1.2 Monoclinal del Páramo El Tamá	57
5.3.2 Fallas	58
5.3.2.1 Falla El Trapiche	58
5.3.2.2 Falla Samaria	58
5.3.2.3 Falla de la Quebrada Aguablanca	59
6. METODOLOGÍA	60
6.1 GEOLOGÍA DE SUPERFICIE	60
6.1.1 Cartografía Geológica Detallada	60
6.1.2 Ejecución de destapes, trincheras y apiques	61
7. GEOLOGÍA LOCAL	63
7.1 ZONA EL CEDRAL	63
7.1.1 Estratigrafía	63
7.1.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc)	63
7.1.1.2 Formación Mirador (E2m)	63
7.1.1.3 Formación Carbonera (E2-E3c)	64
7.1.2 Tectónica	65
7.2 ZONA SAMARIA	65

	Pág.
7.2.1 Estratigrafía	65
7.2.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc)	65
7.2.1.2 Formación Mirador (E2m)	68
7.2.1.3 Depósitos Cuaternarios (Qc)	68
7.2.2 Tectónica	68
7.3 ZONA DEL PÁRAMO TAMÁ	68
7.4 ZONA SIBERIA	69
7.4.1 Estratigrafía	69
7.4.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc)	69
7.4.1.2 Formación Mirador (E2m)	70
7.4.1.3 Depósitos Cuaternarios (Qc)	70
7.4.2 Tectónica	72
8. CALIDAD DE LOS CARBONES	73
8.1 MUESTREO DE LOS MANTOS DE CARBÓN	73
8.2 LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS	74
8.3 ANÁLISIS DE CARBONES	78
8.3.1 Análisis próximos	78
8.3.1.1 Humedad	78
8.3.1.2 Humedad Total (ASTM D3302-10)	78
8.3.1.3 Humedad Residual (D-5142-04)	78
8.3.1.4 Cenizas (ASTM D3174-04/5142-09)	79
8.3.1.5 Materia Volátil (ASTM D3175-07/5142-09)	79
8.3.1.6 Carbono Fijo (ASTM D3172a)	79
8.3.1.7 Azufre (ASTM D4239 Method B)	79
8.3.1.8 Poder Calorífico (ASTM D5865-07a)	80
8.3.2 Índice de Hinchamiento	80
8.3.2.1 Propiedad Aglomerante	81
8.4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	81
8.4.1 Análisis en base como se recibe	81
8.4.2 Análisis en base seca	81
8.4.3 Análisis próximos completos e índice de hinchamiento	85

	Pág.
8.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CARBONES	86
8.5.1 Materia Mineral (mm)	88
8.5.2 Análisis en base seca, libre de materia mineral	88
8.5.3 Análisis en base húmeda, libre de materia mineral	88
8.6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	92
8.6.1 Análisis próximos completos e índice de hinchamiento	92
8.6.1.1 Zona el Cedral	92
8.6.1.2 Zona samaria	100
8.6.1.3 Zona Siberia	108
9. CONCLUSIONES	117
10. RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	123
ANEXO A. MUESTREO DE CARBONES ZONA EL CEDRAL	123
ANEXO B. MUESTREO DE CARBONES ZONA SAMARIA	141
ANEXO C. MUESTREO DE CARBONES ZONA SIBERIA	155

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas del polígono GI7-131 Z-2	31
Tabla 2. Coordenadas del polígono GI7-131 Z-3	31
Tabla 3. Coordenadas del polígono GI7-131 Z- 4	32
Tabla 4. Localización de mantos muestreados, Zona El Cedral	74
Tabla 5. Localización de los mantos muestreados en la Zona Samaria	75
Tabla 6. Localización de los mantos muestreados en la zona Siberia	75
Tabla 7. Resultados pruebas de laboratorio Muestras Zona El Cedral	82
Tabla 8. Resultados pruebas de laboratorio. Muestras Zona Samaria	83
Tabla 9. Resultados pruebas de laboratorio Muestras Zona Siberia	84
Tabla 10. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento Zona El Cedral	85
Tabla 11. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento Zona Samaria	85
Tabla 12. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento Zona Siberia	86
Tabla 13. Clasificación de los carbones por rango según ASTM	86
Tabla 14. Resultados de la clasificación ASTM Zona El Cedral	89
Tabla 15. Resultados de la clasificación ASTM Zona Samaria	90
Tabla 16. Resultados de la clasificación ASTM Zona Siberia	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica del área de trabajo	26
Figura 2. Ubicación local del área del proyecto	27
Figura 3. Mapa de Vías de Acceso del contrato de concesión GI7-131	29
Figura 4. Mapa de Divisiones del área de concesión GI7-131	30
Figura 5. Quebrada Samaria, escorrentía principal del área de concesión	33
Figura 6. Vegetación de Páramo en el sector oriental de la Concesión	35
Figura 7. Se observa el bosque natural, con sectores talados para potreros en la Cuenca de la Quebrada Samaria. Al frente un coluvión con grandes bloques de arenisas	36
Figura 8. Muestra la ladera irregular que corresponde a la Formación Los Cuervos y el Escarpe de la Formación Mirador denominado Loma La peña del Venado en la Zona El Cedral	39
Figura 9. Artesa del Sinclinal de La Camacha	40
Figura 10. Coluvión de grandes bloques de areniscas en la Zona El Cedral	41
Figura 11. Laderas Irregulares de la Zona Samaria	43
Figura 12. Movimientos de remoción en masa en el margen derecho de un Afluente de la Quebrada Samaria	43
Figura 13. Escarpe de la Formación Mirador en la Zona Samaria	44
Figura 14. Sinclinal de La Camacha en la Zona Samaria	45
Figura 15. Coluvión de grandes bloques de areniscas en la Zona de Samaria	46
Figura 16. Se observa claramente la superficie estructural. Al fondo hay un escarpe menor de areniscas de la Formación Los Cuervos en la Zona del Páramo El Tamá	48
Figura 17. Se observa la geoforma de laderas irregulares la cual está constituida por la Formación Los Cuervos	48
Figura 17 A. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia	49
Figura 17 B. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia	50
Figura 17 C. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia	50
Figura 17 D. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia	51

	Pág.
Figura 18. Se observa el escarpe de la Formación Mirador y debajo y al frente una zona de topografía moderada que corresponde a los afloramientos de la Formación Los Cuervos en la Zona Samaria	55
Figura 19. Depósito Coluvial en la zona Samaria	56
Figura 20. Páramo de Cabrera. Se muestra el Sinclinal de La Camacha de Norte a Sur. Se observa la asimetría de la estructura con el Flanco de Samaria más inclinado	57
Figura 21. Perfil Geológico A-A'-A"	58
Figura 22. Destape de un manto de carbón en la Zona Siberia	61
Figura 23. Trinchera para toma de muestra de un carbón en la Zona El Cedral	62
Figura 24. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos en la Zona El Cedral	64
Figura 25. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos, Caño 6, Zona Samaria	66
Figura 26. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos en la Quebrada Aguablanca	70
Figura 27. Mapa geológico local a escala 1:25,000 con la distribución de los mantos de carbón muestreados. A. Zona El Cedral, B. Zona Samaria y C. Zona Siberia	76
Figura 28. Perfiles Estándar para la determinación del índice de Hinchamiento	81
Figura 29. Contenido de Humedad Total, Como se recibe	92
Figura 30. Contenido de Cenizas en base seca y como se recibe	92
Figura 31. Contenido de Cenizas en base seca	93
Figura 32. Contenido de materia volátil, en base seca y como se recibe	93
Figura 33. Contenido de Materia Volátil en base seca	94
Figura 34. Contenido de Carbono Fijo en base seca y como se recibe	94
Figura 35. Contenido de Carbono Fijo en base seca, Zona El Cedral	95
Figura 36. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe	95
Figura 37. Contenido de Azufre en base seca	96
Figura 38. Valores de Poder Calorífico, en base seca y como se recibe	96
Figura 39. Valores de Poder calorífico, en base seca	97
Figura 40. Valores de índice de Hinchamiento	97
Figura 41. Contenido de Carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral	98

	Pág.
Figura 42. Contenido de Materia Volátil en base seca, libre de materia mineral	98
Figura 43. Valores de Poder Calorífico en base húmeda, libre de materia mineral	99
Figura 44. Clasificación de carbones por rango, según la Norma ASTM D388-99	99
Figura 45. Contenido de humedad total, como se recibe	100
Figura 46. Contenido de Cenizas en base seca y como se recibe	100
Figura 47. Contenido de cenizas en base seca	101
Figura 48. Contenido de materia volátil en base seca y como se recibe	101
Figura 49. Contenido de materia Volátil en base seca	102
Figura 50. Contenido de Carbono Fijo en base seca y como se recibe	102
Figura 51. Contenido de Carbono Fijo en base seca	103
Figura 52. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe	103
Figura 53. Contenido de azufre en base seca	104
Figura 54. Valores de Poder Calorífico	104
Figura 55. Valores de poder Calorífico en base seca	105
Figura 56. Valores de Índice de Hinchamiento	105
Figura 57. Contenido de carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral	106
Figura 58. Contenido de materia volátil en base seca, libre de materia mineral	106
Figura 59. Valores de poder calorífico en base húmeda, libre de materia mineral	107
Figura 60. Clasificación de carbones, según la Norma ASTM D388-99, zona Samaria	107
Figura 61. Contenido de humedad total como se recibe	108
Figura 62. Contenido de cenizas en base seca y como se recibe	108
Figura 63. Contenido de Cenizas en base seca	109
Figura 64. Contenido de materia volátil en base seca y como se recibe	109
Figura 65. Contenido de materia volátil en base seca	110
Figura 66. Contenido de carbono fijo en base seca y como se recibe	110
Figura 67. Contenido de Carbono Fijo en base seca	111
Figura 68. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe	111
Figura 69. Contenido de azufre en base seca	112
Figura 70. Valores de poder calorífico en base seca y como se recibe	112

	Pág.
Figura 71. Valores de poder calorífico en base seca	113
Figura 72. Valores de índice de Hinchamiento	113
Figura 73. Contenido de carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral	114
Figura 74. Contenido de Materia Volátil en base seca libre de materia mineral	114
Figura 75. Valores de Poder Calorífico en base húmeda, libre de materia mineral	115
Figura 76. Clasificación de carbones, según la Norma ASTM D388-99, Zona Siberia	115
Figura 77. Clasificación general de los carbones de las zonas El Cedral, Samaria y Siberia, según la Norma ASTM D388-99	116

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Cálculo de carbono fijo	79
Ecuación 2. Cálculo de carbono fijo en base seca libre de materia mineral	87
Ecuación 3. Cálculo de materia volátil en base seca libre de materia mineral	87
Ecuación 4. Cálculo de poder calorífico en base húmeda libre de materia mineral	87
Ecuación 5. Cálculo de materia mineral	88

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Manto de 1.50 m de espesor antes de realizar el muestreo de canal	123
Anexo 2. Muestreo de canal del manto NLJ9	124
Anexo 3. Manto NLJ9 después del muestreo de canal	125
Anexo 4. Manto NLJ10 de 1.55 m de espesor después del muestreo de canal	126
Anexo 5. Manto A07 de 1.80 m de espesor antes del muestreo de canal localizado hacia el Norte del Polígono GI7-131	127
Anexo 6. Manto A07 de espesor después del muestreo de canal	128
Anexo 7. Manto A5 de 80 cm de espesor antes del muestreo de canal, localizado hacia el sur del polígono GI7-131	129
Anexo 8. Manto A5 después del muestreo de canal	130
Anexo 9. Manto de 90 cm de espesor antes del muestreo de canal	131
Anexo 10. Parte inferior del manto de manto de 90 cm de espesor (45 cm)	132
Anexo 11. Intercalación de Lodolita Carbonosa gris oscura de 15 cm de espesor de consistencia blanda, dentro del manto A11 de 90 cm de espesor	133
Anexo 12. Cinta de 30 cm de espesor que se encuentra hacia la Parte superior del manto de 90 cm de espesor (Manto A11), dentro de esta cinta hay una intercalación de lodolita carbonosa de 5 cm de espesor, El techo es lodolita gris moderada de 70 cm de espesor en contacto neto superior con areniscas de grano fino de color gris azulado dispuestas en capas medianas a gruesas	134
Anexo 13. Manto de 1.68 m de espesor antes del muestreo de canal	135
Anexo 14. Manto AA3 después del muestreo de canal	136
Anexo 15. Manto de Carbón RD-083 de 85 cm de espesor antes del muestreo de canal	137
Anexo 16. Manto RD-083 después del muestreo de canal	138
Anexo 17. Manto de 0.9 m de espesor de antes del muestreo de canal	139
Anexo 18. Canal realizado para el muestreo del manto ANA 2	140
Anexo 19. Manto de carbón de 1.5 m de espesor antes del muestreo de canal	141

	Pág.
Anexo 20. Manto RG77 durante el muestreo de canal	142
Anexo 21. Manto RG77 después del muestreo de canal	142
Anexo 22. Manto de carbón de 0.88 m de espesor antes del muestreo de canal	143
Anexo 23. Manto RG102 después del muestreo de canal	144
Anexo 24. Manto de carbón de 0.9 de espesor después del muestreo de canal	145
Anexo 25. Manto de 1.4 m de espesor después del muestreo de canal	146
Anexo 26. Detalle del tipo de carbón del manto	147
Anexo 27. Manto de 0.6 m de espesor después del muestreo de canal	148
Anexo 28. Manto ALV-053 antes del muestreo de canal	149
Anexo 29. Manto de carbón durante el muestreo de canal	150
Anexo 30. Manto de carbón ALV-053 después del muestreo de canal	151
Anexo 31. Manto de carbón de 84 cm de espesor antes del muestreo de canal	152
Anexo 32. Manto de carbón RG-109 después del muestreo de canal	153
Anexo 33. Manto de 70 cm de espesor después del muestreo de canal	154
Anexo 34. Manto de Carbón de 1.8 m de espesor antes del muestreo de canal	155
Anexo 35. Manto de carbón JJC-072 durante el muestreo de canal	156
Anexo 36. Muestreo de Canal del Manto de 1.20 m de espesor	157
Anexo 37. Manto de carbón de 1.1 m de espesor después del muestreo de canal	158
Anexo 38. Parte inferior del afloramiento manto de carbón de 1.1 m de espesor del cual 1.05 m de espesor corresponden al litotipo Vitreño y 0.05 m. al litotipo Clareno, el cambio litológico es gradado iniciando con Limos carbonosos y pasando a arcillolitas grises	159
Anexo 39. Manto de 0.60 metros de espesor antes de realizar el muestreo de canal	160
Anexo 40. Manto de carbón de 0.60 metros de espesor, después del muestreo de canal	161
Anexo 41. La base del manto presenta 49 cm de limolitas gris en capas delgadas tabulares y en el techo, areniscas de grano muy fino de color gris claro de 106 cm de espesor con laminación interna paralela discontinua dispuestas en capas muy delgadas	162

	Pág.
Anexo 42. Manto de Carbón de 90 cm de espesor antes del muestreo de canal	163
Anexo 43. Manto de Carbón de 90 cm de espesor después del muestreo de Canal El Plano de Estratificación es N30E/48SE	164
Anexo 44. Detalle del manto de Carbón muestreado	165
Anexo 45. Base y Tope del Manto de 90 cm de espesor	165
Anexo 46. Manto de carbón de 1.65 m de espesor antes del muestreo de canal	166
Anexo 47. Manto de carbón de 1.65 m de espesor después del muestreo de canal. El Plano de Estratificación de la capa de Carbón es N28E/24SE	167
Anexo 48. Manto de Carbón de 1.20 m de espesor antes del muestreo de canal	168
Anexo 49. Muestra de carbón semibrillante con fractura planar	169
Anexo 50. Manto de carbón de 1.20 m de espesor después del muestreo de canal	169
Anexo 51. Manto de 1.20 metros de espesor antes de realizar el muestreo	170
Anexo 52. Manto destapado, donde se aprecian dos mantos que no presentan continuidad lateral, pertenece a un bloque de coluvión, el cual ha sido desplazado aproximadamente 250 metros del nivel donde se han encontrado los mantos de carbón más bajos	171
Anexo 53. Manto de carbón que cambia de espesor, el cual presenta hacia la parte superior 20 cm del litotipo clareno y 36 cm de lodolita carbonosa y en la parte inferior 64 cm de lodolita carbonosa	171
Anexo 54. Manto de 1.20 metros de espesor presenta un lente de Lodolita café en el techo y en la base limolitas grises, en la parte superior del manto se encuentra 70 cm del litotipo clareno seguido de 50 cm del litotipo Vitreno. El Dato estructural es: N50E/50NW	172
Anexo 55. Manto de 1.40 m de espesor durante el muestreo de canal	173
Anexo 56. Manto de carbón de 1.8 m de espesor durante el muestreo de canal	174

- Anexo 57. Manto de carbón de 1,8 m de espesor que presenta bandeamiento, hacia la base se observan unas lodolitas carbonosas de 0.23 m de espesor, seguido de una capa con litotipo dureno de 0,2 m de espesor, sobre esta capa hay una capa de lodolitas muy carbonosas de 0,5 m de espesor 175
- Anexo 58. Manto de carbón de 0.87 m de espesor el cual fue muestreado y se encuentra compuesto en la parte inferior por 0,37 m del litotipo clareno y en la parte superior por 0,50 m del litotipo Vitreno 175

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE CARBONES DE LA FORMACIÓN LOS CUERVOS EN LOS MUNICIPIOS DE TOLEDO Y HERRÁN, SECTOR SUR DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER*

AUTOR: LEYLA CATERINE BECERRA CARREÑO**

PALABRAS CLAVE: Calidad del Carbón, Formación Los Cuervos, Sinclinal de La Camacha, Análisis Físicoquímicos.

CONTENIDO:

La caracterización de carbones mediante análisis físicoquímicos permitió la identificación de la calidad, utilidad y principales usos, lo cual determinó el valor del yacimiento. Con el fin de determinar la calidad de los carbones de la Formación Los cuervos en el Sinclinal de La Camacha, se interpretaron los análisis próximos completos e índices de hinchamiento de 28 muestras de carbón. Los resultados indican que los carbones muestreados en El Cedral, Samaria y Siberia son de buena calidad, debido a sus bajos contenidos de cenizas con promedios de 3,89%, 4,32% y 4,48% y bajo contenido de azufre con promedios de 0,85%. 0,66% y 0,68%, respectivamente. El 68% de los carbones se clasifica como Bituminosos Altos en Volátiles A, el 21% se clasifica como Bituminosos Altos en Volátiles B y el 11% se clasifica como Bituminosos Alto en Volátiles C.

Los carbones de la base de la secuencia de la Formación Los Cuervos tienen características para producir coque en mezclas debido a sus propiedades aglomerantes.

Por otra parte, se recomienda practicar dilatometría, plastometría, reflectancia media de la Vitrinita y análisis de macerales a las muestras que tomen de los túneles exploratorios en una segunda fase exploratoria.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Mario García González.

Codirector: Noel Alirio Téllez Irreño

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF COALS OF THE CUERVOS FORMATION IN THE MUNICIPALITIES OF TOLEDO AND HERRÁN, SOUTHERN SECTOR OF NORTHERN SANTANDER DEPARTMENT*

AUTHOR: LEYLA CATERINE BECERRA CARREÑO**

KEY WORDS: Coal Quality, The Cuervos Formation, Syncline La Camacha, Physicochemical Analysis.

CONTENT:

The characterization of coals using physicochemical analysis allowed the identification of the quality, utility and main uses, which determined the value of the deposit. In order to determine the quality of the coals of the Los Cuervos Formation in the syncline La Camacha, were interpreted as complete proximate analysis and free swelling index of 28 coal samples. The results indicate that the coals sampled in The Cedral, Samaria and Siberia are of good quality, due to its low ash content, averaging 3.89%, 4.32% and 4.48% and low sulfur content, averaging of 0.85%, 0.66% and 0.68% respectively. The 68% of coal is classified as high volatile Bituminous A, 21% were classified as high volatile Bituminous B and 11% were classified as high in Volatile Bituminous C.

The coals of the base sequence of The Cuervos Formation have features to make coke in mixtures due to its agglomerating properties.

Moreover, it is recommended to practice dilatometry, plastometry, vitrinite half reflectance and analysis of macerals to samples taken from exploratory tunnels into a second exploratory phase.

* Graduate Work

** Faculty of Engineering Physicochemical. School of Geology. Director: Mario García González.

Co-Director: Noel Alirio Téllez Irreño

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el Informe del Contrato de Concesión N^o GI7-131 localizado al Sureste del Departamento de Norte de Santander, próximo a la frontera con Venezuela. La concesión está localizada en su mayor parte, dentro del Municipio de Toledo y su área más septentrional dentro del Municipio de Herrán, ocupando parte de las planchas 111-I-B, 111-II-C y 111-II-D, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. El informe sintetiza parte de la información geológica secundaria obtenida de diferentes fuentes y principalmente la información primaria levantada durante los trabajos de campo. La información primaria permitió la identificación de varias cintas y mantos de carbón dentro de la Formación Terciaria Los Cuervos y el muestreo de la mayoría de éstos, dando como resultado la caracterización de carbones.

1. PROBLEMA

La principal dificultad que se presenta en el desarrollo del Proyecto Carbonífero de Norte de Santander es determinar:

¿Cuál es la calidad, utilidad y usos de los carbones presentes en la Formación Los Cuervos del contrato de concesión GI7-131?

Lo cual lleva a la necesidad de que este problema se resuelva de manera rápida con el fin de valorar el yacimiento y así poder contribuir con el potencial económico de la zona.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterización de Carbones mediante análisis fisicoquímicos de los carbones que explora INGEANDINA S.A en la concesión GI7-131 del departamento de Norte de Santander.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

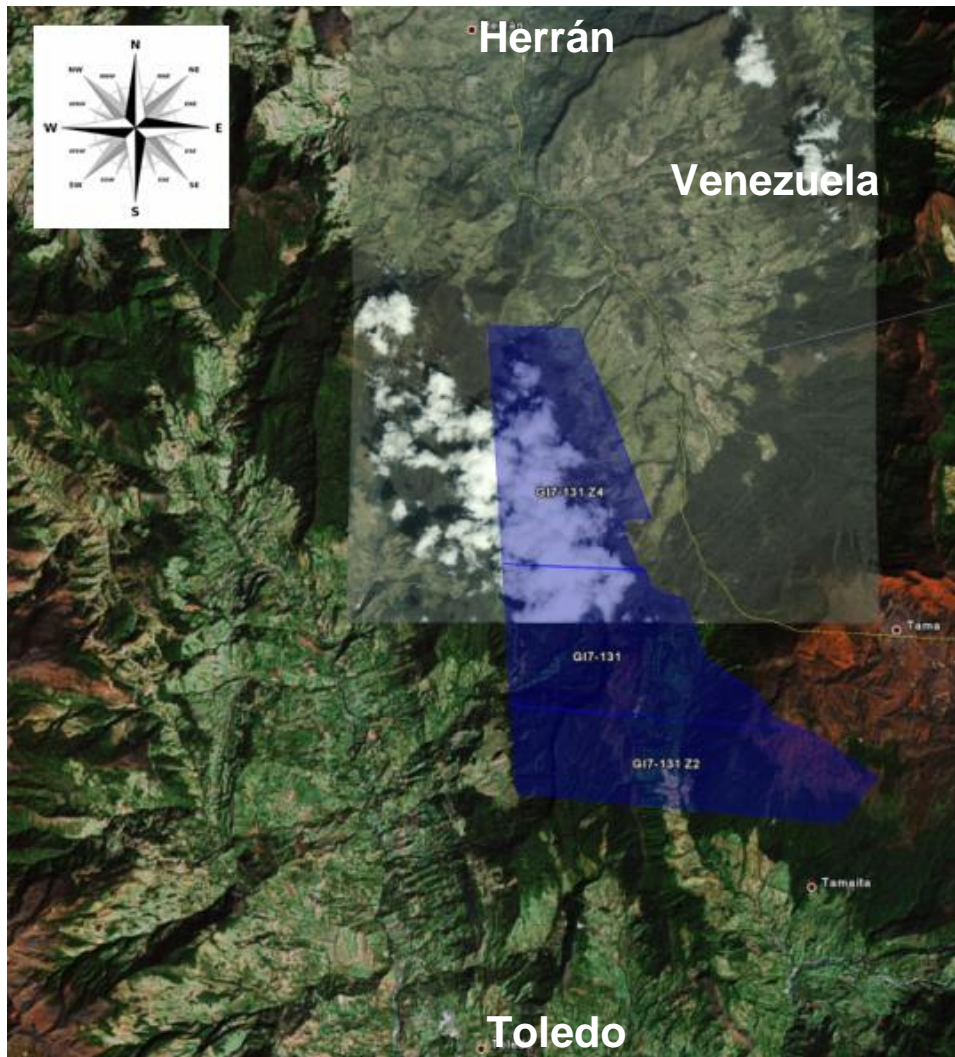
- Revisar la información geológica existente en la zona de estudio.
- Verificar y complementar la información geológica disponible con la información adquirida durante el control de campo.
- Realizar una síntesis geológica regional y local del área.
- Describir macroscópicamente los carbones para identificar los litotipos presentes en los mantos muestreados.
- Elaborar un mapa geológico local con la distribución de los mantos de carbón muestreados a escala 1:25.000.
- Interpretar los resultados de los análisis próximos completos e índices de Hinchamiento de los carbones.
- Clasificar los carbones por rango según las Normas ASTM, con el fin de determinar la calidad de los carbones existentes en la Formación Los Cuervos, en la Estructura del Sinclinal de La Camacha.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

EL área de estudio se encuentra localizada geográficamente sobre la vertiente Oriental de la Cordillera Oriental Colombiana, en el sector en donde la cordillera cambia de dirección Noreste a Noroeste, al Sureste del departamento de Norte de Santander cerca de la frontera con Venezuela, ocupando territorios de los Municipios de Toledo principalmente y de Herrán en una proporción menor como se observa en la figura 1. El área se encuentra delimitada por el contrato de concesión GI7-131 que comprende un área de 4.164 ha, en el Proyecto Norte de Santander, referenciado en las planchas IGAC: **111-I-B, 111-III-C, 111-II-D.**

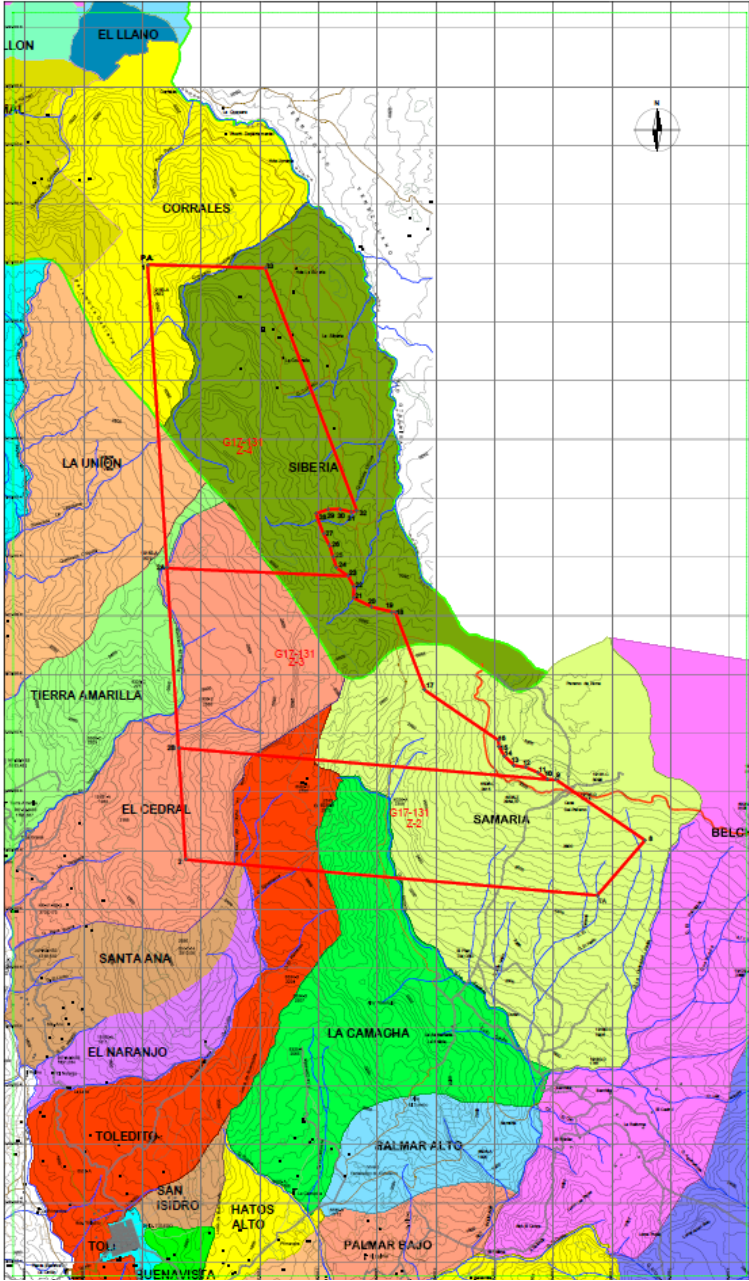
Figura 1. Localización geográfica del área de trabajo



Fuente: Autor.

Dentro de la división político-administrativa del municipio de Toledo, la mayor parte del área está dentro de la vereda Samaria pero ocupa igualmente sectores pequeños de las veredas La Camacha, Toledito, El Cedral, Tierra Amarilla y La Unión. Dentro del municipio de Herrán la concesión ocupa áreas principalmente de la vereda Siberia y un pequeño sector en la vereda Corrales en las cabeceras de la Quebrada Aguablanca como muestra la figura 2.

Figura 2. Ubicación local del área del proyecto



Fuente: INGEANDINA S.A.

3.2 VÍAS DE ACCESO

En el Municipio de Herrán existe un carreteable, que sale de la cabecera municipal y llega hasta la parte Norte del polígono como muestra la Figura 3.

Por el Norte existe una vía veredal que sale de la cabecera municipal de Herrán y conduce hacia la escuela La Siberia situada a unos 10 km. Esta vía se encuentra en mal estado de conservación y está interrumpida actualmente por la caída de un puente muy cerca de Herrán. De la escuela La Siberia prosigue un ramal que asciende hasta cerca del área de la concesión hacia las cabeceras de la Quebrada Orocué.

Por el Sureste la vía más próxima es la que lleva a la escuela de Berchite que está a unos 5 Km al Sur del polígono de concesión. Esta vía sale de Toledo en dirección a la vereda La Camacha, cruza el Río Bochagá y luego tiene un ascenso con pendientes muy fuertes en el denominado Alto del Cobre, para luego descender hacia la escuela Berchite. En la actualidad esta vía angosta, sin pavimentar y en mal estado de conservación se encuentra interrumpida por varios movimientos de remoción en masa que la han obstruido y tiene una extensión aproximada de 15 Km.

Por el Occidente la vía más próxima es la carretera que de Toledo conduce hasta Chinácota. Saliendo de Toledo y a una distancia de unos 12 Km se encuentra el cruce sobre la Quebrada El Trapiche que es quizá el sitio más próximo a la zona de concesión, la cual se encuentra a unos 3 Km hacia el Oriente. Cerca de la quebrada mencionada hay dos caminos de herradura que llevan hasta la concesión.

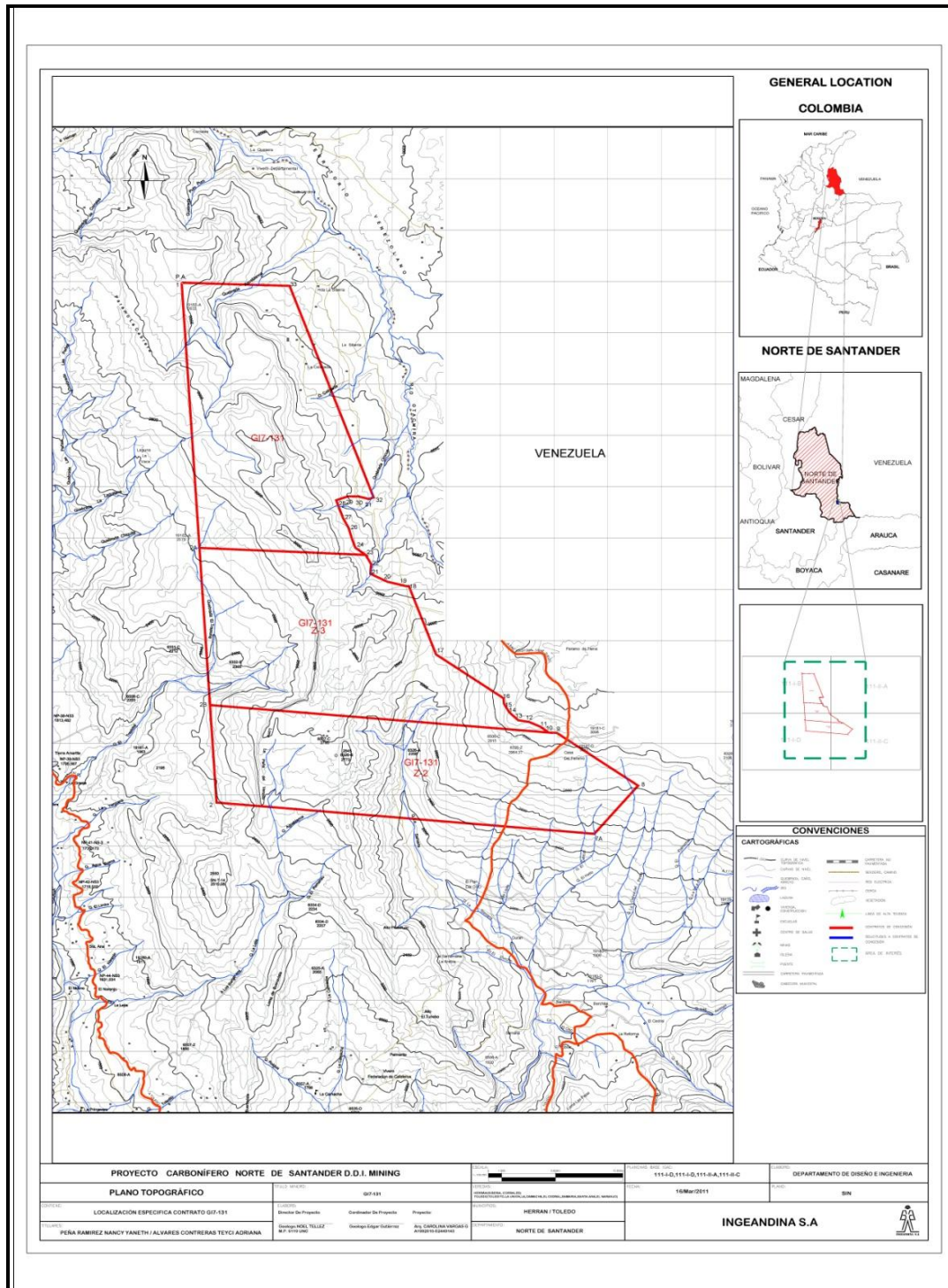
Figura 3. Mapa de Vías de Acceso del contrato de concesión GI7-131



Fuente: INGEANDINA S.A.

La figura 4. Muestra que la concesión se ha dividido en tres Zonas (G17-131 Z-2, G17-131 Z-3 y G17-131 Z-4), en las cuales se desarrolló el trabajo de prospección.

Figura 4. Mapa de Divisiones del área de concesión G17-131



Fuente: INGEANDINA S.A.

Las coordenadas de estas tres zonas se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Coordenadas del polígono GI7-131 Z-2

Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,34	845.083,50
2B	1.308.746,96	845.610,49
2	1.306.848	845.732
7A	1.306.238,74	852.750,52
8	1.307.177	853.564
9	1.308.206	852.052
10	1.308.212	851.904
Área	1.388 ha, 1.209 m²	

Fuente: Autor.

Tabla 2. Coordenadas del polígono GI7-131 Z-3

Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,74	845.083,50
2A	1.311.809,05	845.414,55
2B	1.308.746,96	845.610,49
10	1.308.212	851.904
11	1.308.326	851.747
12	1.308.417	851.541
13	1.308.452	851.336
14	1.308.604	851.173
15	1.308.773	851.072
16	1.308.880	851.064
17	1.309.733	849.810
18	1.311.065	849.305
19	1.311.065	849.255
20	1.311.148	848.910
21	1.311.303	848.592
22	1.311.496	848.603
23	1.311.673	848.501
Área	1.388 ha, 1.343 m²	

Fuente: Autor.

Tabla 3. Coordenadas del polígono GI7-131 Z- 4

Punto	Norte	Este
P.A	1.316.975,34	845.083,50
1	1.316.975	845.084
2A	1.311.809,05	845.414,55
23	1.311.673	848.501
24	1.311.813	848.310
25	1.312.003	848.243
26	1.312.200	848.185
27	1.312.390	848.082
28	1.312.737	847.955
29	1.312.798,83	848.162,88
30	1.312.794.17	848.372,69
31	1.312.744.98	848.559,44
32	1.312.782,24	848.642,43
33	1.316.870,04	847.048.66
Área	1.388 ha, 1.051 m²	

Fuente: Autor.

3.3 HIDROGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

El sector más Nororiental y Norte de la concesión pertenece a la Cuenca del Río Táchira cuyo nacimiento está dentro de la concesión. Quebradas como Orocué, Colorada, Aguablanca y otras sin denominación, drenan el área más septentrional y forman las propias cabeceras del Táchira, río que pertenece a la Cuenca de Maracaibo.

Hacia el Suroriente la concesión está drenada por el Río Bochagá cuyo afluente principal es la Quebrada La Samaria (figura 5) que nace dentro de la concesión y la parte en dos sectores importantes constituyéndose en la principal escorrentía de la concesión. El Río Bochagá, más al Sur recibe el nombre de Jordán, el cual desemboca en el Chitagá que da origen el Margua y éste finalmente, rinde sus aguas al Río Arauca.

Por el Occidente drenan el área de concesión varias quebradas como la Lagunera, Chiquita, El Trapiche, Yerguera y La Legía, todas afluentes del Río Culagá el cual desemboca en el Chitagá que finalmente a través del Margua va al Arauca.

En general todas las escorrentías que drenan el área son de caudales menores dentro del área de concesión. La concesión forma parte de la divisoria de aguas de la cuenca del Táchira y el Arauca y si se exceptúa la Quebrada La Samaria que

adquiere cierto caudal hacia el Sur de la concesión, las demás escorrentías son de orden 1, es decir son quebradas sin afluentes por encontrarse en sus propias cabeceras.

Las escorrentías forman una red hidrográfica paralela a subparalela, regida por la litología del área que alterna rocas sedimentarias competentes con incompetentes.

Fisiográficamente el área de la concesión se manifiesta en forma de lomas y colinas, disectadas por una red hidrográfica incipiente. La morfología, manifiesta por crestas y escarpes sobresalientes, por zonas de suaves colinas o por zonas de pendientes uniformes como la ladera izquierda de la Quebrada La Samaria, de origen denudacional-estructural, VILLOTA, (1.991), en donde las rocas sedimentarias han sido sometidas a procesos tectónicos que originan Fallas y plegamientos con posterior interacción de procesos erosivos que van a dar el modelado actual de las laderas. Dentro de los aspectos tectónicos se destaca el pliegue Sinclinal de La Camacha que se extiende desde el Suroeste hasta la parte más Norte de la concesión, en donde tiende a formar un cierre perisinclinal; la superficie monoclinual que cubre el Sureste de la concesión y las Fallas de tipo regional como son la Falla El Trapiche, la de Samaria y algunas Fallas transversales menores como la de Quebrada Aguablanca en el extremo Norte y es quizá la más importante por su incidencia directa en el yacimiento de carbón.

Figura 5. Quebrada Samaria, escorrentía principal del área de concesión



Fuente: Autor.

3.3.1 Clima. Los elementos atmosféricos como la temperatura, humedad, presión atmosférica, y los vientos con importante influencia de la altitud y las características orográficas del terreno, determinan las condiciones climáticas del área. Se destacan en este aparte el régimen pluviométrico y la temperatura del área.

3.3.1.1 Precipitaciones. Para el área del proyecto el régimen pluviométrico puede variar entre los 1.200 a 2.500 mm que es el régimen del Parque El Tamá y que corresponde igualmente a elevaciones entre 2.200 y 2.800 m.s.n.m. En la zona de Páramo, al Oriente del área es posible que la pluviosidad descienda hasta unos 1.000 mm.

Los meses de menor precipitación son de Enero a Abril y de Septiembre a Diciembre y los de mayor precipitación son de Mayo a Agosto.

3.3.1.2 Temperatura. La altitud sobre el nivel del mar de la zona, varía entre los 2.200 en el Valle de la Quebrada La Samaria y el sector más Suroccidental del área y los 3.000 m.s.n.m en el sector más Oriental de las laderas de la Quebrada La Samaria y sector más septentrional en las cabeceras de la Quebrada Orocué. En concordancia con estas altitudes en el área se presenta clima medio con temperatura de unos 18⁰C en la parte más Sur del área; clima frío en el sector medio, con temperaturas que varían entre 10⁰C y 17⁰C y clima muy frío o de páramo, en la parte más septentrional y Oriental del área, con temperatura inferiores a 10⁰C.

3.3.2 Vegetación. En el POT de Toledo existe un mapa de cobertura vegetal, que se realizó a escala 1:50.000, con base en fotografías aéreas de escala 1:25.000 y 1:40.000 y con información secundaria como cartografía básica y mapas de bosques. En dicho mapa se utilizó como guía la terminología de la Secretaria de Agricultura y Recursos Naturales (URPA) del Norte de Santander, la escala de trabajo, los objetivos del estudio y las características del municipio en cuanto al uso del suelo.

De dicho mapa se pueden sintetizar las siguientes unidades, para el área de interés:

3.3.2.1 Praderas.

- **Pastos con rastrojo (PR):** Comprende áreas con cobertura de pastos mezclados con rastrojo, que se pueden observar sobre la parte más baja de la vertiente occidental del área en la Cuenca de la Quebrada El Trapiche y en la parte baja de la Quebrada La Samaria.

3.3.2.2 Bosques

- **Vegetación De Páramo (VP):** Sitios ubicados por encima de los 3.000 m.s.n.m. En ellos predomina la vegetación de gramíneas, frailejones, arbustos, musgos y líquenes. Solo se presenta en el sector más Oriental en la ladera izquierda de la Quebrada La Samaria y en la parte más septentrional en el sector de Siberia.

Figura 6. Vegetación de Páramo en el sector oriental de la Concesión

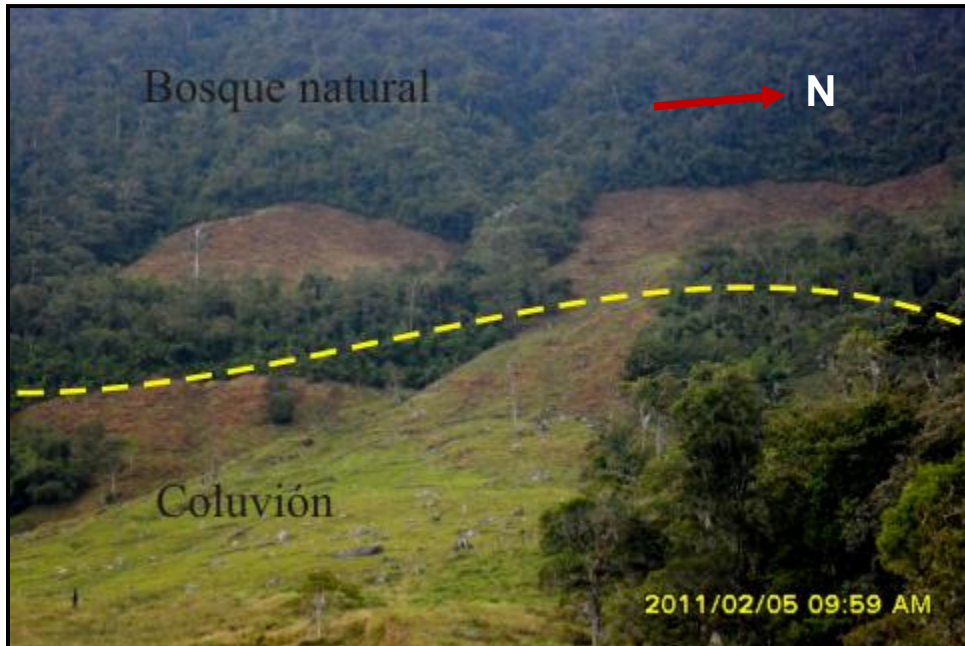


Fuente: Autor.

- **Bosque Natural Primario (BNP):** Está unidad representa las áreas boscosas donde no se ha realizado aprovechamiento alguno y la intervención del hombre es mínima. Se puede encontrar en las cabeceras de la Quebrada El Trapiche, al occidente del área; en la ladera derecha de la Quebrada La Samaria y en la parte baja de la ladera izquierda de la misma quebrada.

- **Bosque Natural Secundario (BNS):** Comprende zonas boscosas donde se ha realizado aprovechamiento selectivo de especies, y sobre los cuales se han establecido pastizales, alguna agricultura de subsistencia y algunas explotaciones de tipo pecuario.

Figura 7. Se observa el bosque natural, con sectores talados para potreros en la Cuenca de la Quebrada Samaria. Al frente un coluvión con grandes bloques de arenisas



Fuente: Autor.

- **Bosque Colonizado (BC):** Comprende bosque, pastos y cultivos de pancoger.

4. GEOMORFOLOGÍA

Las principales geoformas observadas en las cuatro zonas se deben a procesos mixtos: en primer lugar obran los procesos morfogenéticos (movimientos tectónicos) que dan origen a plegamiento, Fallamiento y levantamiento y sobre estas geoformas originales se desarrollan luego los procesos de meteorización originando geoformas denudativas, generalmente degradacionales. Finalmente, pueden aparecer geoformas de origen agradacional como son los coluviones principalmente en el área de estudio. En síntesis se indica que en el área aparecen geoformas de origen morfoestructural-denudativas y agradacionales.

Para las diferentes unidades cartografiadas, se consideró la morfogénesis, la morfografía, la morfometría, la morfoestructura o litología de la unidad y la morfodinámica.

La Morfogénesis resalta los procesos endógenos o exógenos activos que originan las geoformas y por tanto se habla de geoformas de origen estructural (proceso endógeno) o de origen denudacional (proceso exógeno) y naturalmente de geoformas en donde los dos procesos se combinan.

La Morfografía trata los aspectos relacionados con la geometría de las geoformas descritas con adjetivos representativos. Se habla entonces de superficies estructurales, escarpes, etc.

La Morfometría, trata aspectos cuantitativos de las geoformas relacionados con la inclinación, forma, longitud, etc.

La morfoestructura, hace relación a la composición o litología de las geoformas, aspecto muy importante pues de ella dependen muchas de las características de la estabilidad de las geoformas.

La morfodinámica hace relación a los procesos erosivos, que para el caso del área de estudio, están relacionados con erosión por aguas lluvias y encausadas.

4.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA EL CEDRAL

Se han distinguido tres geoformas de origen estructural- denudacional que coinciden, las dos primeras con los afloramientos de las formaciones Los Cuervos y Mirador y la tercera con una forma Sinclinal que se conserva. Igualmente se han distinguido geoformas denudacionales–agradacionales representadas por depósitos coluviales importantes.

4.1.1 Ladera Irregular. La geoforma corresponde a los afloramientos de la Formación Los Cuervos, sobre el Flanco Occidental del Sinclinal de La Camacha.

- **Morfogénesis:** Es una geoforma de origen estructural-denudacional, y se localiza sobre el Flanco Occidental del Sinclinal de La Camacha el cual ha sufrido procesos denudacionales principalmente relacionados con erosión por aguas de escorrentía, lluvias y encausadas.
- **Morfografía:** Es una ladera irregular con sectores de forma cóncava en donde predominan la arcillolitas y limolitas y de formas convexas en los sectores con predominio de areniscas. De esta forma, la ladera se observa con sucesiones de pendientes muy fuertes y pendientes moderadas, dándole su forma irregular.
- **Morfometría:** El relieve es **moderado** con alturas cercanas a los 250 m o un poco más. La inclinación de la ladera es **abrupta a muy abrupta** (16 a 30°). La forma de la ladera es alternada entre cóncava y convexa o escalonada. La longitud de la ladera es moderadamente larga (entre 250 y 500 m). La densidad de drenaje es moderada y su forma paralela.
- **Morfoestructura:** La geoforma está constituida por la Formación Los Cuervos en donde hay un cierto predominio de rocas arcillosas y limosas, pero se presentan importantes intercalaciones de areniscas alternantes con las arcillolitas pero en partes formando bancos de alguna importancia.
- **Morfodinámica:** Los principales procesos erosivos se manifiestan por erosión extensiva determinada por movimientos de reptación de ladera, solifluxión y carcavamiento y por erosión intensiva manifiesta por movimientos de remoción en masa algunos de importancia espacial.

4.1.2 Escarpes. La geoforma corresponde a los afloramientos de la Formación Mirador, en el Flanco Occidental del Sinclinal de La Camacha.

- **Morfogénesis:** La geoforma es de origen estructural-denudacional, y se localiza sobre el Flanco Occidental del Sinclinal de La Camacha y sobre el cual, después de su levantamiento, han sucedido procesos denudacionales importantes por acción de las aguas lluvias y encausadas.

Figura 8. Muestra la ladera irregular que corresponde a la Formación Los Cuervos y el Escarpe de la Formación Mirador denominado Loma La peña del Venado en la Zona El Cedral



Fuente: Autor.

- **Morfografía:** La geoforma corresponde a una ladera recta dando un escarpe muy sobresaliente que corresponde a afloramientos de cuarzoarenitas, las cuales ofrecen resistencia a la erosión.
- **Morfometría:** La ladera es de relieve **moderado** con alturas superiores a los 250 m. La inclinación **es muy escarpada** ($>$ de 45°). La forma de la ladera es recta y su longitud es moderadamente larga (entre 250 y 500 m). El drenaje es muy poco denso, paralelo y conformado principalmente por cañadas de cauce intermitente.
- **Morfoestructura:** La geoforma está constituida por areniscas de grano medio con algunas intercalaciones de rocas competentes y presencia de arcillolitas en niveles delgados intercaladas dentro de los bancos arenosos, que hacia el techo pueden formar un nivel de algún espesor.
- **Morfodinámica:** En la geoforma predominan los procesos erosivos por acción de aguas lluvias y encausadas los cuales se manifiestan por caídas de bloques

principalmente, los cuales forman depósitos de pie de ladera extensos y rellenan los valles de las quebradas en las geoformas que se desarrollan debajo de los escarpes.

4.1.3 Sinclinal.

- **Morfogénesis:** Es una geoforma de origen estructural, formada por procesos tectónicos de plegamiento. Se desarrolla sobre la parte alta del sistema montañoso que separa la cuenca del río Culagá de la cuenca de la Samaria – Río Bochagá.
- **Morfografía:** La geoforma es una artesa sinclinal con topografía algo irregular hacia el norte del núcleo de la estructura por estar formada principalmente por areniscas competentes. Hacia el sur es más uniforme en donde aparecen arcillolitas de la formación Carbonera.
- **Morfometría:** La geoforma es de relieve **bajo** con alturas inferiores a los 250 m. La inclinación **inclinada** (de 6 a 10°). La forma de la ladera es irregular hacia el norte y cóncava hacia el sur y su longitud es moderadamente corta (entre 50 y 250 m). El drenaje es muy poco denso, algo rectangular.
- **Morfoestructura:** La artesa Sinclinal está formado hacia el Norte por Areniscas de la Formación Mirador y hacia el Sur (en la zona de interés) por areniscas de la misma Formación y por arcillolitas de la Formación Carbonera.

Figura 9. Artesa del Sinclinal de La Camacha



Fuente: Autor.

- Morfodinámica. Se observan principalmente fenómenos de reptación de ladera y carcavamiento hacia el Sur. Al norte hay caída de bloques.

4.1.4 Depósitos coluviales.

- Morfogénesis: Son geoformas de origen denudacional–agradacional. Se forman por procesos erosivos que degradan las laderas (denudación) y producen movimientos de remoción de material que se acumula pendiente abajo formando los depósitos generalmente de bloques, (agradación).
- Morfografía: Son depósitos coluviales que se forman principalmente al pie de laderas escarpadas o en sitios de intensa denudación.
- Morfometría: Los depósitos dan laderas convexas o ligeramente onduladas; de relieve bajo a moderados (intervalos de altura de 50 a 250 m); con inclinaciones muy inclinadas a abruptas (11 a 20°); longitudes cortas, (hasta 250 m); drenaje es poco denso y de forma subparalela.
- Morfoestructura: La geoforma está formada por grandes bloques de arenisca envueltos en una matriz limoarenosa y en partes arcillosa.
- Morfodinámica: Sobre la superficie de la geoforma se desarrollan principalmente procesos erosivos de reptación de ladera, formación de cárcavas en forma de media luna y procesos moderados de remoción en masa.

Figura 10. Coluvión de grandes bloques de areniscas en la Zona El Cedral



Fuente: Autor.

4.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA SAMARIA

Se ha denominado Zona de Samaria a la ladera del Flanco Oriental del Sinclinal de La Camacha la cual se desarrolla sobre el margen derecho de la quebrada homónima. Se han distinguido, al igual que en el Flanco Occidental (Zona El Cedral), cuatro geoformas: tres de origen estructural–denudacional: Laderas irregulares, escarpes, Sinclinales y una de origen denudacional–agradacional (acumulativa).

4.2.1 Ladera Irregular.

- **Morfogénesis:** La geoforma es de origen estructural-denudacional. Se ubica en el Flanco Oriental del Sinclinal de La Camacha sobre el cual se han desarrollado procesos denudacionales, por aguas de escorrentía, lluvias y encausadas.
- **Morfografía:** La ladera presenta sectores de forma cóncava en donde predominan la arcillolitas y limolitas principalmente hacia la parte superior y formas convexas en los sectores con predominio de rocas competentes (areniscas) importantes hacia la parte baja. La ladera se observa con de pendientes muy fuertes en la parte baja y luego presenta un escalón muy marcado arriba del cual la pendiente es muy moderada.
- **Morfometría:** La ladera es de relieve **moderado** con alturas cercanas a los 250 m o un poco más. La inclinación de la ladera es **abrupta a muy abrupta** (16 a 30°). La forma de la ladera es alternada entre cóncava y convexa o escalonada. La longitud de la ladera es moderadamente larga entre 250 y 500 m. El drenaje es de densidad moderada y paralelo.
- **Morfoestructura:** Es la Formación Los Cuervos la que aflora en el área y da origen a la geoforma. La Formación Los Cuervos está constituida por una sucesión de rocas arcillosas y limosas, con intercalaciones importantes de areniscas que se alternan con las arcillolitas y que en ocasiones forman bancos de algún grosor.

Figura 11. Laderas Irregulares de la Zona Samaria



Fuente: Autor.

- Morfodinámica. Se observan procesos de erosión extensiva como reptación de ladera, procesos de solifluxión y de erosión intensiva como movimientos de remoción en masa principalmente en las laderas de las quebradas que drena la geoforma.

Figura 12. Movimientos de remoción en masa en el margen derecho de un Afluente de la Quebrada Samaria



Fuente: Autor.

4.2.2 Escarpes. Corresponden a los afloramientos de la Formación Mirador en el Flanco Oriental del Sinclinal de la Camacha, que miran hacia la Cuenca de la Quebrada La Samaria.

- **Morfogénesis:** Su origen es estructural-denudacional, y se ubica sobre el Flanco Oriental del Sinclinal de La Camacha. Después del levantamiento de esta estructura, se han producido sobre ella procesos denudacionales importantes por acción de las aguas lluvias y encausadas.
- **Morfografía:** La unidad está formada por una ladera recta dando un escarpe (pendiente muy fuerte a vertical con rocas buzando en sentido contrario a la pendiente) muy sobresaliente que corresponde a afloramientos de areniscas, las cuales ofrecen resistencia a la erosión.
- **Morfometría:** La geoforma es de relieve **moderado** con alturas superiores a los 250 m con inclinación **muy escarpada** ($> 45^{\circ}$), ladera de forma recta y de longitud moderadamente larga (entre 250 y 500 m). El drenaje es muy poco denso, paralelo y consistente principalmente por cañadas de cauce intermitente.
- **Morfoestructura:** La geoforma corresponde a los afloramientos de la Formación Mirador constituida por areniscas de grano medio con algunos bancos de rocas competentes, con intercalaciones de arcillolitas en niveles delgados, que hacia el techo pueden formar un nivel de algún espesor.

Figura 13. Escarpe de la Formación Mirador en la Zona Samaria



Fuente: Autor.

- Morfodinámica. Los procesos erosivos son originados por acción de aguas lluvias y encausadas y se manifiestan principalmente por caídas de bloques los cuales forman depósitos de pie de ladera extensos y rellenan los valles de las quebradas en las geoformas que se desarrollan por debajo de los escarpes.

4.2.3 Sinclinal.

- Morfogénesis: La geoforma es de origen estructural, formada por procesos tectónicos de plegamiento. Se presenta en la parte alta del sistema montañoso que separa la cuenca de la Quebrada Samaria–Río Bochagá de la cuenca del Culagá.
- Morfografía: Corresponde a la artesa sinclinal la cual tiene una topografía algo irregular hacia la parte septentrional formada allí por rocas competentes de la Formación Mirador y más uniforme hacia el sur, donde afloran arcillolitas de la Formación Carbonera.
- Morfometría: La artesa sinclinal es de relieve **bajo** con alturas inferiores a los 250 m es **inclinada** (de 6 a 10°); con laderas irregulares hacia el norte y cóncavas hacia el sur y su longitud es moderadamente corta (entre 50 y 250 m). El drenaje es muy poco denso y rectangular.
- Morfoestructura: El sinclinal está formado hacia el Norte por areniscas de la Formación Mirador y hacia el sur (en la zona de interés) por areniscas de la misma Formación y por arcillolitas de la Formación Carbonera.

Figura 14. Sinclinal de La Camacha en la Zona Samaria



Fuente: Autor.

- Morfodinámica: Se observan principalmente fenómenos de reptación de ladera y carcavamiento hacia el Sur. Al Norte hay caída de bloques.

4.2.4 Depósitos coluviales.

- Morfogénesis. El origen de la geoforma es denudacional–agradacional. Se forman por procesos erosivos que degradan las laderas (denudación) y producen movimientos de remoción de material que se acumula pendiente abajo formando los depósitos generalmente de bloques, (agradación).
- Morfografía. Los depósitos coluviales del área se forman principalmente al pie de laderas escarpadas o en sitios de intensa denudación.
- Morfometría. La geoforma es de laderas convexas o ligeramente onduladas; de relieve bajo a moderado (intervalos de altura de 50 a 250 m); con inclinaciones muy inclinadas a abruptas (11 a 20°); longitudes cortas, (hasta 250 m); drenaje es poco denso y de forma subparalela.
- Morfoestructura. La geoforma está constituida por grandes bloques de arenisca dentro de una matriz limo-arenosa y en partes arcillosa.
- Morfodinámica. Sobre la superficie de la geoforma se desarrollan principalmente procesos erosivos de reptación de ladera, formación de cárcavas en forma de media luna y procesos moderados de remoción en masa.

Figura 15. Coluvi6n de grandes bloques de areniscas en la Zona de Samaria



Fuente: Autor.

4.3 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DEL PÁRAMO

Se ha denominado así la ladera izquierda de la Quebrada Samaria o sector más Oriental de la concesión, dentro de la cuenca de la quebrada mencionada, en razón de que ese sector colinda con el Páramo de Tamá.

4.3.1 Superficie Estructural.

- Morfogénesis: Es de origen estructural–denudacional y corresponde a una superficie estructural que buza hacia el suroeste y forma parte del Flanco Occidental de un anticlinal amplio, con cierta forma cómica, que se presenta hacia el sureste del área de concesión.
- Morfografía: En el área de concesión, la geoforma es una **superficie estructural**, en donde las capas buzan en el mismo sentido de la pendiente.
- Morfometría: La superficie estructural es de relieve **alto** con alturas superiores a los 500 m **muy inclinada a abrupta** (11 a 20⁰), es de forma convexa y de longitud **muy larga** (entre 1000 y 2500 m). El drenaje es de densidad moderada y paralelo.
- Morfoestructura: La geoforma está constituida por sedimentos de la Formación Los Cuervos con alternancia de niveles arcillosos y limosos con niveles de arenitas.
- Morfodinámica. Prevalecen los procesos erosivos extensivos de reptación de ladera y carcavamiento y erosión intensiva representados por movimientos de remoción en masa principalmente en las laderas de las quebradas.

Figura 16. Se observa claramente la superficie estructural. Al fondo hay un escarpe menor de areniscas de la Formación Los Cuervos en la Zona del Páramo El Tamá



Fuente: Autor.

Figura 17. Se observa la geofoma de laderas irregulares la cual está constituida por la Formación Los Cuervos



Fuente: Autor.

4.4 GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA SIBERIA

Bajo este nombre se ha designado el sector más septentrional de la concesión y recibe su nombre de una hacienda del área: Siberia. Estructuralmente la zona corresponde a la parte más Norte del Sinclinal de La Camacha el cual cierra sobre la Quebrada Aguablanca que prácticamente corresponde al límite Norte de la concesión.

Se pueden distinguir las mismas geoformas que se discutieron en el Sector de El Cedral y el de Samaria, ya que en esta zona se distinguen igualmente los dos Flancos del Sinclinal. Podría resaltarse que la geoforma de **escarpe**, se ve minimizada por los delgados afloramientos de la Formación Mirador al igual que la geoforma **Sinclinal**, mientras que la geoforma de **ladera irregular** ocupa la mayor parte del área como se observa en la figura 17 A. B. C. D. La geoforma de origen denudacional–agradacional de **depósitos coluviales** se presenta en el Flanco Oriental del Sinclinal.

Las características de las geoformas son similares a las descritas en las zonas de El Cedral y Samaria.

Figura 17 A. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia.



Fuente: Autor.

Figura 17 B. Se observa la geofoma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia.



Fuente: Autor.

Figura 17 C. Se observa la geofoma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia.



Fuente: Autor.

Figura 17 D. Se observa la geoforma de ladera irregular originada por la Formación Los Cuervos en la Zona Siberia.



Fuente: Autor.

5. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Geotectónicamente, el área está situada en el Cinturón Móvil de Afinidad Continental, muy cerca del límite Oriental de este Cinturón con el Cratón o Escudo Guayanés, límite marcado por la denominada Falla o sistemas de Fallas de Guaicáramo. Más localmente la zona se enmarca dentro del Bloque Chinácota que según la división tectonoestratigráfica establecida por ROYERO *et al.* (2001) en la Plancha 111 de Toledo, forma parte de la Supraprovincia de Mérida. El Bloque Chinácota está constituido por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico (estas últimas son las de interés), y el estilo tectónico es de plegamiento y Fallamiento destacándose la presencia de amplios sinclinales y anticlinales estrechos y Fallados. El Bloque Chinácota está limitado por el Bloque de Labateca por el Occidente mediante la Falla homónima.

La zona de estudio se encuentra en gran parte, en el extremo septentrional de la estructura del Sinclinal de La Camacha, limitada por las Fallas de Samaria o Loma Cordillera-Santa Isabel al Oriente y por la Falla El Trapiche, al Occidente.

En el área afloran únicamente rocas Cenozoicas constituidas por las Formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera de las cuales la segunda es la que contiene los mantos de carbón y aflora en los dos Flancos y hacia el cierre Norte del Sinclinal de La Camacha y en una franja monoclinal, al Oriente de la Falla Samaria. En el área se utiliza la nomenclatura de Maracaibo y en este trabajo las Formaciones se designan con la nueva nomenclatura de INGEOMINAS, (2.007).

5.1 ANTECEDENTES

En cuanto hace relación a la geología regional, el Mapa Geológico de la Plancha 111, de Toledo, a escala 1:1.00.000, publicado por INGEOMINAS (1.999) y su memoria explicativa, elaborada por Royero, J. *et al.* y publicada igualmente por INGEOMINAS (2.001), constituyen los documentos geológicos de mayor interés para el área de exploración del proyecto que se encuentra dentro del mapa mencionado. Este trabajo sintetiza en primer lugar, toda la información Geológica anterior a su publicación, dentro de la cual se destaca el Informe del Cuadrángulo H-13 de Ward *et al.* (1.973), que hace una descripción importante de las unidades estratigráficas y de los principales rasgos estructurales del sector de la Cordillera Oriental sobre el cual está el área de interés; el trabajo de Mejía, L. J. (1.980) en el cual se hace una relación de los aspectos geológicos y del potencial carbonífero de varias áreas de Norte de Santander, dentro de las cuales se incluye el sector de Toledo; el trabajo de Carrillo (1.972) relacionado con el censo minero en el cual se tratan principalmente las minas de Venagá, muy próximas al área de estudio y que son la continuidad hacia el sur de los mantos que afloran en el área estudiada y otro trabajo fotogeológico con control de campo, que aportan información sobre la estratigrafía y tectónica de áreas vecinas como es el de Téllez, N. (1.978). Los informes sobre las minas del área fueron adelantados por la Universidad Industrial

de Santander, Departamento de Geotécnica en la década del 70, para el Ministerio de Minas, mediante el convenio entre las dos instituciones. Otros aportes que han contribuido al estudio de esta zona son los realizados por Delgado, A y Zapata, E.F, (1.991), relacionados con la Geología de Superficie y evaluación de recursos de carbón de la subzona de Toledo. Por otra parte, la compañía C.I FRONTIER COAL LTDA, tiene concesiones de carbón en Toledo en un área de 1.950 Hectáreas y realizó exploración y perforación de mantos de carbón en los años 2.007 y 2.008.

5.2 ESTRATIGRAFÍA

De la más antigua a la más reciente, se describen las siguientes Formaciones Terciarias: Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera. Por fuera de estas unidades estratigráficas se definen, como cuaternario indiferenciado, varios depósitos principalmente de origen coluvial, que por su extensión pueden tener influencia, enmascarando los afloramientos de rocas Terciarias.

5.2.1 Formación Barco (E1b). La Formación fue definida por Notestein *et. al*, (1944) en el flanco Oriental del Anticlinal de Petrólea región del Catatumbo, Norte de Santander. Según este trabajo, la Formación tiene un espesor que varía entre 150 y 278 m. en superficie, pero en los pozos, oscila entre 76 a 198 m. Regionalmente, la Formación se adelgaza hacia el nororiente, y con base en estudios palinológicos, Van Der Hammen, le ha asignado una edad Paleoceno Inferior.

La Formación está constituida principalmente por areniscas de color gris a gris muy claras y amarillentas de grano medio, grueso y conglomeráticas en algunos bancos, con presencia muy moderada de mica y con buena selección. En algunos bancos se observa estratificación cruzada. Como aspecto que pueda resaltarse se indica que el cuarzo, en algunas capas muestra brillos o reflejos intensos que han permitido que algunos investigadores afirmen que son areniscas destellantes. La Formación constituye la base del Terciario y aflora en el borde Occidental del área en pequeñas franjas. Por su constitución arenosa la Formación tiende a dar cuevas que resaltan en la morfología.

5.2.2 Formación Los Cuervos (E1-E2lc). Definida por Notestein *et. al.*, (1.944) en la quebrada Los Cuervos, afluente del Río Catatumbo cerca de la Inspección de Policía de La Gabarra. La Formación Los Cuervos presenta, un espesor variable entre 245 a 490 m y Van Der Hammen (1.958) con base en estudios palinológicos le asigna una edad Paleoceno Superior a Eoceno Inferior.

Está formada principalmente por arcillolitas grises a gris oscuras, carbonosas, con importantes intercalaciones arenosas y limolíticas que forman bancos que resaltan en la morfología. Las areniscas y limolitas son en parte lenticulares, de colores grises a grises oscuros, con algo de mica, de grano fino generalmente, ferruginosas y en algunos bancos de la parte superior de la Formación, se observan abundantes fragmentos de carbón. Dentro de esta secuencia estratigráfica se presentan cintas y mantos de carbón, por lo cual esta Formación se constituye en el objetivo principal de la exploración que se está llevando a cabo. La Formación tiene un espesor de unos 340 m según la sección estratigráfica levantada por Royero (2.002), dentro del Cuadrángulo de Toledo. La Formación suprayace a las areniscas de la Formación Barco en contacto neto concordante y está suprayacida por la Formación Mirador en contacto que algunos consideran inconforme.

5.2.3 Formación Mirador (E2m). La sección tipo de la Formación es el Cerro Mirador, en el Distrito de Colón (Venezuela), en donde se describió inicialmente en 1918, en un informe inédito. Notestein *et. al.*, (1944), la redefine conservando la localidad tipo. Según Notestein, el espesor de la Formación oscila entre 160 a 400 m. en secciones medidas en superficie, pero en los pozos, varía entre 251 a 448 m.

La forman cuarzoarenitas de tonos grises claros a gris amarillento y en ocasiones capas de color blanco de grano medio a grueso que pasa a bancos conglomeráticos, con algunas intercalaciones menores de lodolitas gris oscuras, hacia la parte baja de la Formación. Hacia la parte media alta se presenta un nivel de lodolitas grises oscuras, carbonosas, ferruginosas, con intercalaciones delgadas de cuarzoarenitas de grano fino. La parte superior está formada por cuarzoarenitas de color blanco de grano medio a grueso a ligeramente conglomeráticas, feldespáticas, ferruginosas y friables. La formación tiene un espesor de unos 260 m y reposa sobre la Formación Los Cuervos en forma concordante y está suprayacida por la Formación Carbonera igualmente con un contacto concordante. Se le asigna una edad Eoceno inferior a medio Van Der Hammen, (1.958). En el área de interés la Formación da origen a escarpes y cuevas prominentes en ambos Flancos del Sinclinal de La Camacha.

Figura 18. Se observa el escarpe de la Formación Mirador y debajo y al frente una zona de topografía moderada que corresponde a los afloramientos de la Formación Los Cuervos en la Zona Samaria.



Fuente: Autor.

5.2.4 Formación Carbonera (E2-E3c). Definida por Notestein *et. al.*, (1944) en la Quebrada Carbonera, tributaria del Río Zulia, en el flanco Oriental del Anticlinal de Petrolea. La sección tipo se encuentra al Noroeste de Puerto Villamizar, en el Río Zulia. Con base en estudios palinológicos, Van Der Hammen (1958) le asigna una edad de Eoceno Superior a Oligoceno Superior.

La constituyen principalmente arcillolitas grises oscuras a gris verdosas y gris rojizas, con intercalaciones de areniscas arcillosas que forman algunos paquetes importantes. En las arcillolitas se suelen encontrar nódulos ferruginos aplanados, paralelos a la estratificación y en las areniscas, intraclastos de lodolitas, óxidos de hierro y restos carbonosos. Dentro de esta formación se encuentran algunas capas de carbón en el sector de Cúcuta Zulia, pero en el área de Toledo solo se han observado capas de unos 50 cm de espesor hacia la base de la Formación. Notestein *et al*, 1.944 le asignan una edad Eoceno superior. Esta Formación aflora en el núcleo del Sinclinal de La Camacha hacia el borde Suroccidental del área de concesión, en una franja pequeña.

5.2.5 Depósitos Cuaternarios (Qc). Están representados principalmente por depósitos coluviales de grandes bloques de arenisca como muestra la figura 19. localizados en los Flancos del Sinclinal de La Camacha. En el Flanco Occidental son importantes hacia el Sur y Norte de la Quebrada el Trapiche y en el Oriental en ambas márgenes de la Quebrada Samaria, enmascarando los afloramientos de la Formación Los Cuervos, dificultando los trabajos de exploración de carbones. Hacia la parte Norte del área aparentemente se presentan depósitos morrénicos no cartografiados por su no continuidad.

Figura 19. Depósito Coluvial en la zona Samaria



Fuente: Autor.

5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los accidentes tectónicos más relevantes de la concesión son: Sinclinal de La Camacha, la zona Monoclinal del Paramo Tamá, la Falla El Trapiche y la Falla de La Samaria.

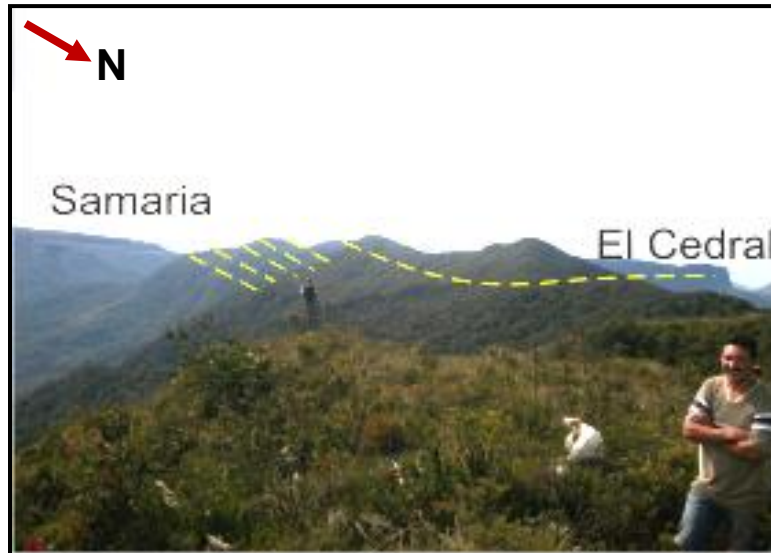
5.3.1 Estructuras.

5.3.1.1 Sinclinal de La Camacha. Es una estructura de unos 23 Km de longitud con dirección Norte-Sur y un eje que describe una curva hacia el Oriente en la parte Norte, justamente sobre el área de interés para este trabajo. Tiene un amplio máximo de unos 5 Km en el sector del Río Jordán al Sur de Toledo y se encuentra limitado y cortado por varias Fallas. Hacia el Occidente el límite es la Falla El Trapiche y hacia el Oriente, la Falla Samaria. Hay además un cortejo de Fallas de dirección Noreste–Suroeste que cortan la estructura entre las cuales se destacan, de Sur a Norte, la de la Quebrada La Legía, la de un afluente de la Quebrada El Trapiche y en la parte más septentrional la del la Quebrada Aguablanca.

El Sinclinal es asimétrico con su Flanco Oriental más inclinado ($>$ de 30°) y ligeramente levantado con relación al Flanco Occidental (12 a 15°) en el sector de la concesión como muestra la figura 20. Hacia el Norte el Sinclinal cierra

estrechamente deformado por la conjunción de las Fallas de la Quebrada Aguablanca (transversal) y las Fallas regionales de Samaria y El Trapiche. Gran parte del área de la concesión se encuentra dentro de esta estructura.

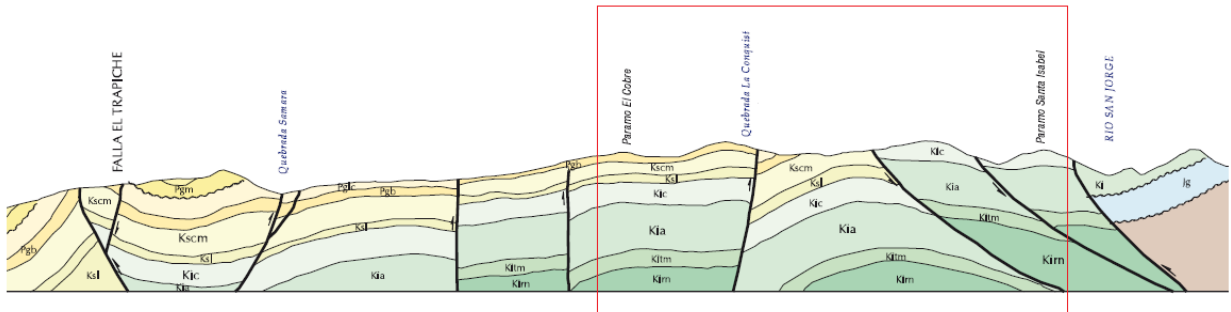
Figura 20. Páramo de Cabrera. Se muestra el Sinclinal de La Camacha de Norte a Sur. Se observa la asimetría de la estructura con el Flanco de Samaria más inclinado.



Fuente: Autor.

5.3.1.2 Monoclinal del Páramo El Tamá. Está representado por una superficie estructural que se inclina hacia el Suroeste con ángulos de 20 a 40°, constituido por rocas de la Formación Los Cuervos y localizada sobre la margen izquierdo de la Quebrada Samaria. La superficie estructural parece ser la continuación del Flanco Occidental de una amplia estructura anticlinal que se desarrolla entre los páramos del Cobre y Santa Isabel al Este de la concesión como se observa en la figura 21. Los controles geológicos efectuados al Noreste de la concesión, indican que los carbones de la Formación Los Cuervos, entran a ésta por el subsuelo, ya que los afloramientos de la superficie estructural deben corresponder a la parte media alta y alta de la Formación, estando por debajo la parte baja y media baja que contiene los mantos de carbón.

Figura 21. Perfil Geológico A-A'-A”



Fuente: Mapa Geológico de Toledo, plancha 111, 2.001.

5.3.2 Fallas. La concesión está limitada al Oeste por la Falla regional, El Trapiche; cortada en la parte Norte y media Oriental por otra Falla regional, La Samaria y afectada por algunas Fallas transversales menores.

5.3.2.1 Falla El Trapiche. Es una Falla inversa de dirección general Norte-Sur que se extiende desde la Quebrada La Legía (3 Km al Sur del lado meridional de la concesión) hasta su unión con la Falla Samaria unos 12 Km al Norte de la Legía. La Falla pone en contacto los sedimentos terciarios de las Formaciones Los Cuervos, al Este, con rocas de la Formación Barco y en sectores con rocas del Cretácico Superior (Formación Colón- Mito Juan).

La Falla el Trapiche tiene importancia negativa en la concesión ya que al sur y al norte corta las rocas de la Formación Los Cuervos, afectando los mantos de carbón.

5.3.2.2 Falla Samaria. Se le denomina también como Loma Cordillera Santa Isabel. Es una Falla inversa que hunde su lado Oriental y limita por el Este con el Sinclinal de La Camacha el cual queda basculado hacia el Occidente.

La Falla tiene una dirección muy general Sureste-Noroeste pero presenta una forma ondulada describiendo amplias curvas. Hacia el Sur esta desplazada por varias Fallas de dirección Suroeste-Noreste y se prolonga hasta encontrar la Falla de Quebrada Grande unos 8 Km al Norte del curso del Río Margua. Según Royero, *et. al.* (2.001), la falla tiene una extensión de unos 34 Km con inclinación fuerte hacia el Suroccidente y tiene además un movimiento lateral derecho

En el área de la concesión la Falla dirige el curso de la quebrada Samaria en el sector meridional y hacia el Norte corta el Sinclinal de la Camacha al Sur de la

Quebrada Aguablanca, la cual marca el límite Norte de la concesión. La Falla se prolonga hacia el Norte por el sector de Herrán.

5.3.2.3 Falla de la Quebrada Aguablanca. Es una Falla menor transversal de dirección Suroeste–Noreste que desplaza las Fallas El Trapiche y Samaria hacia el Suroeste, antes de su convergencia. Marca el curso de la Quebrada Aguablanca de la cual recibe su nombre y limita la continuidad de los mantos de carbón hacia el pequeño sector de la concesión que se extiende hacia el Norte.

6. METODOLOGÍA

Se desarrollaron las actividades de campo adelantadas en las cuatro zonas (El Cedral, Samaria, El Páramo Tamá y Siberia) y en áreas vecinas relacionadas con la toma de datos, ejecución de trincheras, destape de mantos y toma de muestras en las zonas de El Cedral y Samaria

6.1 GEOLOGÍA DE SUPERFICIE

En las cuatro zonas en las que se dividió la concesión, se hicieron los trabajos de prospección superficial con la asesoría inmediata de un ingeniero de minas experto en este tipo de labor de prospección minera y con la supervisión general del Geólogo Jefe de Campo. Se contó además con la colaboración de baqueanos, generalmente gente de la región conocedora del área.

Las labores de prospección se ejecutaron siguiendo transversas perpendiculares (en lo posible) a la dirección de los estratos, y determinadas con la ayuda del mapa fotogeológico. Se siguieron además las principales escorrentías de las zonas y los caminos reales. En pocas ocasiones y en consideración a cubrir lo mejor posible las áreas a prospectar, se hicieron trochas dirigidas específicamente en una dirección predeterminada.

Sobre los recorridos se tomaron estaciones de campo, en sitios en donde se encontraban afloramientos de roca, mantos o capas de carbón o cualquier otro accidente que sirviera para identificar Formaciones, estructuras y depósitos recientes que enmascaran las rocas, etc. Estas estaciones se localizaron con GPS y se hicieron descripciones de los afloramientos de roca y cuando se identificaron cintas y mantos de carbón se caracterizaron, se midió el espesor, rumbo, buzamiento y respaldos, para lo cual se efectuaron destapes y trincheras y cuando se encontraron zonas de Falla se describieron los rasgos principales. Ante la presencia de depósitos coluviales de extensión importante, se trató de delimitarlos y se hizo su respectiva descripción. Todos estos datos se consignaron en carteras de campo.

6.1.1 Cartografía Geológica Detallada. Para cada una de las cuatro zonas estudiadas y dada la cantidad de datos de campo, se localizaron los mantos de carbón encontrados en el mapa geológico a escala 1:10.000.

6.1.2 Ejecución de destapes, trincheras y apiques. Los destapes consistieron en excavaciones menores que permitieron despejar en su totalidad los mantos y capas de carbón como muestra la figura 22, con el objetivo de hacer una descripción del tipo de carbón, medir correctamente su espesor, describir las rocas de tope y base, así como sus intercalaciones y tomar datos de rumbo y buzamiento. Todos los trabajos se localizaron con GPS. Estos trabajos se hicieron con pica y pala.

Figura 22. Destape de un manto de carbón en la Zona Siberia



Fuente: Autor.

Las trincheras se hicieron con los mismos fines anteriores cuando las circunstancias del terreno y la presencia de derrubios así lo exigieron. Se ejecutaron además trincheras importantes para la toma de muestras como se observa en la figura 23, con el objeto de buscar mantos de carbón poco contaminados y lo más fresco posibles. Estos trabajos se hicieron igualmente con pico y pala y alguna otra herramienta y también, se localizaron con GPS.

No se ejecutaron apiques debido a la posición de los mantos de carbón que se encontraban siempre inclinados en contra de la pendiente, lo cual facilitó su destape con trincheras. Solo en algún sitio se hizo un apique menor cuando se presentaron depósitos que cubrían parcialmente los mantos, pero fueron menores.

Figura 23. Trinchera para toma de muestra de un carbón en la Zona El Cedral



Fuente: Autor.

Posterior a la toma de muestras de canal, se realizó el cuarteo y preparación de las muestras que luego se enviaron a pruebas de laboratorio a SGS Barranquilla.

Finalmente, se realizó la interpretación de los resultados de laboratorio que permitió determinar la calidad de los carbones presentes en el área de estudio.

7. GEOLOGÍA LOCAL

En este capítulo se trata la estratigrafía y la geología estructural de las cuatro zonas en las que se dividió el proyecto.

7.1 ZONA EL CEDRAL

7.1.1 Estratigrafía. Dentro de la propia zona de interés afloran las Formaciones Los Cuervos, Mirador y Carbonera. Sin embargo como es la primera de las Formaciones la que tiene interés económico para el proyecto, se hace énfasis en ésta y las otras dos solo se describen muy someramente.

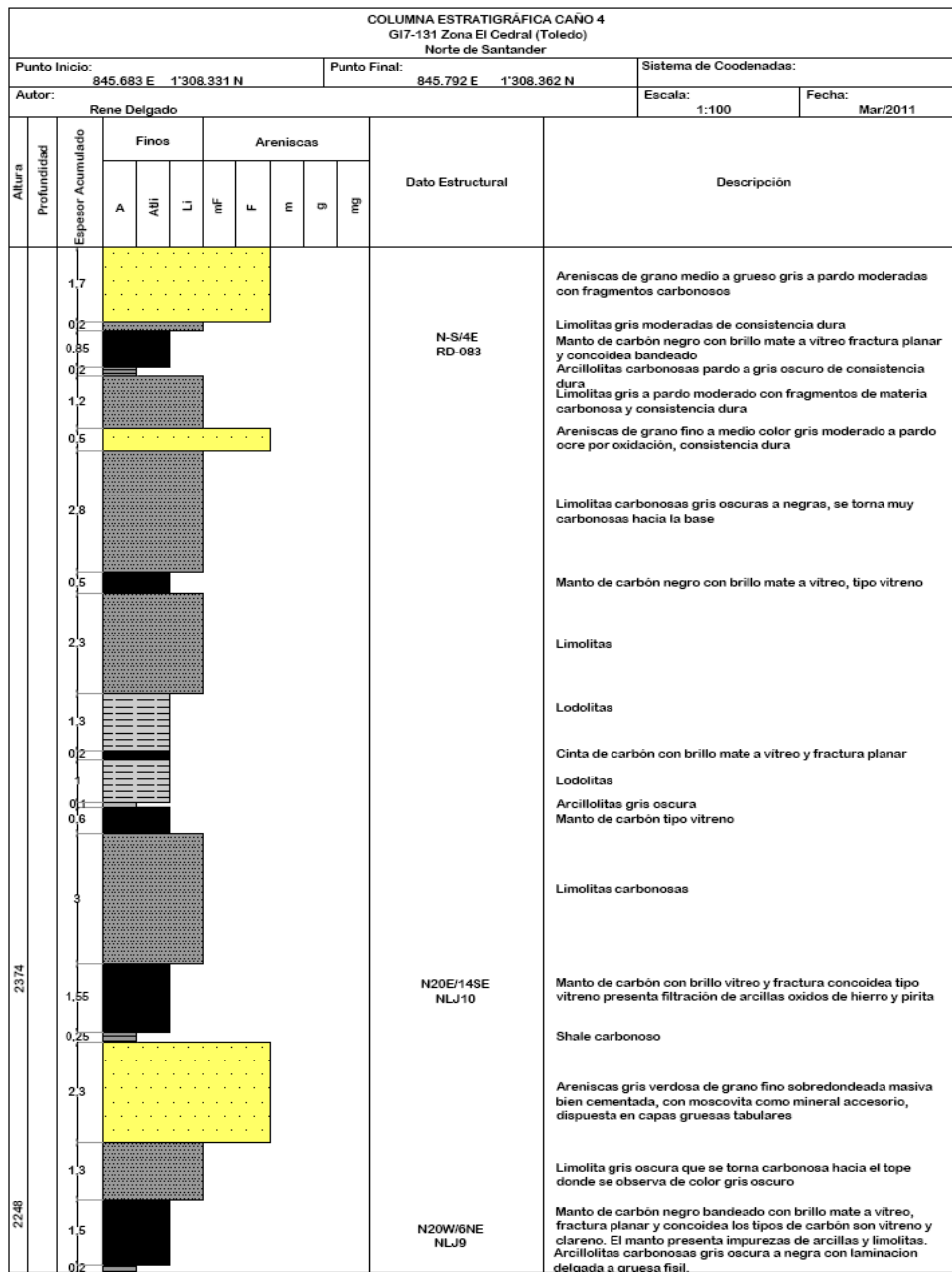
7.1.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc). La parte baja de la Formación no aflora por estar afectada por la Falla El Trapiche que pone en contacto esta Formación (al Oriente) con las areniscas de la Formación Barco (al Occidente). Es muy posible que se pierdan al menos unos 80 a 100 m de sección de esta parte basal. Al oriente de la Falla se presentan, casi de inmediato, los mantos de carbón estudiados en este informe. Varias secciones muy parciales se levantaron en los sitios en donde afloran los mantos de carbón, pero no son muy extensas y sólo cubren los sectores cortos de interés para este trabajo. La columna estratigráfica parcial de 26 m de espesor, muestra cuatro mantos de carbón con espesores entre 0,60 y 1,55 m y dos capas de carbón de 0.2 y 0.5 m de espesor como muestra la figura 24.

El tope de la Formación no presenta mantos de carbón en el sector de Toledo, según la secuencia que presenta Royero (2.001), se encuentra muy cubierta por vegetación y por depósitos de bloques de arenisca que hacen muy difícil obtener una secuencia completa, máximo si se considera que en la parte superior de la secuencia, predominan las arcillolitas que se enmascaran fácilmente.

7.1.1.2 Formación Mirador (E2m). Aflora ampliamente formando un escarpe sobresaliente denominado Loma la Peña del Venado. La base del escarpe marca el límite inferior de esta Formación superpuesta a la Formación Los Cuervos. Está formada por gruesos niveles de areniscas de grano medio a grueso, con capas conglomeráticas e intercalaciones menores de lodolitas grises claras, ferruginosas y localmente carbonosas, laminadas. En el escarpe la formación alcanza fácilmente un espesor de unos 250 m.

7.1.1.3 Formación Carbonera (E2-E3c). Está constituida esencialmente por lodolitas grises oscuras a grises verdosas, con intercalaciones de areniscas de grano fino, arcillosas, que pueden formar bancos de alguna importancia. En el área aflora en el núcleo del Sinclinal de La Camacha en un sector pequeño. No se conoce la presencia de mantos de carbón importantes en el área en donde solo afloran las capas basales.

Figura 24. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos en la Zona El Cedral



Fuente: Delgado, René, 2011.

7.1.2 Tectónica. La Zona está ubicada en el Flanco Occidental del Sinclinal de La Camacha y se encuentra limitada al Occidente por la Falla regional El Trapiche.

El Sinclinal de La Camacha ofrece un Flanco de topografía muy empinada, el cual culmina con un potente escarpe casi vertical correspondiente a la Formación Mirador. Hacia abajo del contacto Mirador–Los Cuervos, la morfología se suaviza por la presencia de los niveles arcillosos del tope de esta última Formación y culmina hacia el Occidente con un sector de pendiente fuerte por la presencia de niveles de areniscas. En este último nivel se encuentran los carbones.

La Falla El Trapiche es de carácter inverso, levanta el lado Occidental que tiende a traslapar sobre el Oriental, afectando, en el área las rocas del Terciario. La falla es de inclinación fuerte.

7.2 ZONA SAMARIA

Se localiza sobre el flanco Oriental del Sinclinal de La Camacha y queda limitada hacia el Oriente por la Falla inversa de Samaria.

7.2.1 Estratigrafía. En el área de interés afloran las Formaciones Los Cuervos y Mirador.

7.2.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc). Los trabajos de exploración se concentraron en esta Formación, por ser la productiva de carbón. La exploración se hizo siguiendo las principales quebradas o caños, levantando columnas estratigráficas localizadas con GPS. En el área se levantaron seis secciones muy parciales de las cuales la del caño 6 es la que ofrece la mayor cantidad de mantos.

La secuencia del caño 6 se muestra en la fig. 25, la cual tiene un espesor total de 53.9 m. que muestra la zona productiva del área. Se puede apreciar de abajo hacia arriba: Intercalaciones de areniscas de grano muy fino con arcillolitas grises suprayacidas por un manto de carbón de 2,2 m de espesor seguido de un nivel de limolitas de color gris claro, con niveles de arcillolitas delgados y areniscas limosas de grano muy fino, con un espesor de unos 3,5 m y dentro del cual se presentan un manto de carbón de 0,75 m de espesor y por encima de este manto, una cinta de 0,30 m. de espesor. Arriba de este nivel inferior se observa una secuencia de arenitas de grano medio a grueso de color gris muy claro, en capas medias, con laminación inclinada y con un espesor de 10 m, dentro de la cual no hay ni cintas ni mantos de carbón. Por encima de este nivel de areniscas se presenta un nivel de arcillolitas de color gris claro y azulosas; arcillolitas

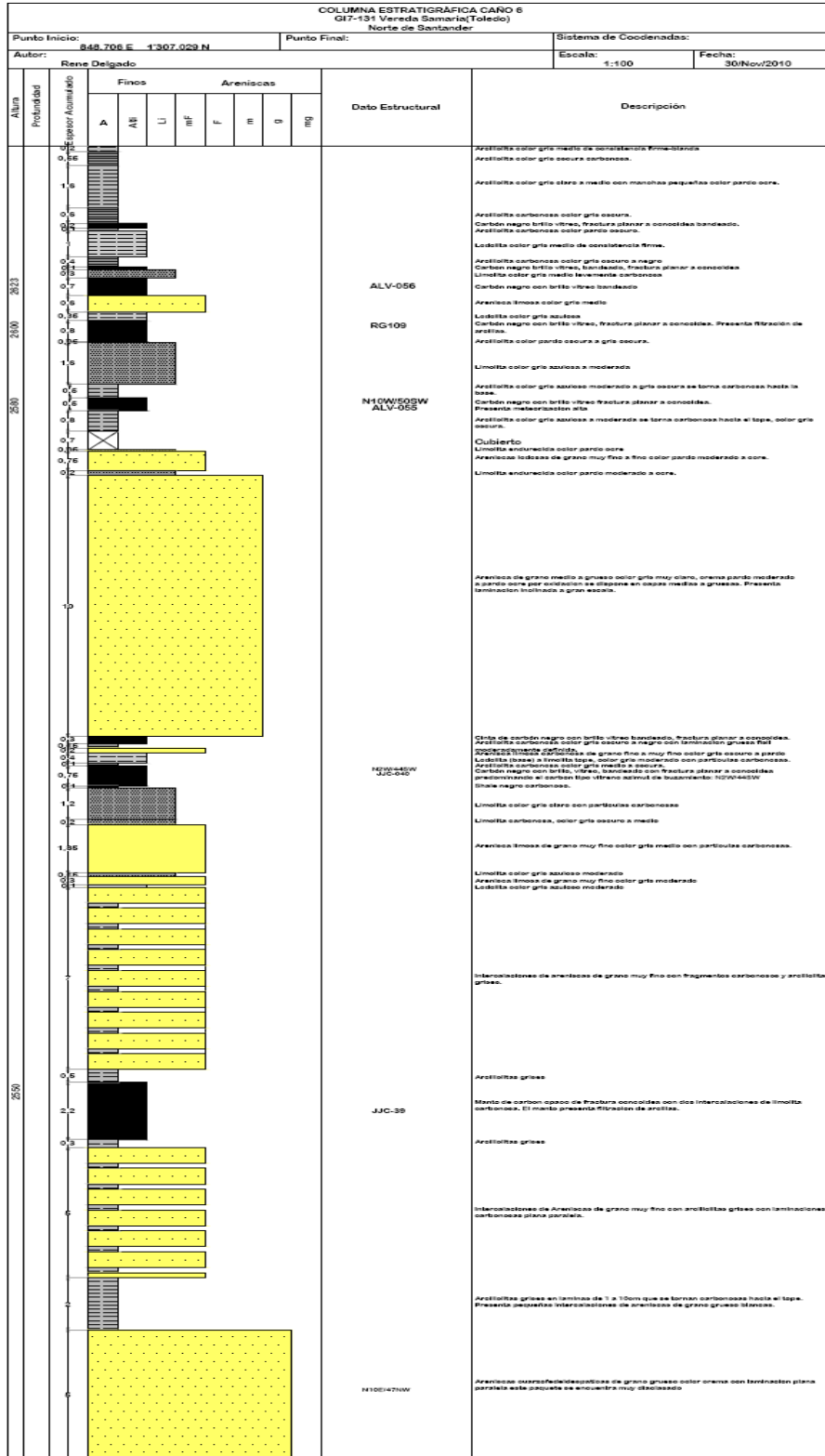
carbonosas; limolitas de color gris azulado y algunos niveles menores de arenitas arcillosas de grano muy fino, con un espesor de un poco más de 12 m. Dentro de este nivel se presentan dos mantos de carbón de 0,8 y 0,7 m de espesor y 3 cintas de carbón con espesores de 0,50, 0,10 y 0,20 m.

En otras secuencias muy parciales se observaron mantos de carbón de 1,40, 1,50 y 1,75 m de espesor.

En general, se puede afirmar que la zona productiva de carbón presenta un nivel inferior de areniscas con intercalaciones de limolitas y sobre él se presentan los mantos de carbón siendo los inferiores los de mayor espesor.

La parte basal de la Formación no se observa en el área por estar cortada por la Falla Samaria y el techo está muy cubierto por vegetación arbórea y por coluviones de bloques de areniscas provenientes de los escarpes de la Formación Mirador, que se superpone a esta Formación, de tal forma que es muy difícil obtener una secuencia completa que se estima puede alcanzar unos 300 m.

Figura 25. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos, Caño 6, Zona Samaria



Fuente: Delgado, René, 2011.

7.2.1.2 Formación Mirador (E2m). Está constituida por areniscas principalmente, de grano medio, con niveles conglomeráticos y con algunas intercalaciones menores de lodolitas. Forma un gran escarpe limitando al Occidente la zona productiva de Samaria y se calcula que tiene unos 250 m de espesor. No se hicieron levantamientos de esta secuencia por ser estéril para el carbón.

7.2.1.3 Depósitos Cuaternarios (Qc). Son depósitos de origen coluvial formados por grandes bloques de areniscas envueltos en una matriz areno-limosa. Forman depósitos importantes al pie del escarpe de la Formación Mirador y cuben sectores importantes en las quebradas menores y en el cauce de la Quebrada Samaria.

7.2.2 Tectónica. La zona está limitada al Oriente por la Falla Samaria, la cual dirige el cauce de la quebrada homónima. Esta Falla es de carácter regional, inversa, con vergencia hacia el Occidente, con ángulo alto en el sector estudiado y tiende a cabalgar la estructura del Sinclinal de La Camacha hacia el oriente, basculando un tanto el Flanco Oriental de dicho Sinclinal el cual presenta buzamientos más elevados (30° o $>$ de 30°) con relación al Flanco Occidental (12 a 15°).

Toda el área de interés de Samaria está sobre el Flanco Oriental del Sinclinal de La Camacha, sinclinal asimétrico, con una longitud de unos 23 Km, ancho máximo de 5 Km y el cual se extiende desde el Río Jordán al Sur, hasta la parte más Norte de la concesión cerrando sobre la Quebrada Aguablanca, en la Zona de Siberia.

7.3 ZONA DEL PÁRAMO TAMÁ

Esta zona tiene carácter especial ya que está formada en su totalidad por la Formación Los Cuervos y tectónicamente es una superficie estructural en donde las capas siguen la pendiente del terreno, situación que no permite ver sino unas pocas unidades estratigráficas en superficie y por esta razón, no es posible observar los mantos de carbón que contiene la Formación como lo atestiguan las zonas próximas de El Cedral, La Samaria y Siberia.

Este carácter particular de la zona, no permitió ni la descripción de la estratigrafía, ni de los mantos de carbón. Hubo necesidad de hacer una inspección por fuera de la concesión, hacia el Oriente y en límites con Venezuela, en donde se encontraron varios mantos de carbón muy similares a los encontrados en las otras tres zonas y los cuales, por la posición estructural del área, deben penetrar a la concesión por el subsuelo. Por otra parte, inspecciones en zonas vecinas hacia el Sureste han permitido igualmente encontrar varios mantos de carbón cuya dirección e inclinación indica que penetran a la zona de la concesión.

Dadas estas características de la Zona del Páramo no se describe su geología local. En este sector de la concesión se programarán investigaciones del subsuelo con sondeos.

7.4 ZONA SIBERIA

Es la zona más septentrional de la concesión y en ella se presenta el cierre del Sinclinal de La Camacha y la conjunción (un poco al norte del límite de la zona) de las dos Fallas principales que constituyen el aspecto estructural más sobresaliente de la concesión.

7.4.1 Estratigrafía. Afloran en la zona las Formaciones Los Cuervos y Mirador y se distinguen importantes depósitos Cuaternarios de origen coluvial.

7.4.1.1 Formación Los Cuervos (E1-E2lc). En los trabajos de campo se levantaron cinco secciones estratigráficas muy parciales de la zona productiva. La más importante y la que muestra la mayor cantidad de mantos y cintas de carbón es la levantada en la Quebrada Aguablanca (sector más septentrional de la zona y de la concesión), la cual se puede ver en la figura 26. La sección tiene 117 m de espesor pero el sector en donde se presentan los carbones es solo de unos 64 m.

De abajo hacia arriba, estratigráficamente, se observa: un conjunto inferior de unos 21 m, con predominio de areniscas, intercalaciones menores de lodolitas y presencia de tres mantos de carbón con espesores de 0.90, 1.60 y 0.60 m. y una cinta de 0.50 m de espesor. Sigue hacia arriba un conjunto con algún predominio de lodolitas y presencia de niveles, de alguna importancia, de areniscas de grano fino con laminación ligeramente ondulosa, que alcanza unos 43 m de espesor y en el cual se observa un manto de carbón de 1,10 m de espesor y 7 cintas de carbón de las cuales dos tiene espesores de 0,50 m y las otras muy delgadas inferiores a los 0,30 m. Por arriba de este segundo conjunto se observa un nuevo conjunto con predominio de areniscas de grano fino a muy fino, con delgadas intercalaciones de lodolitas, el cual alcanza un espesor de unos 30 m y la secuencia culmina hacia el techo con un conjunto de lodolitas hacia la base y una alternancia de lodolitas y capas medias de arenitas (0,50 m de espesor) hacia el techo, con un espesor de 23 m. Los dos últimos conjuntos del techo de la secuencia no presentan ni mantos ni cintas de carbón.

De las otras secuencias levantadas es importante la de la Quebrada La Colorada la cual muestra hacia la base dos mantos de carbón importantes de 1,4 y 1,8 m de espesor y más arriba un manto de 0,90 m.

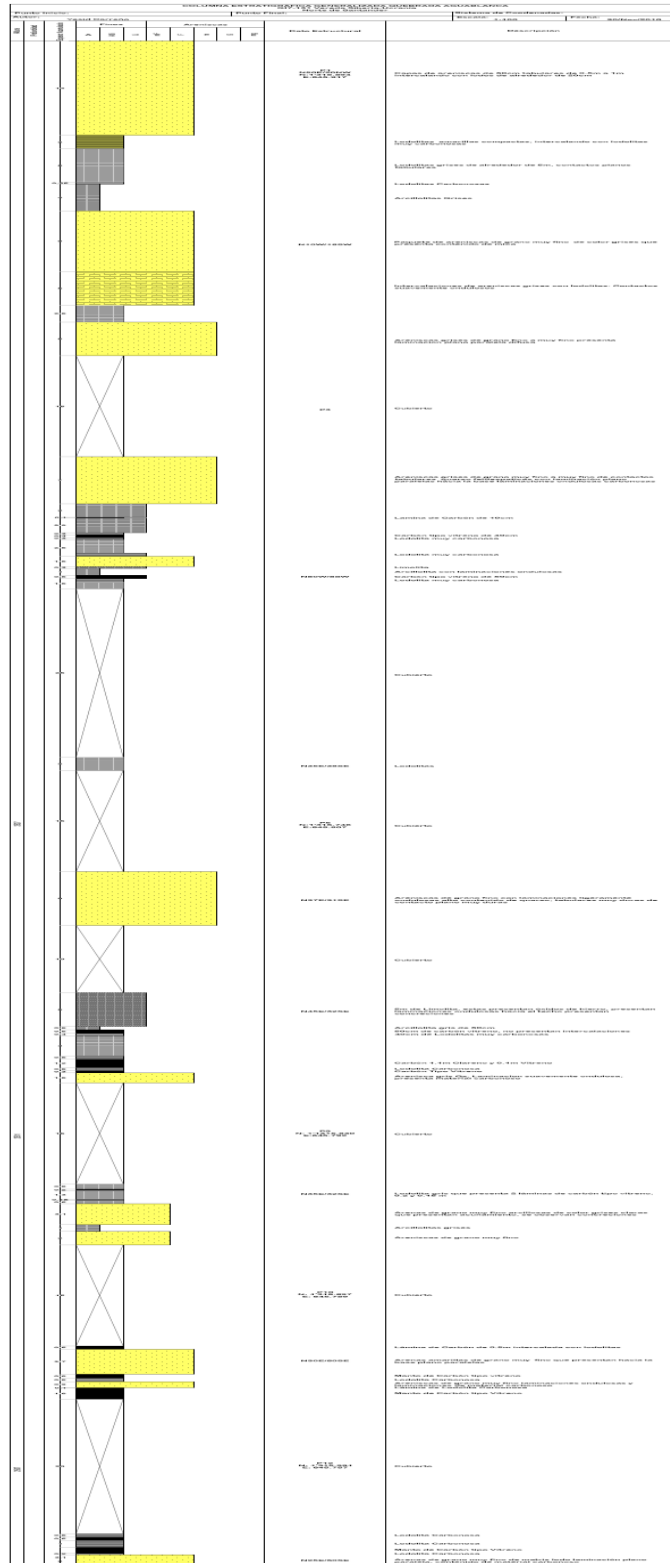
La base de la Formación, situada por fuera del área de concesión está cubierta por depósitos Cuaternarios y el techo afectado por la Falla de Samaria que parte el Sinclinal de La Camacha en dos sectores de los cuales el Oriental es el que muestra los mantos descritos anteriormente.

La Formación puede alcanzar espesores, en la zona, de unos 300 m.

7.4.1.2 Formación Mirador (E2m). Está formada, en la zona por areniscas de grano medio a grueso, algo friables, de color gris a gris amarillento y solo afloran en la cima de dos cerros con espesores máximos de unos 80 m. Se presentan dibujando en cierta forma, el núcleo asimétrico del sinclinal de La Camacha.

7.4.1.3 Depósitos Cuaternarios (Qc). Hay importantes depósitos de origen coluvial constituidos por bloques de areniscas flotando dentro de una matriz limo-arenosa y arcillosa. Ocupan áreas al Oriente de la zona las cuales se extienden ampliamente hacia el Río Táchira, por fuera de la concesión y hacia el Occidente se presentan importantes depósitos con bloques de areniscas provenientes de los relictos de la Formación Mirador que sirven de culminación a los cerros que separan la vertiente del Táchira de la vertiente del Culagá.

Figura 26. Columna Estratigráfica Parcial de la Formación Los Cuervos en la Quebrada Aguablanca



Fuente: Autor.

7.4.2 Tectónica. En la parte norte de la zona (Quebrada Aguablanca) se presenta el cierre de la estructura del Sinclinal de La Camacha, la cual afecta en gran parte el área de la concesión. Esta estructura es muy angosta en la zona y presenta el Flanco Oriental cortado por la Falla Samaria y el Occidental por la Falla El Trapiche. Estas dos Fallas se fusionan 1 Km al Norte de la concesión.

El bloque al Oriente de la Falla de Samaria, dibuja parcialmente, sobre la vertiente de la Quebrada Aguablanca el Sinclinal de La Camacha y es en este sector en donde se encontraron los mantos de carbón que se prospectaron. En el sector del Sinclinal al Occidente de la Falla Samaria, no se prospectaron carbones, por la vegetación muy espesa que lo cubre, pero no se puede descartar su presencia pues este Flanco es la continuidad de los carbones prospectados en la Zona El Cedral. En la parte alta del cerro en donde nace la Quebrada La Colorada se prospectaron dos mantos de carbón importantes con espesores de más de un metro que deben tener continuidad hacia el Norte y Sur de este segmento del Sinclinal, con dificultades de acceso por la fuerte pendiente y la altura del terreno cercana a los 2.900 m.s.n.m.

La Falla El Trapiche es un accidente tectónico importante en la zona. Limita la concesión por el Occidente e igualmente es límite de la Formación Los Cuervos y por ende de los carbones.

8. CALIDAD DE LOS CARBONES

Este capítulo comprende el muestreo de los mantos, la preparación de la muestra y el análisis de las propiedades fisicoquímicas de los carbones, según los resultados de laboratorio, las cuales permitirán su clasificación y determinarán el uso final de los mismos.

8.1 MUESTREO DE LOS MANTOS DE CARBÓN

Las actividades de muestreo de carbones durante la fase de exploración del Proyecto carbonífero Norte de Santander se realizaron de acuerdo a las normas del antiguo ECOCARBÓN (1995) y las normas ASTM D2234 Y ASTM D7430-08.

Esta etapa se adelantó por separado en las tres Zonas de la concesión y comprendió:

- Reconocimiento detallado del área de trabajo, durante el cual se hizo especial énfasis en la identificación de las unidades estratigráficas que se presentan en el extremo septentrional del Sinclinal de La Camacha y posteriormente, el estudio se enfocó en la Formación Los Cuervos pues, es la Formación que contiene el los mantos de carbón.
- Muestreo de Carbones en la Zona El Cedral.
- Muestreo de Carbones en la Zona Samaria.
- Muestreo de Carbones en la Zona Siberia

Con antelación a la ejecución del muestreo, se realizó la correlación estratigráfica de los mantos encontrados en cada zona teniendo en cuenta la ubicación de cada manto en el mapa geológico a escala 1:10.000, así como las características de cada manto a muestrear.

El Objetivo específico del muestreo es clasificar el carbón con base en los resultados de los análisis químicos. Para lograr este objetivo se recolectaron volúmenes representativos del manto de carbón. El Tipo de muestreo empleado fue el muestreo de canal, el cual se obtiene a través de un corte uniforme y continuo perpendicular a la estratificación (desde el tope hasta la base) incluyendo las intercalaciones de roca diferentes a carbón (partings). El peso final de la muestra para análisis de laboratorio está entre 10 y 30 Kg.

Se tomaron muestras *In Situ* siguiendo los siguientes parámetros:

Para la toma de muestras se seleccionaron mantos con espesores mayores a 0.6 m que no presentaran pinchamientos y que no estuvieran alterados (meteorizados). **Ver Anexo A, B y C.**

El muestreo se realizó en las zonas establecidas, en los Flancos del Sinclinal de La Camacha, dentro del área de la concesión.

8.2 LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

A nivel general, se dividió la concesión en tres Zonas productivas: El Cedral, Samaria y Siberia. En la fase de campo se obtuvieron 10 muestras de la zona El Cedral y 8 muestras de la zona Samaria y 11 muestras en la zona Siberia, para un total de 29 muestras.

Tabla 4. Localización de mantos muestreados, Zona El Cedral

Muestra de Laboratorio	Manto	Espesor (m)	Este	Norte	Altura (m)	Vereda	Dato Estructural
NSTOLCED001	NLJ9	1.50	845.683	1'308.331	2.248	El Cedral	N20W/6NE
NSTOLCED002	NLJ10	1.55	845.777	1'308.360	2.374	El Cedral	N20E/14SE
NSTOLCED003	A07	1.80	845.807	1'308.953	2.268	El Cedral	N77E/4NW
NSTOLCED004	A5	0.8	845.822	1'307.614	2.281	El Cedral	N35E/20SE
NSTOLCED005-I	A11-I	0.9	846.081	1'306.748	2.278	El Cedral	N22W/38NE
NSTOLCED005-M	A11M	0.9	846.081	1'306.748	2.278	El Cedral	N22W/38NE
NSTOLCED005-S	A11-S	0.9	846.081	1'306.748	2.278	El Cedral	N22W/38NE
NSTOLCED006	AA3	1.68	845.629	1'308.540	2.278	El Cedral	N25W/3NE
NSTOLCED007	RD083	0.85	845.792	1'308.362	2.366	El Cedral	N-S/4E
NSTOLCED010	ANA2	0.9	845.919	1'308.864	2.383	El Cedral	N15E/15SE

Fuente: Autor.

Tabla 5. Localización de los mantos muestreados en la Zona Samaria

Muestra de Laboratorio	Manto	Espesor (m)	Este	Norte	Altura (m)	Vereda	Dato Estructural
NSTOLSAM001	RG77	1.5	848.681	1'306.518	2.360	Samaria	N-S/24W
NSTOLSAM002	RG102	0.88	848.632	1'306.551	2.372	Samaria	N-S/33W
NSTOLSAM003	JJRD-1	0.9	848.558	1'307.112	2.572	Samaria	N2W/46SW
NSTOLSAM004	ALV043	1.4	848.680	1'306.994	2.434	Samaria	N5W/55SW
NSTOLSAM005	RG106	0.6	848.654	1'307.082	2.329	Samaria	N-S/52W
NSTOLSAM006	ALV-053	1.75	848.532	1'307.105	2.512	Samaria	N-S /51W
NSTOLSAM007	RG-109	0.84	848.555	1'307.659	2.530	Samaria	N5W/44SW
NSTOLSAM008	ALV-056	0.7	848.514	1'307.666	2.623	Samaria	N10W/50SW

Fuente: Autor.

Tabla 6. Localización de los mantos muestreados en la zona Siberia

Muestra de Laboratorio	Manto	Espesor (m)	Este	Norte	Altura (m)	Vereda	Dato Estructural
NSHERSIB001	JJC-072	1.8	846.869	1'313.795	3.006	Siberia	N30E/32NW
NSHERSIB002	RD-046	1.2	845.788	1'316.238	2.528	Siberia	N15E/12SE
NSHERSIB003	JJC-07	1.1	847.183	1'314.446	2.703	Siberia	N14W/26SW
NSHERSIB004	JJC-072	1.1	846.869	1'313.795	3.006	Siberia	N8E/31NW
NSHERSIB005	AM033	0.6	845.772	1'315.895	2.351	Siberia	N25E/45SE
NSHERSIB006	LSIB7	0.9	845.806	1'315.952	2.533	Siberia	N30E/48SE
NSHERSIB007	LSIB8	1.65	845.808	1'315.906	2.530	Siberia	N28E/24SE
NSHERSIB008	LSIB9	1.2	845.788	1'315.779	2.533	Siberia	N55E/30SE
NSHERSIB009	AM036	1.2	848.046	1'314.890	2.379	Siberia	N50E/30NW
NSHERSIB010	EDN56	1.4	847.756	1'312.476	2.600	Siberia	S3W/40NW
NSHERSIB011	END58	1.8	847.474	1'313.782	2.658	Siberia	N20E/27NW

Fuente: Autor.

La metodología usada en la toma de estas muestras se inicia con la localización del sitio de muestreo a partir de los afloramientos encontrados en la etapa de prospección geológica. Una vez seleccionado el lugar de muestreo, se procede a destapar el manto eliminando una capa delgada de carbón de aproximadamente 10 cm, ejecutando un canal (muestreo de canal), buscando la representatividad en cada una de las muestras.

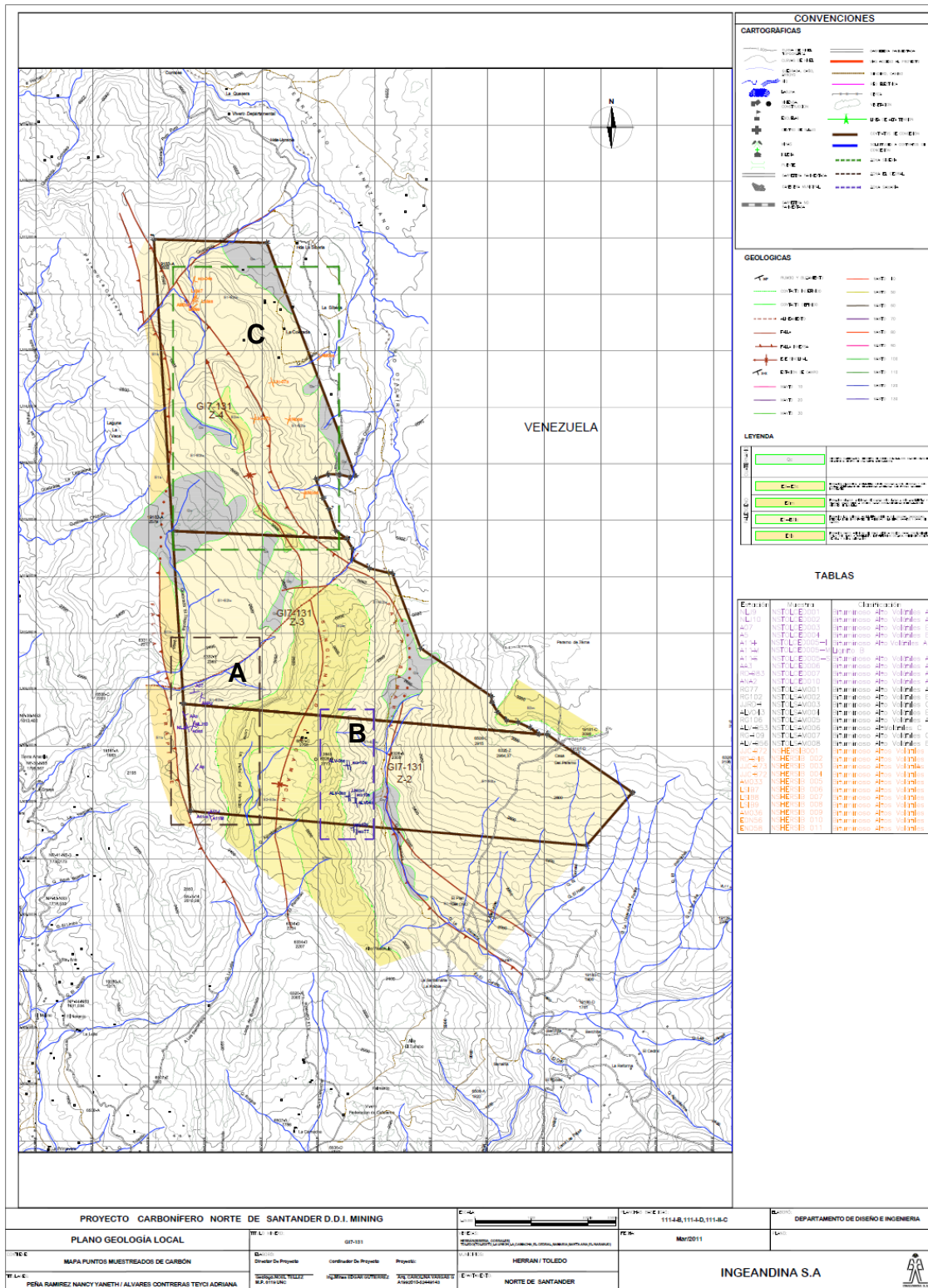
Una vez se tiene expuesta una parte fresca del manto se realiza la limpieza del piso, retirando fragmentos de estériles y de carbón picado con anterioridad, luego se extiende un plástico grueso para recoger el carbón. Se tomaron intercalaciones incluidas, cuando no sobrepasaron los 10 cm de espesor y se señalan en cada muestra. Se recolecta una muestra de aproximadamente 20 Kg (10Kg de muestra para enviar al laboratorio y 10 Kg de muestra testigo) obtenida a partir de un canal perpendicular a la estratificación con dimensiones de alrededor de 50 cm o más de profundidad, ancho promedio de 30 cm y la altura dependiendo del espesor del manto a muestrear. Una vez picada la totalidad de la muestra, se mezcla sobre un plástico y se selecciona con el fin de aislar partículas estériles que puedan contaminar el carbón y alterar los resultados de los análisis de laboratorio. Posteriormente, se realiza el cuarteo hasta obtener la cantidad de muestra requerida (aproximadamente 4 Kg).

Las muestras obtenidas se empacaron en doble bolsa de polietileno, selladas para evitar que sufran posteriores alteraciones. Las muestras se referenciaron inmediatamente con la respectiva etiqueta en la parte intermedia teniendo en cuenta la localización geográfica, las coordenadas X, Y, Z obtenidas mediante GPS en la estación, el nombre del manto (según la estación). Las muestras se identifican con letras así: NSTOLCEDXXX, NSTOLSAMXXX, NSHERSIBXXX en donde NS: Norte de Santander, TOL: Toledo, HER: Herrán, CED: Cedral, SAM: Samaria, SIB: Siberia, X: Consecutivo. Se indica además el espesor del manto, la base, el tope, el rumbo y buzamiento, así como su respectiva descripción macroscópica.

Cada una de las muestras obtenidas se amarró al estudio estratigráfico detallado de la Formación Los Cuervos durante la etapa exploratoria del proyecto Carbonífero Norte de Santander.

A nivel general, se dividió la concesión en tres Zonas productivas, El Cedral, Samaria y Siberia como muestra la figura 27.

Figura 27. Mapa geológico local a escala 1:25,000 con la distribución de los mantos de carbón muestreados. A. Zona El Cedral, B. Zona Samaria y C. Zona Siberia.



Fuente: Autor.

8.3 ANÁLISIS DE CARBONES

Se realizaron análisis fisicoquímicos a 28 muestras de carbón. Las muestras que se obtuvieron en trincheras y fueron enviadas a SGS COLOMBIA S.A (Barranquilla), quienes realizaron los siguientes análisis:

- Análisis próximos completos según la Norma ASTM D5142.
- Análisis de índice de Hinchamiento-FSI (Free Swelling Index) según la Norma ASTM D720.

Para los análisis de carbones se utilizaron 2.5 Kg de muestra. La metodología es la siguiente:

8.3.1 Análisis próximos. En este tipo de Análisis se tiene en cuenta las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), los resultados generan una aproximación que caracteriza los carbones térmicos y coquizables, siendo el principal método de evaluación de los rangos de carbón, que permite determinar el grado de madurez termal. Se determina principalmente la humedad residual, materia volátil, carbono fijo, poder calorífico, azufre y contenido de cenizas. Estos resultados se expresan en porcentaje en peso.

Las propiedades físicoquímicas que se obtienen en los análisis son:

8.3.1.1 Humedad. Todos los carbones independientemente del rango de madurez presentan un poco de agua. Debido a lo anterior se realiza una prueba para eliminar el contenido de agua presente en las muestras.

8.3.1.2 Humedad Total (ASTM D3302-10). Es la totalidad de la humedad que existe en un carbón, en el sitio, en el tiempo y en las condiciones en las cuales se ha muestreado. Cantidad de agua presente en la muestra, tal como se percibe y se determina por métodos normalizados.

8.3.1.3 Humedad Residual (D-5142-04). Es aquella que queda en la muestra de carbón después de que se han determinado las pérdidas de humedad por secado al aire.

8.3.1.4 Cenizas (ASTM D3174-04/5142-09). Son residuos inorgánicos resultantes de quemar las sustancias combustibles, cuya cantidad se determina por métodos normalizados. Su contenido representa la cantidad de impurezas en la muestra y el carbón efectivo disponible, con el cual se puede determinar la calidad del carbón siendo el 12 % el límite máximo permitido en los carbones de buena calidad (Durán et al, 1981).

8.3.1.5 Materia Volátil (ASTM D3175-07/5142-09). Son aquellos productos que se emiten por calentamiento, como gas y vapor, presentes en el carbón determinados según métodos prescritos. Corresponde a la pérdida de masa diferente de la humedad, cuando el carbón se calienta en ausencia de aire, según las normas de laboratorio correspondientes. En esta prueba los volátiles son eliminados totalmente durante el proceso de carbonización. La materia Volátil es indicativa en la predicción del grado de carbonificación de los carbones, del rango coquizable e indicativo del rango de madurez termal.

8.3.1.6 Carbono Fijo (ASTM D3172a). Es el residuo sólido, diferente de la ceniza que se obtiene por destilación destructiva, según métodos prescritos específicos. Es el porcentaje que queda de restarle al 100% los porcentajes hallados de humedad, cenizas y materia volátil en la misma base de referencia, según la ecuación 1:

Ecuación 1. Cálculo de carbono fijo

$$\text{Carbono Fijo} = 100\% - (\% \text{Humedad}) - (\% \text{cenizas}) - (\% \text{Materia Volátil})$$

Fuente: Ignacio Báez, 2004.

8.3.1.7 Azufre (ASTM D4239 Method B). Es la cantidad de azufre contenida en el carbón y expresada comúnmente en porcentaje. Se encuentra en los carbones en proporciones variables desde 0,1 hasta 10%. Esta impureza acompaña al carbón en tres formas:

- **Azufre Inorgánico (Pirítico).** Es muy denso, puede ser removido parcialmente mediante el lavado del carbón y es combustible.
- **Azufre como Sulfato.** No es combustible, y pasa directamente a las cenizas.
- **Azufre Orgánico.** No se puede remover de manera económica, es parcialmente combustible.

El carbón con bajo contenido de azufre permite el uso de temperaturas relativamente bajas a la salida de la caldera, por lo tanto, mejora la eficiencia de la misma.

8.3.1.8 Poder Calorífico (ASTM D5865-07a). Es el valor producido por la combustión de una cantidad unitaria de material combustible a presión atmosférica constante, en condiciones tales que el agua en el producto permanece en forma de vapor. Tanto la humedad inicial como la obtenida por la combustión del hidrógeno de la muestra.

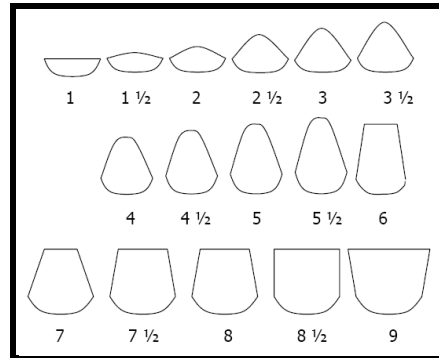
El poder calorífico depende de la proporción y calidad de la fracción orgánica, que se ve reducida en todos los rangos por el porcentaje de humedad y ceniza.

8.3.2 Índice de Hinchamiento. Según la Norma ASTM D - 720 - 91 (Standard Test Method for Free-swelling Index of Coal), representa un buen indicador del grado de oxidación de un carbón. Esta determinación permite establecer si el carbón presenta características coquizables (Índice de hinchamiento superior a 2.5) y sirve para producir coque de características adecuadas para ser utilizado en hornos metalúrgicos y siderúrgicos.

En términos generales, esta prueba consiste en calentar un gramo de muestra de carbón molido en un crisol estandarizado a una temperatura de 800°C y una atmósfera reductora. Al eliminarse el contenido de volátiles, queda un coque que puede permanecer disgregado en partículas o aglomerarse conformando una estructura con un nivel determinado de hinchamiento.

El tamaño y la forma del botón de coque resultante se miden por comparación con una serie de perfiles estándar numerados del 1 al 9 en orden creciente del hinchamiento, correspondientes a cada índice como muestra la figura. 28.

Figura 28. Perfiles Estándar para la determinación del índice de Hinchamiento



Fuente: Báez, Ignacio, 2004.

El índice de hinchamiento puede tomar valor cero, cuando el residuo formado en el ensayo de la muestra no resulta coherente. Valores bajos del índice de hinchamiento resultan típicos de un carbón térmico porque al pulverizarse favorecerá la combustión; estos carbones tendrán que molerse algo más grueso, para evitar que todo se queme muy rápido, ensanchando la llama muy cerca del quemador. Un valor bajo en la escala indicará que las partículas prácticamente explotarán, fragmentándose en partículas más pequeñas, favoreciendo la velocidad de combustión y la formación de una llama corta y ancha. Mientras que un valor alto indicará tendencia a la aglomeración. La velocidad de combustión no se verá favorecida y la llama resultará alargada. La importancia de conocer el índice de hinchamiento para control de la combustión de carbón pulverizado radica en que influye en el comportamiento de las partículas de carbón al salir del quemador.

8.3.2.1 Propiedad Aglomerante. Es una característica de un carbón cuando, después de haberlo sometido a calentamiento en ausencia de aire, produce por sí solo una masa compacta que muestra hinchamiento.

8.4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

8.4.1 Análisis en base como se recibe. Son resultados analíticos calculados con base en la humedad de la muestra tal como llega al laboratorio, sin ningún proceso previo.

8.4.2 Análisis en base seca. Es el valor teórico de un parámetro analítico básico, expresado como si la totalidad de la humedad asociada a la muestra se hubiera removido.

Las siguientes tablas muestran los resultados de los análisis de laboratorio por zonas:

Tabla 7. Resultados pruebas de laboratorio Muestras Zona El Cedral

Identificación de la Muestra	Humedad Total	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono Fijo (%)		Azufre (%)		Poder Calorífico (BTU/lb)		Índice de Hinchamiento
	como se recibe	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	
NSTOLCED001	3,93	2,1	2,19	36,12	37,6	57,85	60,21	0,53	0,55	13.740	14.302	1
NSTOLCED002	2,24	1,28	1,31	42,48	43,45	54	55,24	0,5	0,51	14.642	14.977	3,5
NSTOLCED003	12,32	1,56	1,78	32,69	37,28	53,43	60,94	0,4	0,46	11.939	13.616	0,5
NSTOLCED004	16,02	1,04	1,24	35,06	41,75	47,88	57,01	0,39	0,47	10.650	12.682	0
NSTOLCED005-I	5,08	6,52	6,87	39,97	42,11	48,43	51,02	1,55	1,63	13.290	14.001	6
NSTOLCED005-M	13,01	45,37	52,15	21,37	24,57	20,25	23,28	1,34	1,54	5.457	6.273	0
NSTOLCED005-S	7,26	14,73	15,88	34,02	36,68	43,99	47,44	1,54	1,66	11.556	12.461	6,5
NSTOLCED006	4,36	1,69	1,77	38,03	39,76	55,92	58,47	0,55	0,58	14.187	14.834	7
NSTOLCED007	9,02	2,45	2,69	38,25	42,04	50,28	55,27	0,54	0,59	12.587	13.835	3
NSTOLCED010	7,25	1,23	1,33	38,76	41,79	52,76	56,88	0,47	0,51	13.259	14.295	4,5

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011.

Tabla 8. Resultados pruebas de laboratorio. Muestras Zona Samaria

Identificación de la Muestra	Humedad Total	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono Fijo (%)		Azufre (%)		Poder Calorífico (BTU/lb)		Índice de Hinchamiento
	como se recibe	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	
NSTOLSAM001	5,17	15,03	15,85	30,63	32,3	49,17	51,85	0,58	0,61	12.150	12.812	7
NSTOLSAM002	11,18	1,64	1,85	34,46	38,8	52,72	59,35	0,46	0,52	12.114	13.639	0,5
NSTOLSAM003	16,75	0,84	1,01	34,21	41,09	48,2	57,9	0,43	0,52	10.486	12.596	0
NSTOLSAM004	15,15	4,89	5,76	31,91	37,61	48,05	56,63	0,42	0,49	10.348	12.196	0
NSTOLSAM005	7,68	2,6	2,82	35,63	38,59	54,09	58,59	1,14	1,23	13.571	14.700	8
NSTOLSAM006	18,34	1,41	1,73	33,87	41,48	46,38	56,79	0,48	0,59	10.163	12.446	0
NSTOLSAM007	19,37	1,05	1,3	33,24	41,22	46,34	57,48	0,43	0,53	10.027	12.436	0
NSTOLSAM008	13,13	3,74	4,3	34,16	39,32	48,97	56,38	0,71	0,82	11.325	13.037	0.5

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011.

Tabla 9. Resultados pruebas de laboratorio Muestras Zona Siberia

Identificación de la Muestra	Humedad Total	Cenizas (%)		Materia Volátil (%)		Carbono Fijo (%)		Azufre (%)		Poder Calorífico (BTU/lb)		Índice de Hinchamiento
	como se recibe	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	como se recibe	Base seca	
NSHERSIB001	8,25	3,2	3,49	41,77	45,53	46,78	50,98	0,62	0,68	12.389	13.503	0,5
NSHERSIB002	5,88	21,84	23,21	32,24	34,26	40,04	42,54	1,28	1,36	10.736	11.407	3,5
NSHERSIB003	6,05	1,4	1,49	36,76	39,13	55,79	59,38	0,66	0,7	13.266	14.120	1
NSHERSIB004	7,98	3,28	3,56	44,53	48,39	44,21	48,05	0,39	0,42	12.492	13.575	0,5
NSHERSIB005	5,4	5,08	5,37	34,97	36,96	54,55	57,67	0,6	0,64	13.511	14.281	8
NSHERSIB006	3,85	2,61	2,71	37,78	39,29	55,76	58	0,74	0,77	14.330	14.905	8,5
NSHERSIB007	4,34	2,54	2,65	35,76	37,38	57,36	59,97	0,7	0,73	14.253	14.899	8,5
NSHERSIB008	4,43	0,67	0,7	37,58	39,32	57,32	59,98	0,55	0,58	14.394	15.062	7,5
NSHERSIB009	11,1	3,51	3,95	30,32	34,1	55,07	61,95	0,47	0,53	11.633	13.085	0
NSHERSIB010	6,59	1,08	1,16	32,7	35,01	59,63	63,83	0,5	0,54	13.478	14.429	1
NSHERSIB011	4,6	0,99	1,04	37,64	39,45	56,77	59,51	0,53	0,55	14.507	15.206	8

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011.

8.4.3 Análisis próximos completos e índice de hinchamiento. Las Tablas 10, 11 y 12 muestran los resultados de los análisis calculados en base seca:

Tabla 10. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento. Zona El Cedral.

Muestra	Manto	Cenizas %	Materia Volátil %	Carbono Fijo %	Azufre %	Poder Calorífico (Btu/Lb)	FSI
NSTOLCED001	NLJ9	2.19	37.60	60.21	0.55	14.302	1.0
NSTOLCED002	NLJ10	1.31	43.45	55.24	0.51	14.977	3.5
NSTOLCED003	A07	1.78	37.28	60.94	0.46	13.616	0.5
NSTOLCED004	A5	1.24	41.75	57.01	0.47	12.682	0.0
NSTOLCED005-I	A11-I	6.87	42.11	51.02	1.63	14.001	6.0
NSTOLCED005-M	A11-M	52.15	24.57	23.28	1.54	6.273	0.0
NSTOLCED005-S	A11-S	15.88	36.68	47.44	1.66	12.461	6.5
NSTOLCED006	AA3	1.77	39.76	58.47	0.58	14.834	7.0
NSTOLCED007	RD-083	2.69	42.04	55.27	0.59	13.835	3.0
NSTOLCED010	ANA2	1.33	41.79	56.88	0.51	14.295	4.5

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011.

Tabla 11. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento. Zona Samaria

Muestra	Manto	Cenizas %	Materia Volátil %	Carbono Fijo %	Azufre %	Poder Calorífico (Btu/Lb)	FSI
NSTOLSAM001	RG77	15.85	32.30	51.85	0.61	12.812	7.0
NSTOLSAM002	RG102	1.85	38.80	59.35	0.52	13.639	0.5
NSTOLSAM003	JJR-1	1.01	41.09	57.90	0.52	12.596	0.0
NSTOLSAM004	ALV043	5.76	37.61	56.63	0.49	12.196	0.0
NSTOLSAM005	RG106	2.82	38.59	58.59	1.23	14.700	8.0
NSTOLSAM006	ALV-053	1.73	41.48	56.79	0.59	12.446	0.0
NSTOLSAM007	RG-109	1.30	41.22	57.48	0.53	12.436	0.0
NSTOLSAM008	ALV-056	4.30	39.32	56.38	0.82	13.037	0.5

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011.

Tabla 12. Resultados de los análisis en base seca e índice de hinchamiento Zona Siberia

Muestra	Manto	Cenizas %	Materia Volátil %	Carbono Fijo %	Azufre %	Poder Calorífico (Btu/Lb)	FSI
NSHERSIB001	JJC-072	3.49	45.53	50.98	0.68	13.503	0.5
NSHERSIB002	RD-046	23.21	34.26	42.54	1.36	11.407	3.5
NSHERSIB003	JJC-073	1.49	39.13	59.38	0.70	14.120	1.0
NSHERSIB004	JJC-072	3.56	48.39	48.05	0.42	13.575	0.5
NSHERSIB005	AM033	5.37	36.96	57.67	0.64	14.281	8.0
NSHERSIB006	LSIB7	2.71	39.29	58.00	0.77	14.905	8.5
NSHERSIB007	LSIB8	2.65	37.38	59.97	0.73	14.899	8.5
NSHERSIB008	LSIB9	0.70	39.32	59.98	0.58	15.062	7.5
NSHERSIB009	AM036	3.95	34.10	61.95	0.53	13.085	0.0
NSHERSIB010	EDN56	1.16	35.01	63.83	0.54	14.429	1.0
NSHERSIB011	END58	1.04	39.45	39.45	0.55	15.206	8.0

Fuente: SGS COLOMBIA S.A, 2011

8.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CARBONES

La caracterización del tipo de carbón se realizó utilizando la Clasificación Americana de Carbón por Rango (ASTM D388-99); como muestra la Tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de los carbones por rango según ASTM

Rango y grupo	Porcentaje de carbono fijo S _{mm}		Porcentaje de materia volátil S _{mm}		Valor calorífico H _{mm}				Carácter aglomerante
	Igual o mayor que	Menor que	Mayor que	Igual o menor que	Calorías/gramo		Megajulios por kilogramo		
Antracítico									
Metaantracita	98			2					No aglomerante
Antracita	92	98	2	8					
Semiantracita****	86	92	8	14					
Bituminoso									
Bituminoso bajo en volátiles	78	86	14	22					
Bituminoso medio en volátiles	69	78	22	31					Comúnmente aglomerante
Bituminoso A Alto en volátiles		69	31		7.780**		32,6		
Bituminoso B Alto en volátiles					7.220**	7.780	30,2	32,6	
Bituminoso C Alto en volátiles					6.380	7.220	26,7	30,2	
					5.380	6.380			Agglomerante
Subbituminoso									
Subbituminoso A					5.830	6.380			
Subbituminoso B					5.280	5.830			
Subbituminoso C					4.610	5.280			
Lignítico									
Lignito A					5.500	4.610			
Lignito B						3.500			

+ Si es aglomerante se clasifica en el rango de bituminoso bajo en volátiles.

**Carbones que tienen más del 69% de carbono fijo, en base seca y libre de materia liberal.

**** Hay muchas variedades no aglomerantes en estos grupos de rangos bituminosos: También hay excepciones notables en el grupo de Bituminosos C altos en volátiles.

Fuente: INGEOMINAS, 2010.

El rango de un carbón es la clasificación de acuerdo al grado de carbonificación que ha alcanzado un carbón a lo largo de su evolución geológica, en la serie natural desde el lignito hasta la antracita. La carbonificación es el proceso de desarrollo y evolución gradual por el cual las sustancias vegetales de la turba se transforman en ausencia parcial de aire y con la influencia de temperatura y presión, a través del tiempo geológico, en lignito y subsecuentemente en carbón.(INGEOMINAS, 2010).

En esta clasificación, el rango del carbón se calcula utilizando el carbono fijo, la materia volátil, las cenizas, el azufre y el poder calorífico en base seca.

Posteriormente, se calculó el carbono fijo y la materia volátil en base seca libre de la materia mineral con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2. Cálculo de carbono fijo en base seca libre de materia mineral

$$CFslmm = CFbs * 100 / 100 - (1.08Czbs+0.55Sbs)$$

Fuente: Cuellar, Jairo, 2006.

Ecuación 3. Cálculo de materia volátil en base seca libre de materia mineral

$$MVslmm = 100 - CFslmm.$$

Fuente: Cuellar, Jairo, 2006.

Finalmente, se calculó el poder calorífico en base húmeda libre de materia mineral con la ecuación 4:

Ecuación 4. Cálculo de poder calorífico en base húmeda libre de materia mineral

$$BTU_{hlmm} = (BTU-50S) / (100-(1.08CZ + 0.55S))*100$$

Fuente: INGEOMINAS, 2010.

Donde:

bs = base seca

CZ: Porcentaje de Cenizas

S: Porcentaje de Azufre

slmm: Base seca, libre de materia mineral

CFslmm = Carbono fijo en base seca, libre de materia mineral

MVslmm= Materia Volátil en base seca, libre de materia mineral

hlmm: Base húmeda, libre de materia mineral.

BTU= Unidades Térmicas Británicas. (1 BTU=251.995 calorías gramo=1054,25 Julios=1,05435 kilojulios=0,25199 kilocalorías.

BTU/lb: Es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de agua de 1°F a cerca de su punto de máxima densidad, esto es, a los 39,1 °F.

Caloria/gramo: Es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1g de agua de 15 a 16°C. (1 cal=4184 Julios).

Para convertir de BTU/lb a cal/g se dividió por 1,8.

8.5.1 Materia Mineral (mm). Corresponde a los componentes inorgánicos sólidos presentes en el carbón en forma natural, por eso su cálculo se basa en las determinaciones de cenizas y azufre.

Ecuación 5. Cálculo de materia mineral

$$mm = 1.08CZ + 0.55S$$

Fuente: Cuellar, Jairo, 2006.

8.5.2 Análisis en base seca, libre de materia mineral. Es un análisis teórico calculado sobre los datos analíticos básicos de una muestra de carbón y expresado como si la totalidad de la humedad y de la materia mineral se hubiera removido

8.5.3 Análisis en base húmeda, libre de materia mineral. Es un resultado teórico del parámetro de calidad, calculado sobre datos analíticos básicos, expresado como si la materia mineral se hubiera removido y la humedad se hubiera mantenido. Se usa para determinar el rango del carbón.

Las tablas 14, 15 y 16 muestran los valores de carbono fijo y materia volátil en base seca, libre de materia mineral y el poder calorífico en base húmeda, libre de materia mineral que permiten realizar la clasificación por rango.

Tabla 14. Resultados de la clasificación ASTM Zona El Cedral

Muestra	Carbono Fijo bs %	Cenizas bs %	Azufre bs %	100 - (1.08Cz+0.55S)	CF slmm	MV slmm	Poder Calorífico hlmm (cal/g)	Clasificación ASTM
NSTOLCED001	60.21	2.19	0.55	97.93	61.50	38.5	8097.90	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED002	55.24	1.31	0.51	98.30	56.20	43.80	8450.04	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED003	60.94	1.78	0.46	97.82	62.30	37.70	7719.96	Bituminoso Alto en Volátiles B
NSTOLCED004	57.01	1.24	0.47	97.51	58.50	41.53	7212.08	Bituminoso Alto en Volátiles B
NSTOLCED005-I	51.02	6.87	1.63	91.68	55.65	44.35	8434.83	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED005-M	23.28	52.15	1.54	42.83	54.35	45.65	3485	Lignito B
NSTOLCED005-S	47.44	15.88	1.66	81.94	57.90	42.10	8392.32	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED006	58.47	1.77	0.58	97.77	59.80	40.20	8412.60	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED007	55.27	2.69	0.59	96.77	57.11	42.89	7925.72	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLCED010	56.88	1.33	0.51	98.28	57.87	42.13	8066.24	Bituminoso Alto en Volátiles A

Fuente: Autor.

Tabla 15. Resultados de la clasificación ASTM Zona Samaria

Muestra	Carbono Fijo bs %	Cenizas bs %	Azufre bs %	100 - (1.08Cz+0.55S)	CF slmm	MV Slmm	Poder Calorífico hlmm (cal/g)	Clasificación ASTM
NSTOLSAM001	51.85	15.85	0.61	82.55	62.81	37.19	8601.86	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLSAM002	59.35	1.85	0.52	97.72	60.74	39.26	7739.23	Bituminoso Alto en Volátiles B
NSTOLSAM003	57.90	1.01	0.52	98.62	58.71	41.29	7081.05	Bituminoso Alto en Volátiles C
NSTOLSAM004	56.63	5.76	0.49	93.51	60.60	39.44	7231.25	Bituminoso Alto en Volátiles B
NSTOLSAM005	58.59	2.82	1.23	96.28	60.86	39.14	8446.72	Bituminoso Alto en Volátiles A
NSTOLSAM006	56.79	1.73	0.59	97.81	58.06	41.94	7052.51	Bituminoso Alto en Volátiles C
NSTOLSAM007	57.48	1.30	0.53	98.30	58.47	41.53	7013.39	Bituminoso Alto en Volátiles C
NSTOLSAM008	56.38	4.30	0.82	94.91	59.41	40.60	7607.21	Bituminoso Alto en Volátiles B

Fuente: Autor.

Tabla 16. Resultados de la clasificación ASTM Zona Siberia

Muestra	Carbono Fijo bs %	Cenizas bs %	Azufre bs %	100 - (1.08Cz+0.55S)	CF slmm	MV Slmm	Poder Calorífico hlm (cal/g)	Clasificación ASTM
NSHERSIB001	50.98	3.49	0.68	95.86	53.18	46.82	7806.20	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB002	42.54	23.21	1.36	74.19	57.34	42.66	8491.51	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB003	59.38	1.49	0.70	98.01	60.59	39.41	7984.22	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB004	48.05	3.56	0.42	95.92	50.09	49.91	7849.95	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB005	57.67	5.37	0.64	93.85	61.45	38.55	8434.99	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB006	58.00	2.71	0.77	96.65	60.01	39.99	8545.47	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB007	59.97	2.65	0.73	96.74	61.99	38.01	8535.50	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB008	59.98	0.70	0.58	98.93	60.63	39.37	8442.42	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB009	61.95	3.95	0.53	95.44	64.91	35.09	7601.14	Bituminoso Altos en Volátiles B
NSHERSIB010	63.83	1.16	0.54	98.45	64.83	35.17	8127.06	Bituminoso Altos en Volátiles A
NSHERSIB011	39.45	1.04	0.55	98.57	40.02	59.98	8554.46	Bituminoso Altos en Volátiles A

Fuente: Autor.

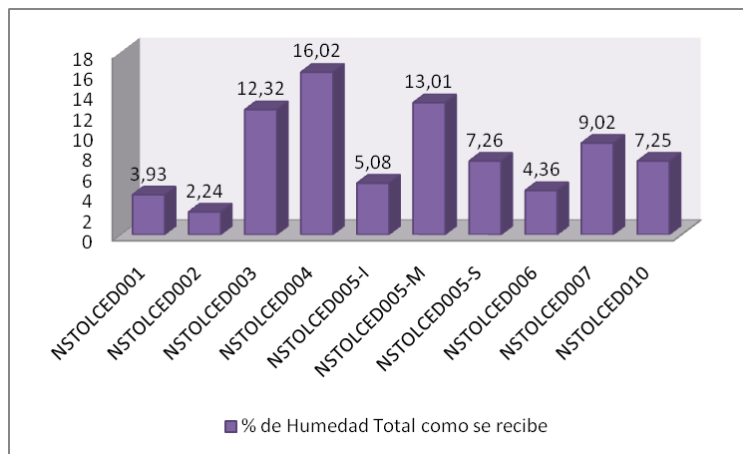
8.6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Comprende la interpretación de los datos obtenidos durante las pruebas de laboratorio.

8.6.1 Análisis próximos completos e índice de hinchamiento.

8.6.1.1 Zona el Cedral.

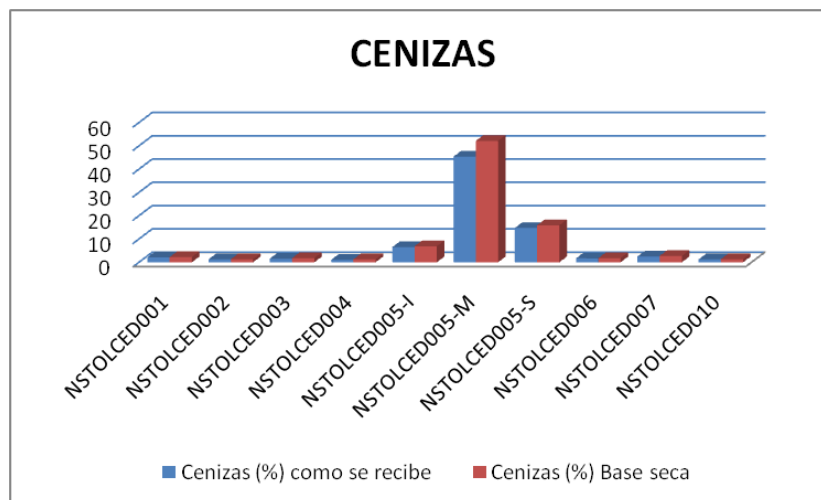
Figura 29. Contenido de Humedad Total, Como se recibe



Fuente: Autor.

Los porcentajes de humedad total varían desde 2,24% hasta 16,02%, con un valor promedio de 8,049%.

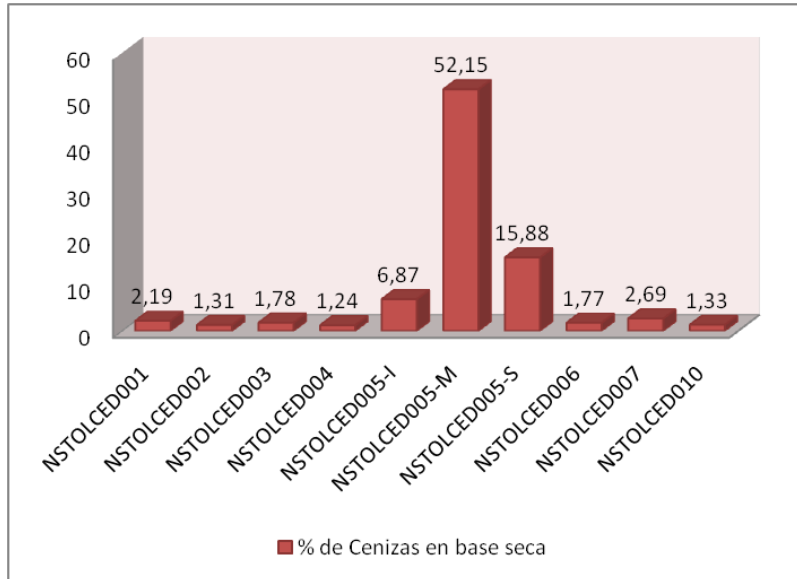
Figura 30. Contenido de Cenizas en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

Los porcentajes de cenizas son buenos para la mayoría de los mantos, pues la mayoría no superan el 10%.

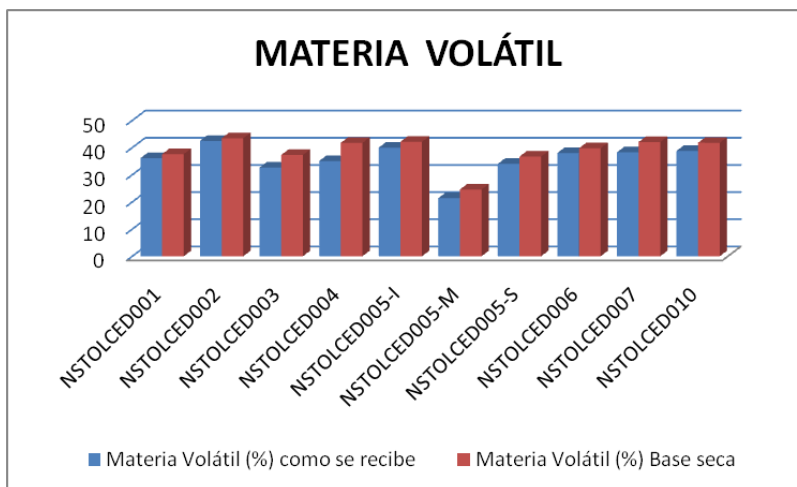
Figura 31. Contenido de Cenizas en base seca



Fuente: Autor.

Los porcentajes de cenizas son buenos para la mayoría de los mantos y varían entre un 1.24% y un 15,88 %, con un promedio de 3,8955%, excepto la muestra NSTOLCED005-M que presenta un valor de 52,15% y corresponde a una lodolita carbonosa.

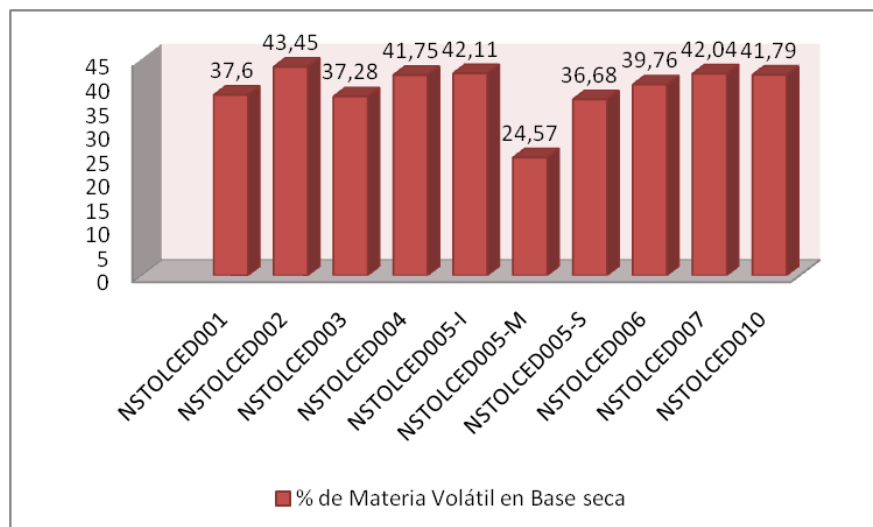
Figura 32. Contenido de materia volátil, en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

Los porcentajes de materia Volátil no superan el 50%.

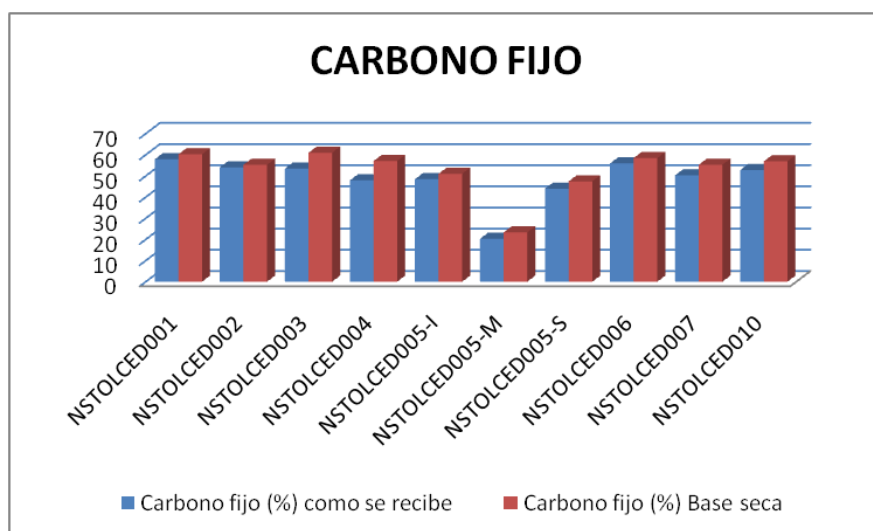
Figura 33. Contenido de Materia Volátil en base seca



Fuente: Autor.

Los porcentajes de materia volátil en base seca varían de 24,57% al 43,45%, con un valor promedio de 38,703%.

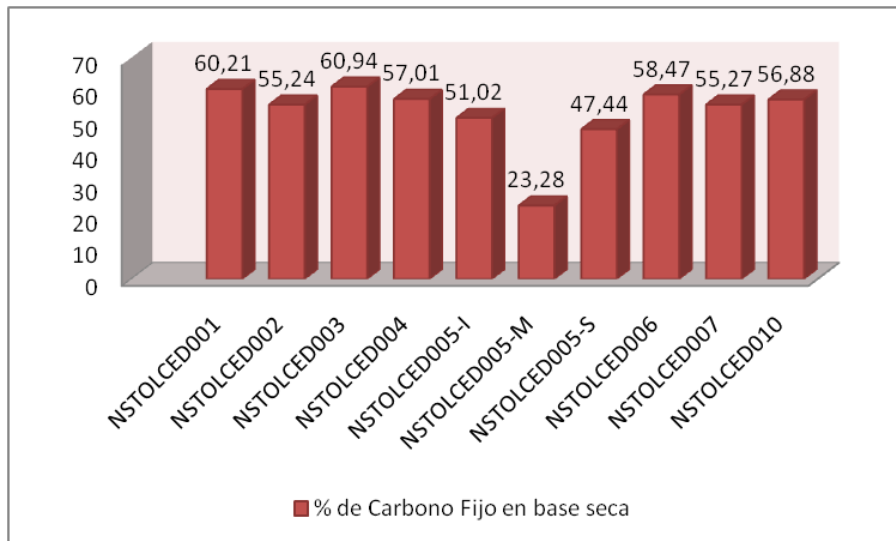
Figura 34. Contenido de Carbono Fijo en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

Los porcentajes de carbono fijo no superan el 60%.

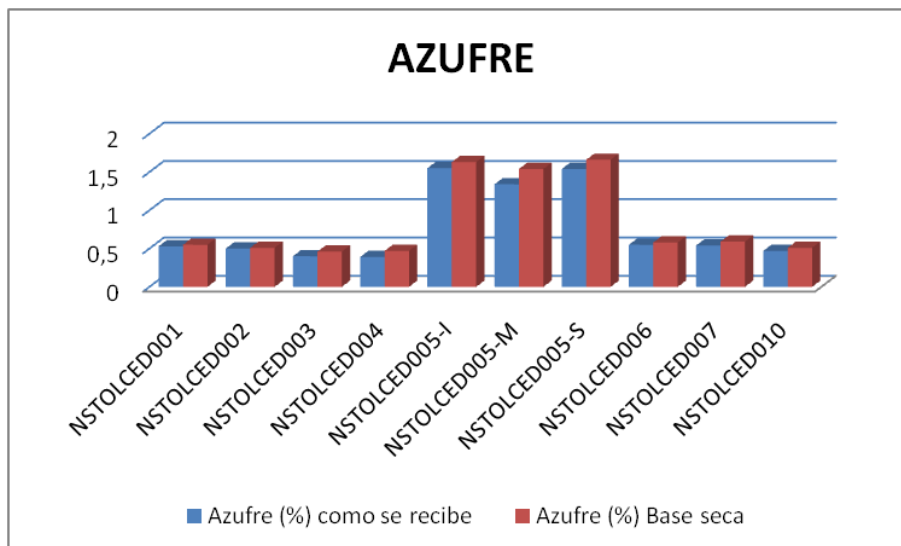
Figura 35. Contenido de Carbono Fijo en base seca, Zona El Cedral



Fuente: Autor.

El carbono fijo oscila entre el 47.44% y el 60,94%, con un promedio de 55,831%, excepto la muestra NSTOLCED005-M correspondiente a una intercalación de lodolita carbonosa que presenta un valor muy bajo de carbono fijo.

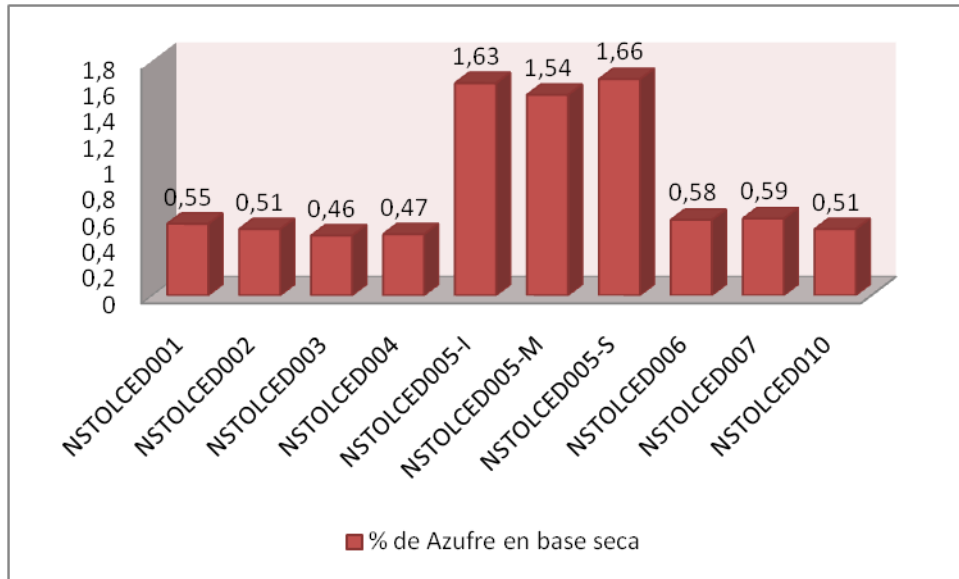
Figura 36. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

La mayoría de las muestras presentan porcentajes de azufre inferiores al 0,6%.

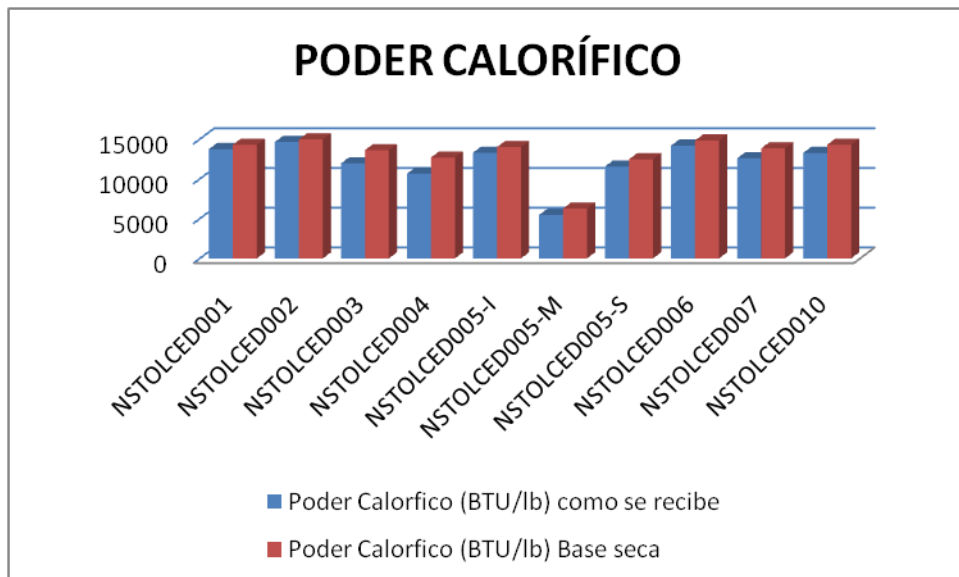
Figura 37. Contenido de Azufre en base seca



Fuente: Autor.

El azufre presente en las muestras es bajo y varía entre 0,46% y 1,66%, con un promedio de 0,85%.

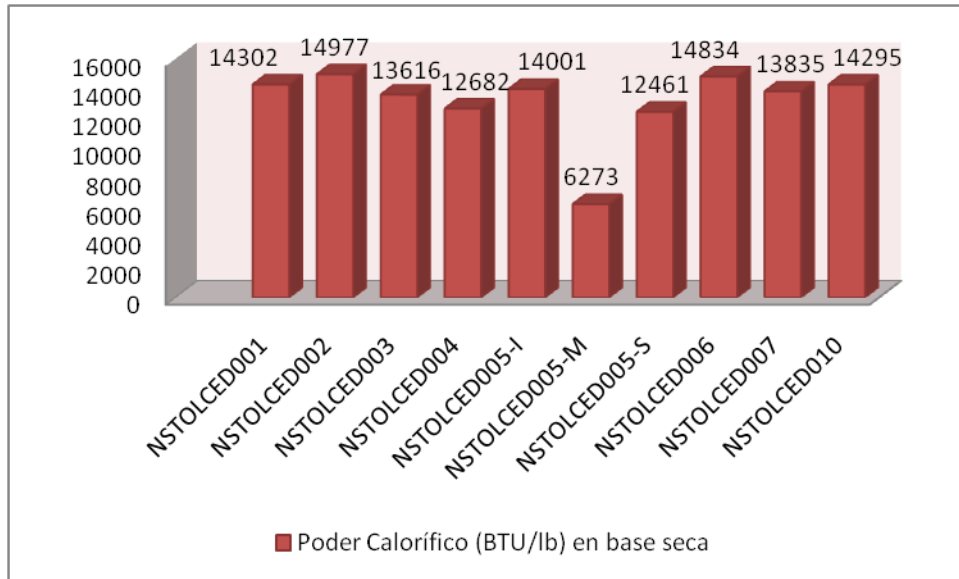
Figura 38. Valores de Poder Calorífico, en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

Los mantos presentan valores de poder calorífico inferiores a los 15000 BTU/lb.

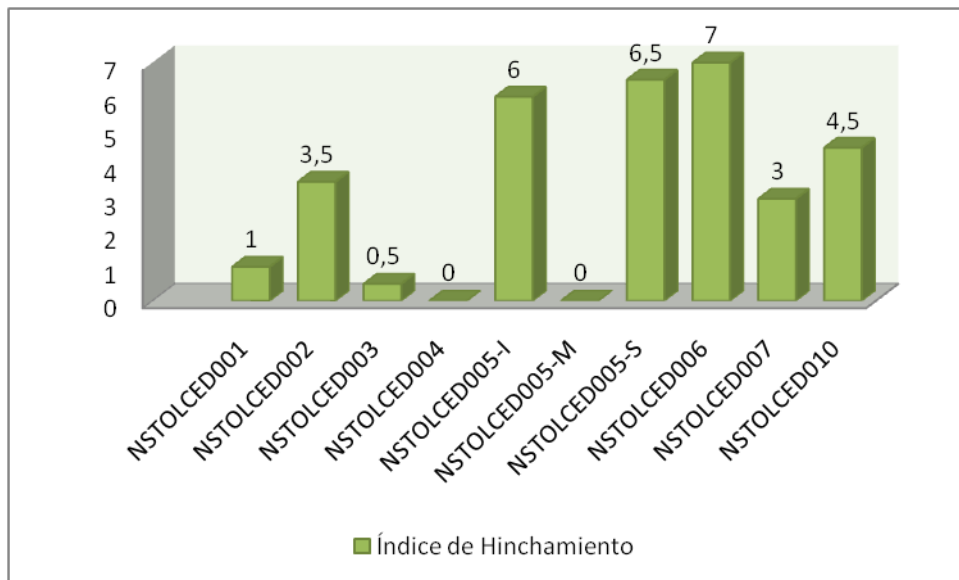
Figura 39. Valores de Poder calorífico, en base seca



Fuente: Autor.

Los valores del poder calorífico de los carbones de esta zona varían entre los 12461 y 14977 BTU/lb, con un valor promedio de 13889,22 BTU/lb, excepto la muestra NSTOLCED005-M que presenta un poder calorífico muy bajo.

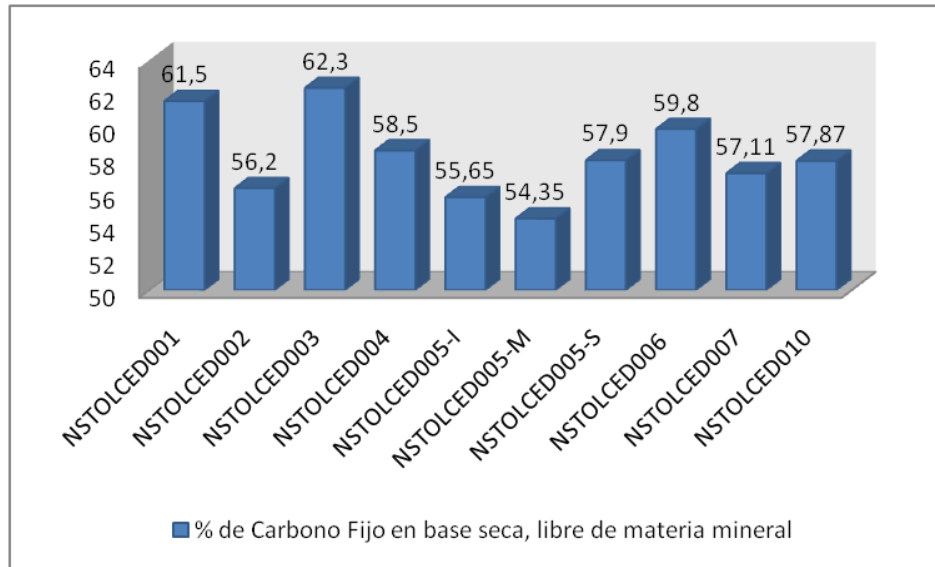
Figura 40. Valores de índice de Hinchamiento



Fuente: SGS COLOMBIA S.A.

Las muestras NSTOLCED005-I, NSTOLCED005-S y NSTOLCED006 presentan índices de hinchamiento altos.

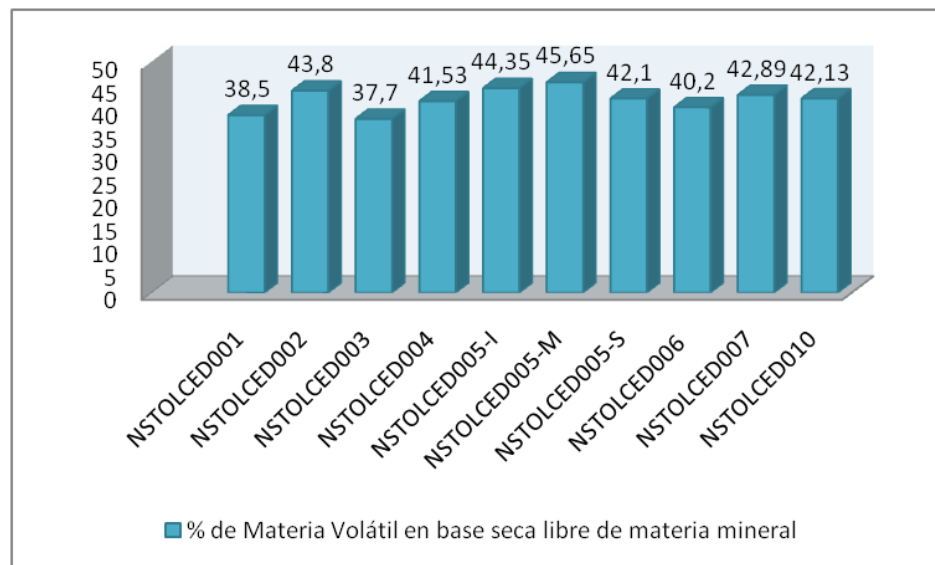
Figura 41. Contenido de Carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

Los porcentajes de carbono fijo varían de 54,35% al 62,3% con un valor promedio de 58, 118 %.

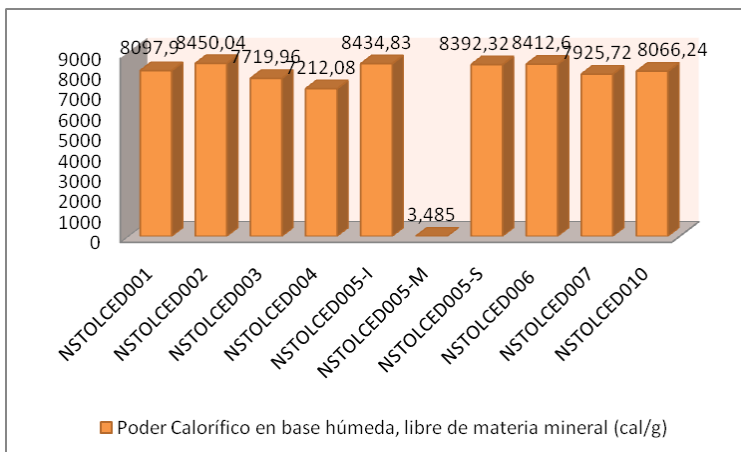
Figura 42. Contenido de Materia Volátil en base seca, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

La materia volátil varía entre 37,7% y 45,65%, con un valor promedio de 41,885%, lo cual indica que estos carbones son de altos volátiles.

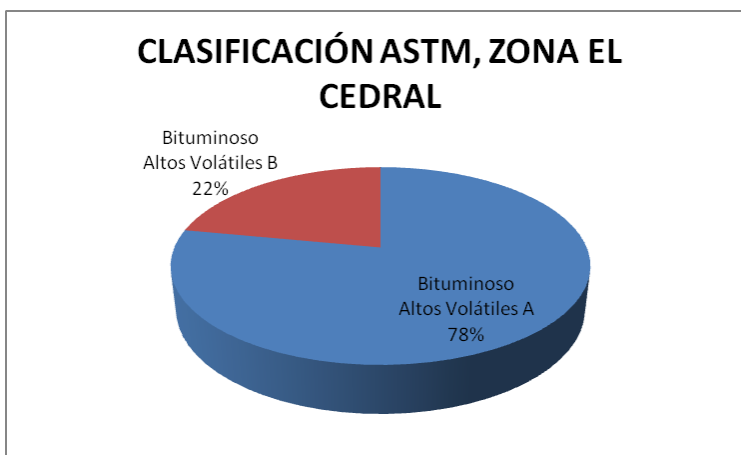
Figura 43. Valores de Poder Calorífico en base húmeda, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

El poder calorífico varía entre 7212,08 cal/g y 8450,04 cal/g, con un valor promedio de 8079,07% cal/g, lo cual indica que estos carbones son de alto rango, excepto la muestra NSTOLCED005-M que presenta bajo rango.

Figura 44. Clasificación de carbones por rango, según la Norma ASTM D388-99

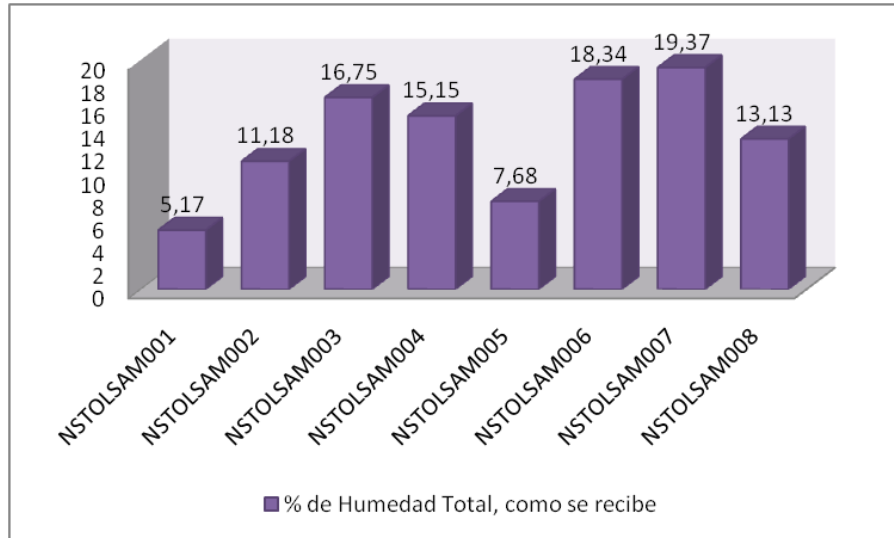


Fuente: Autor.

Los carbones predominantes en esta zona son Bituminosos altos en volátiles A y Bituminosos altos en volátiles B, siendo los carbones de la parte inferior y media de la secuencia de Los Cuervos de buena calidad.

8.6.1.2 Zona samaria.

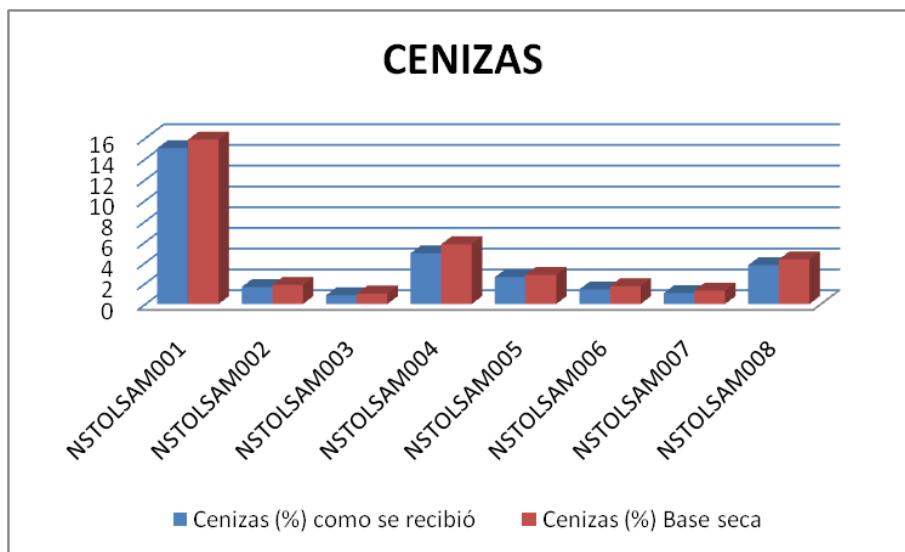
Figura 45. Contenido de humedad total, como se recibe



Fuente: Autor.

La humedad total varía entre 5,17% al 19,37%, con un promedio de 13,34%, esto demuestra que los carbones de esta zona presentan un mayor contenido de humedad con respecto a los de la zona El Cedral que presenta humedad total promedio de 8,291%.

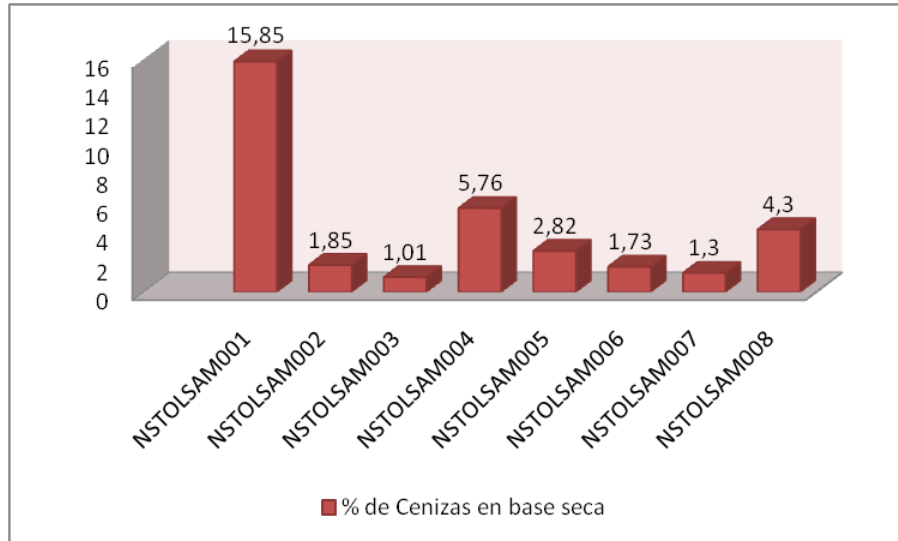
Figura 46. Contenido de Cenizas en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

En la mayoría de las muestras el contenido de cenizas es bajo, puesto que no supera el 6%.

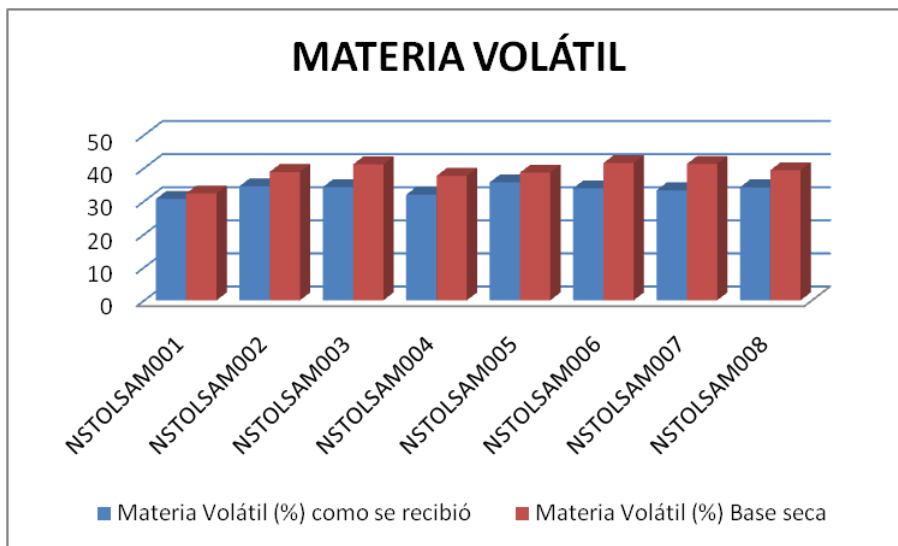
Figura 47. Contenido de cenizas en base seca



Fuente: Autor.

Los contenidos de cenizas muestran valores aceptables, que varían entre 1,01% y 5,76%, con promedio de 4,3275%, excepto la muestra NSTOLSAM001 del manto 60 correspondiente a la estación RG77, que presenta un valor alto de cenizas.

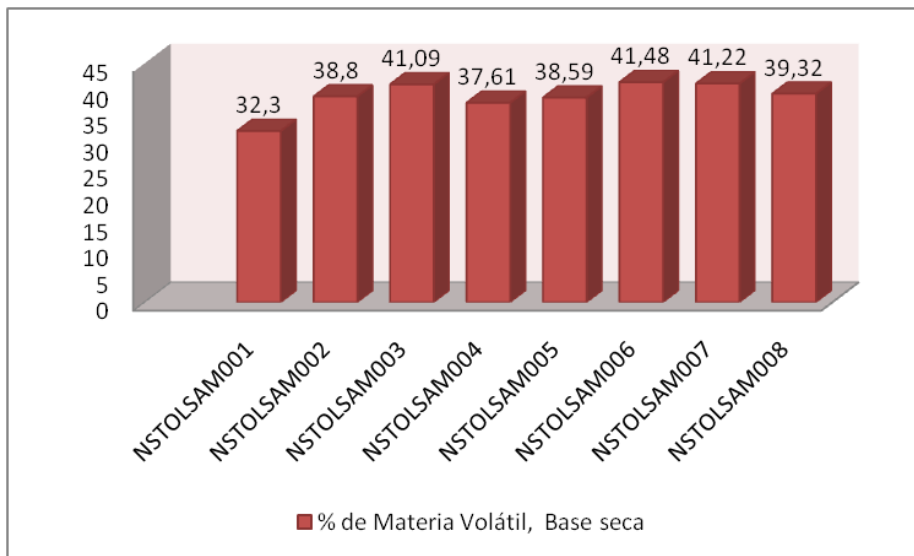
Figura 48. Contenido de materia volátil en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

El contenido de materia volátil de la mayoría de las muestras supera el 31%, lo cual indica que los carbones de esta zona son de altos volátiles.

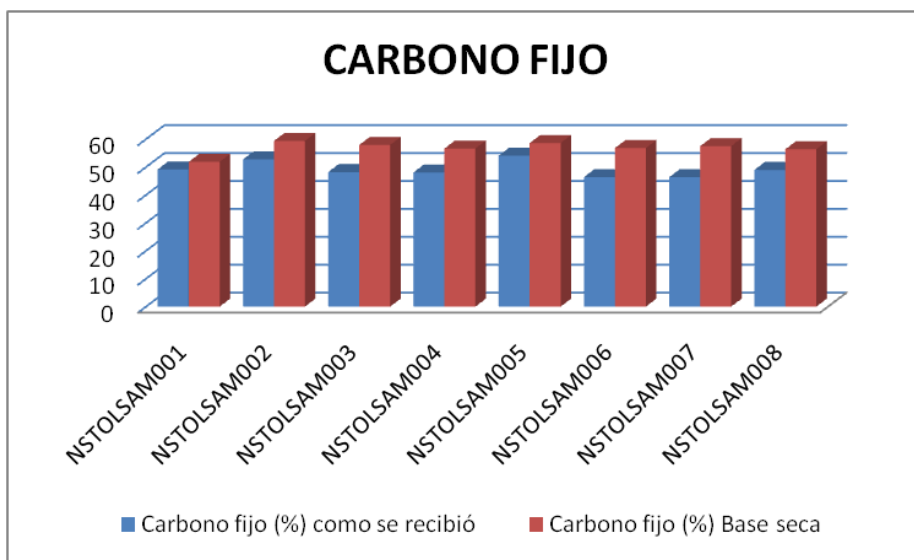
Figura 49. Contenido de materia Volátil en base seca



Fuente: Autor.

Los porcentajes de materia volátil varían de 32,3% a 41,48%, con un valor promedio de 38,80%.

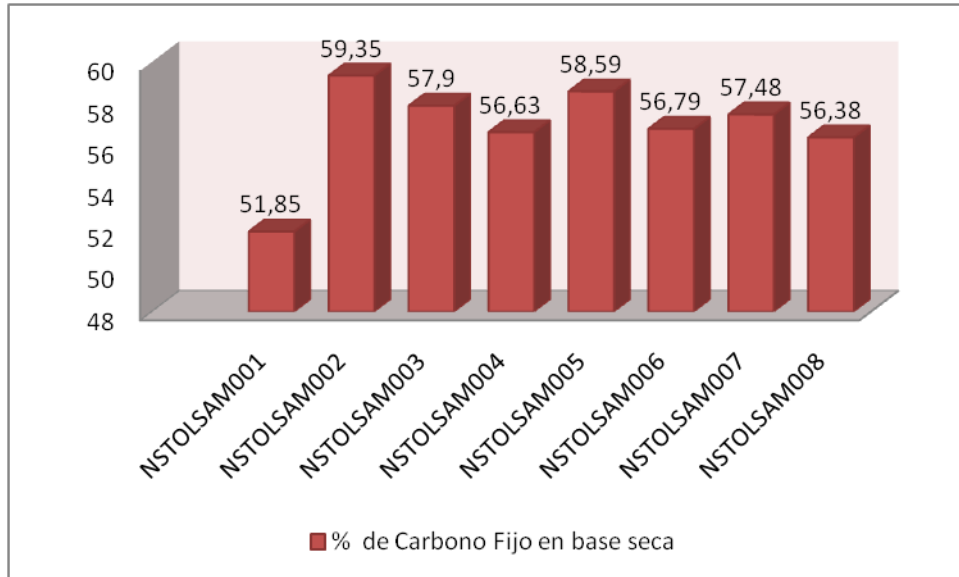
Figura 50. Contenido de Carbono Fijo en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

El contenido de carbono fijo de las muestras es inferior al 60%.

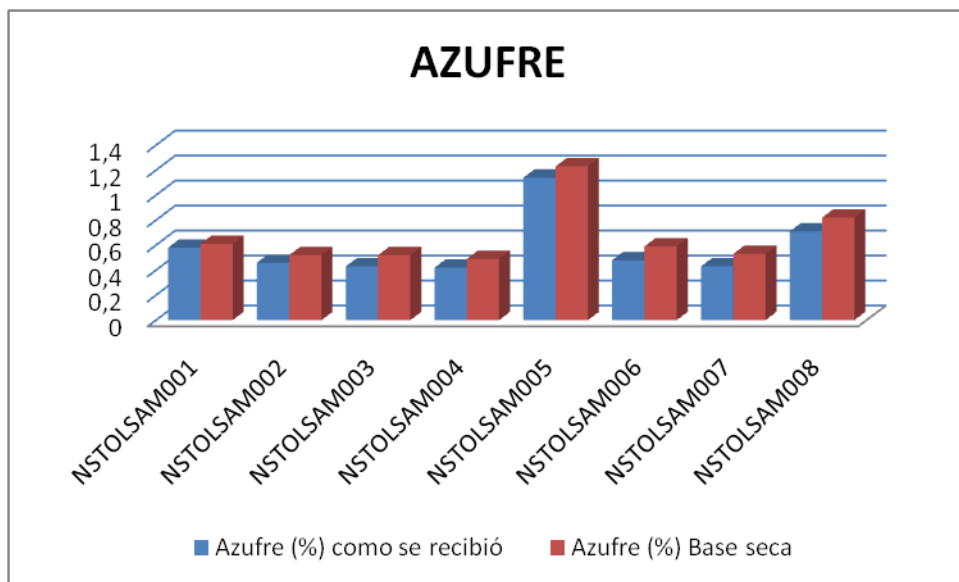
Figura 51. Contenido de Carbono Fijo en base seca



Fuente: Autor.

Los porcentajes de carbono fijo se encuentran entre el 51.85% y el 59,35%, con un valor promedio de 56,87%.

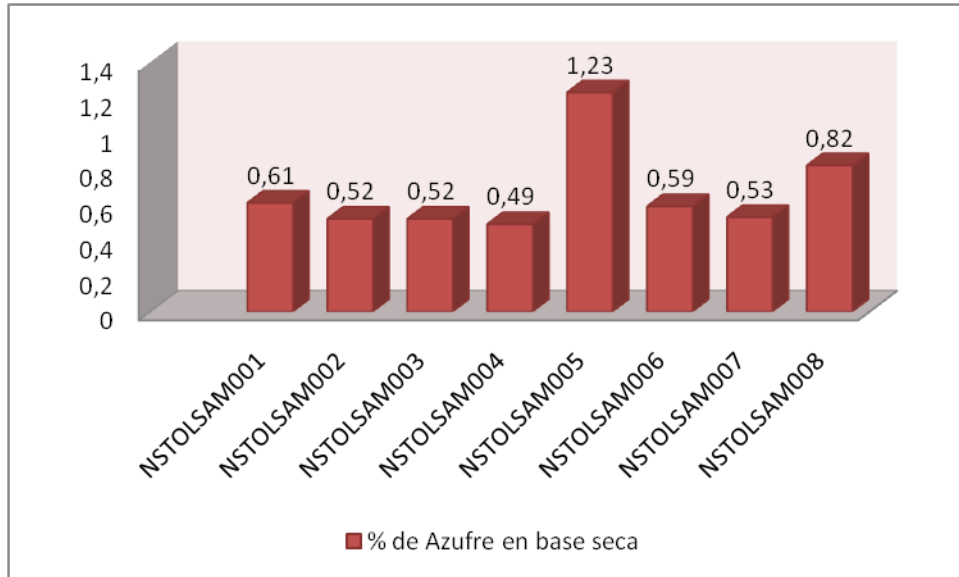
Figura 52. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

El contenido de azufre en la mayoría de las muestras es inferior al 1.23%.

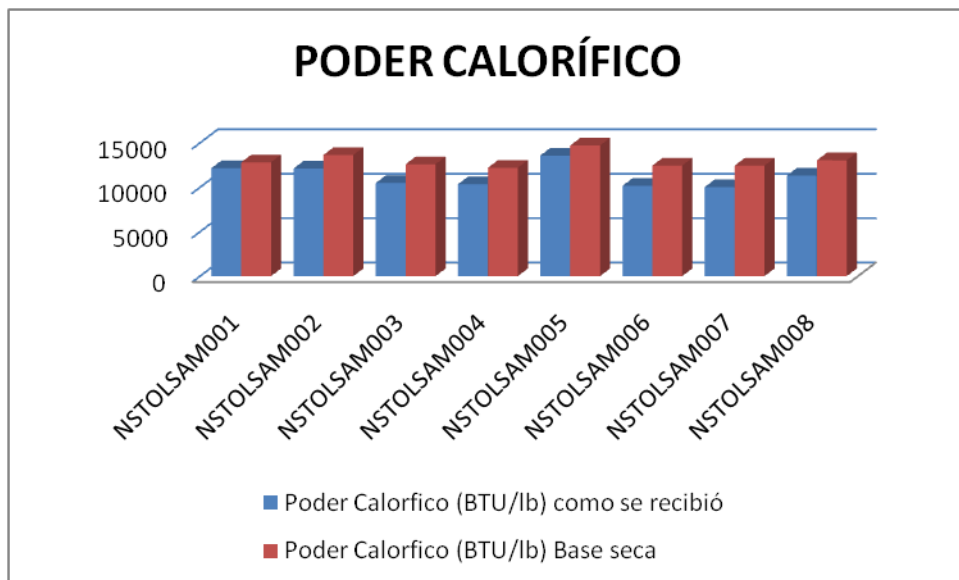
Figura 53. Contenido de azufre en base seca



Fuente: Autor.

El contenido de azufre varía entre 0,49 % y 1,23%, con un promedio de 0.66%.

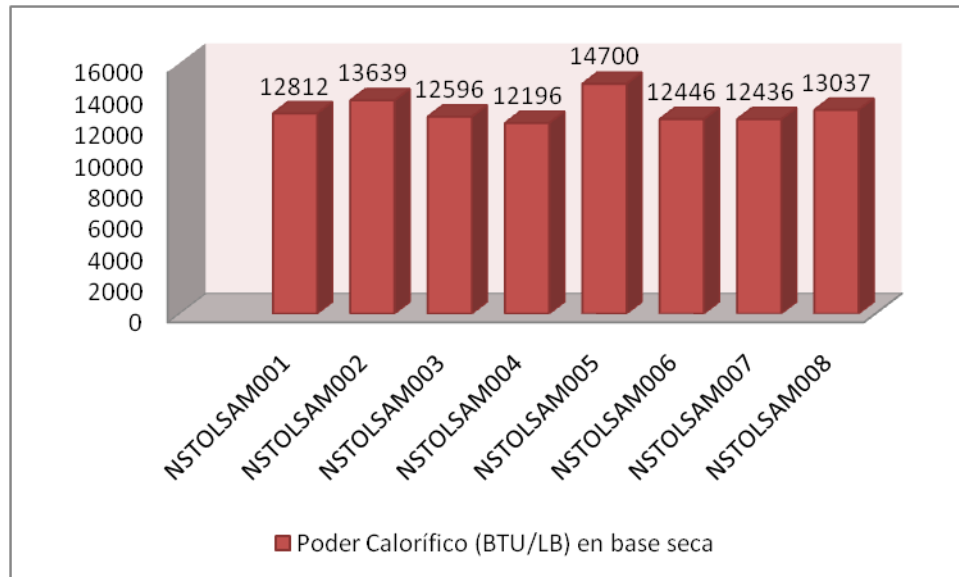
Figura 54. Valores de Poder Calorífico



Fuente: Autor.

Los valores de poder calorífico no superan los 15000 BTU/lb.

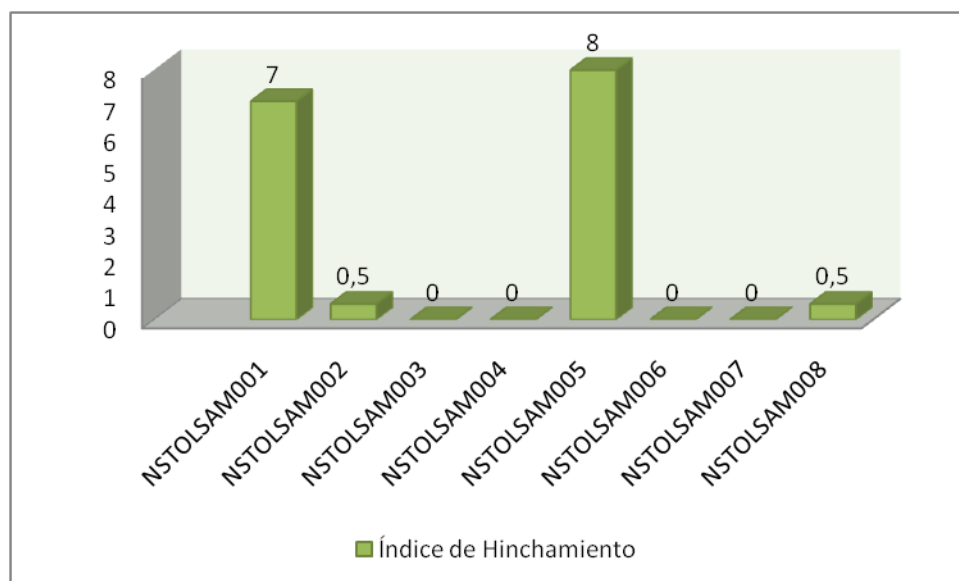
Figura 55. Valores de poder Calorífico en base seca



Fuente: Autor.

El poder calorífico de los carbones de esta zona varían entre los 12196 y los 14700 BTU/lb, con valores promedios de 12982,75 BTU/lb.

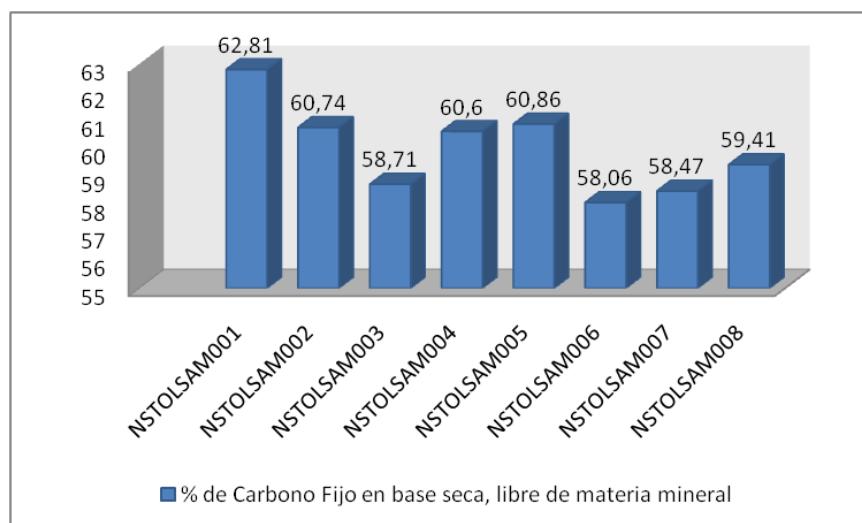
Figura 56. Valores de Índice de Hinchamiento



Fuente: Autor.

Los índices de hinchamiento de estas muestras son muy bajos, excepto las muestras NSTOLSAM001 Y NSTOLSAM005 de los mantos correspondientes a las estaciones RG77 y RG106 que presentan índices de hinchamiento altos.

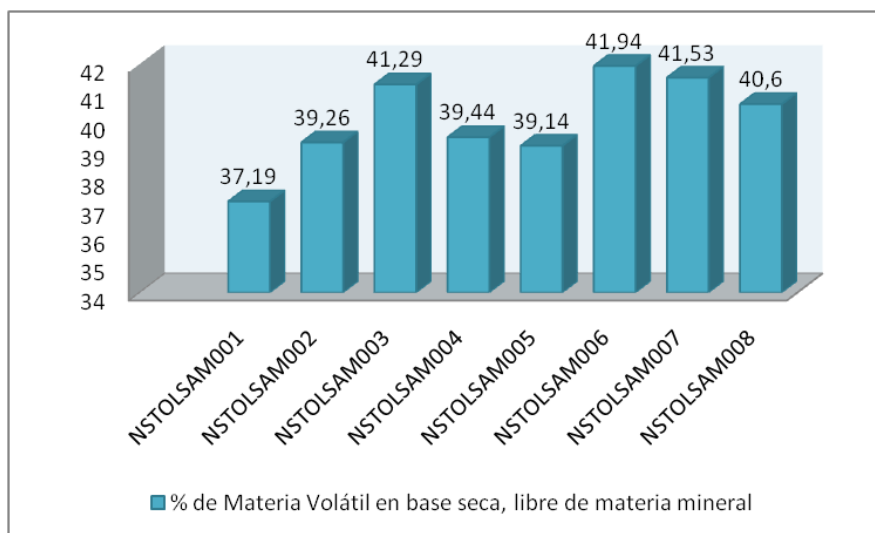
Figura 57. Contenido de carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

El contenido de carbono fijo varía de 58,06% al 62,81%, con valores promedio de 59,95%.

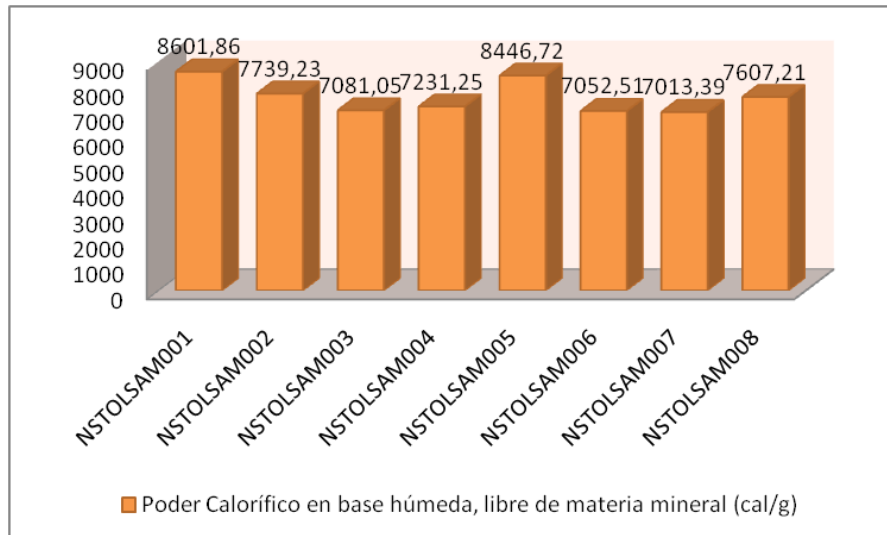
Figura 58. Contenido de materia volátil en base seca, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

Los porcentajes de materia volátil varían de 37,19% a 41,94%, con un promedio de 40,04%, lo cual indica que los carbones de esta zona son de altos volátiles.

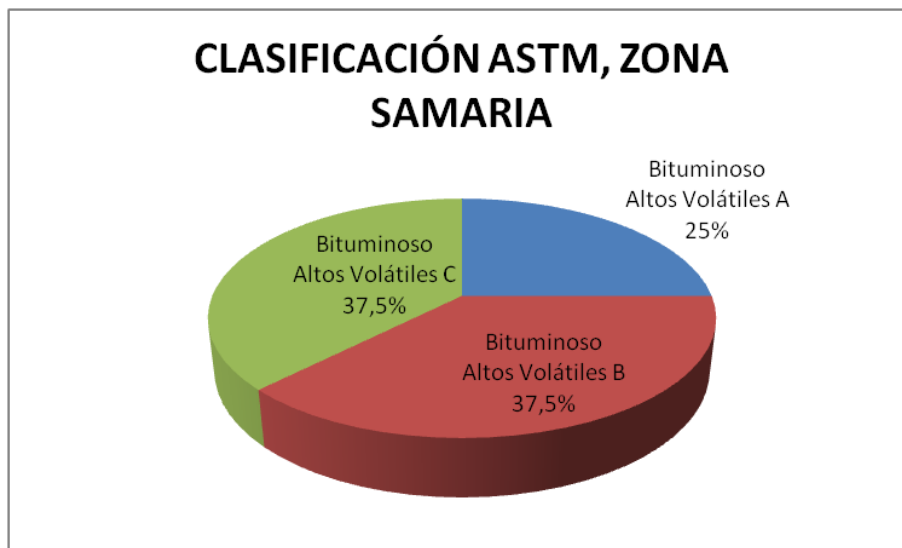
Figura 59. Valores de poder calorífico en base húmeda, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

El poder calorífico varía entre 7013,39 cal/g y 8601,86 cal/g, con un valor promedio de 7596,65%, lo cual indica que estos carbones son de alto rango.

Figura 60. Clasificación de carbones, según la Norma ASTM D388-99, zona Samaria

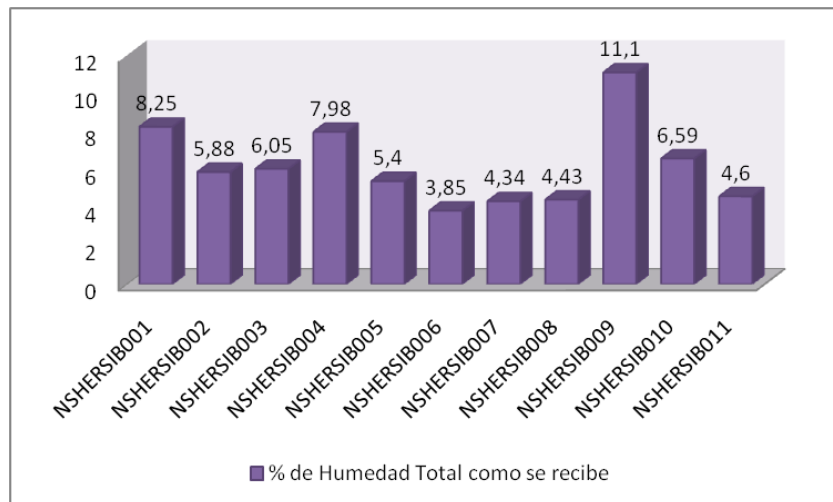


Fuente: Autor.

Los carbones de esta zona varían entre Bituminosos altos volátiles A, Bituminosos altos volátiles B y Bituminosos altos en C.

8.6.1.3 Zona Siberia.

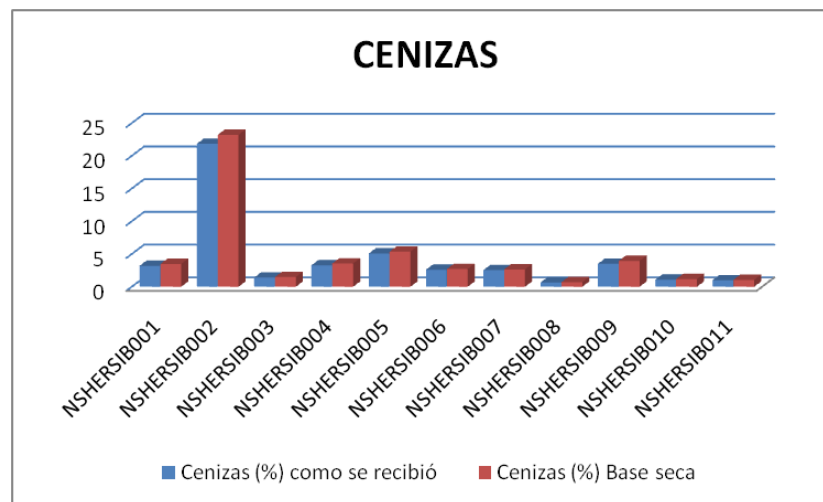
Figura 61. Contenido de humedad total como se recibe



Fuente: Autor.

Los valores de humedad total varían entre 3.85% y 11.1%, con un valor promedio de 6,22%.

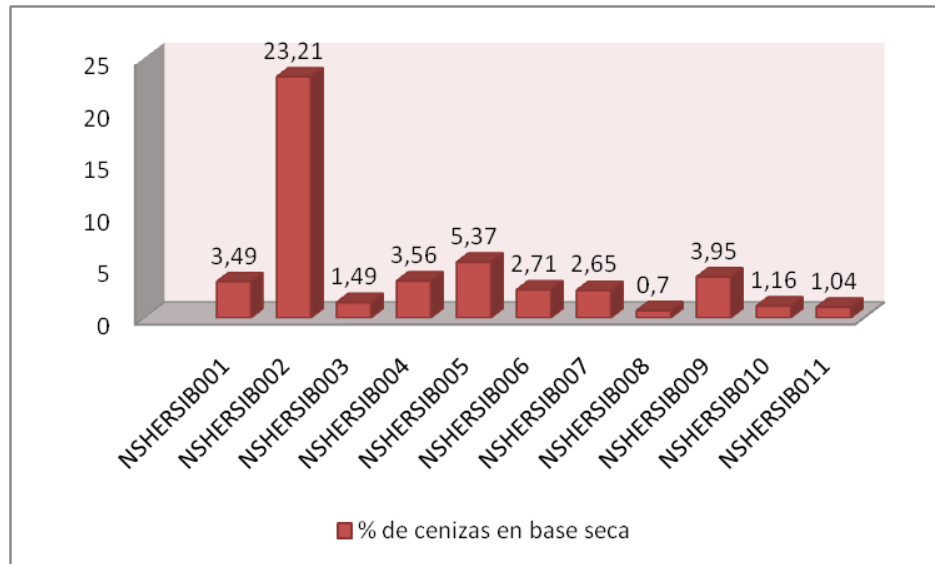
Figura 62. Contenido de cenizas en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

La mayoría de las muestras presentan valores bajos de cenizas, los cuales son inferiores al 5.5%.

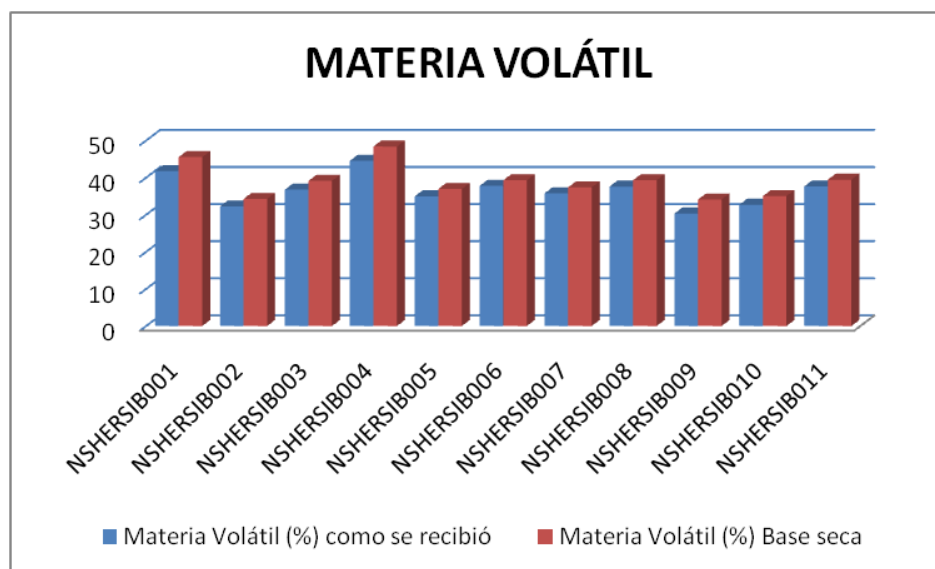
Figura 63. Contenido de Cenizas en base seca



Fuente: Autor.

El contenido de cenizas varía entre 0.7% y 5,37%, con un promedio de 4,48%, excepto la muestra NSHERSIB002 que presenta un porcentaje alto de cenizas.

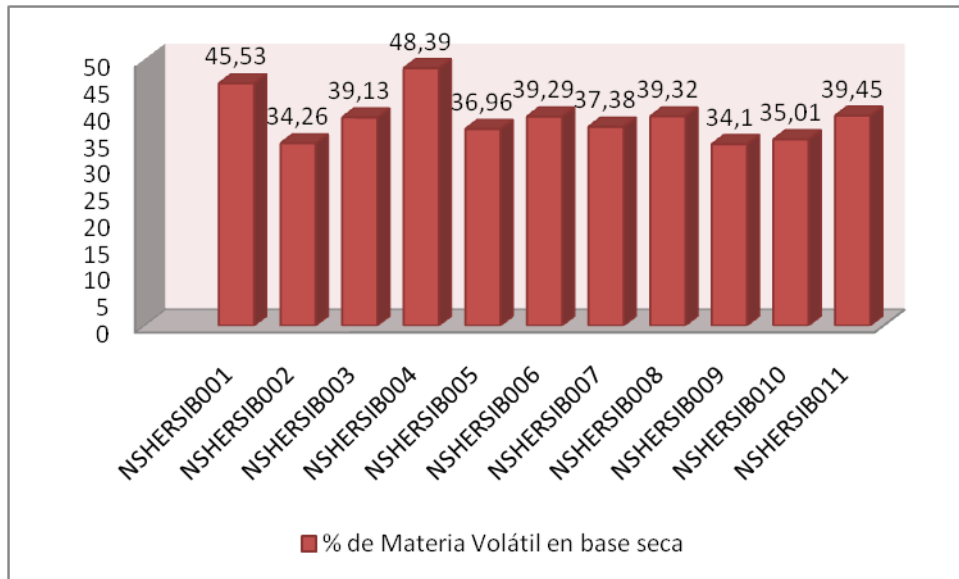
Figura 64. Contenido de materia volátil en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

El contenido de materia volátil en la mayoría de las muestras es inferior al 40%.

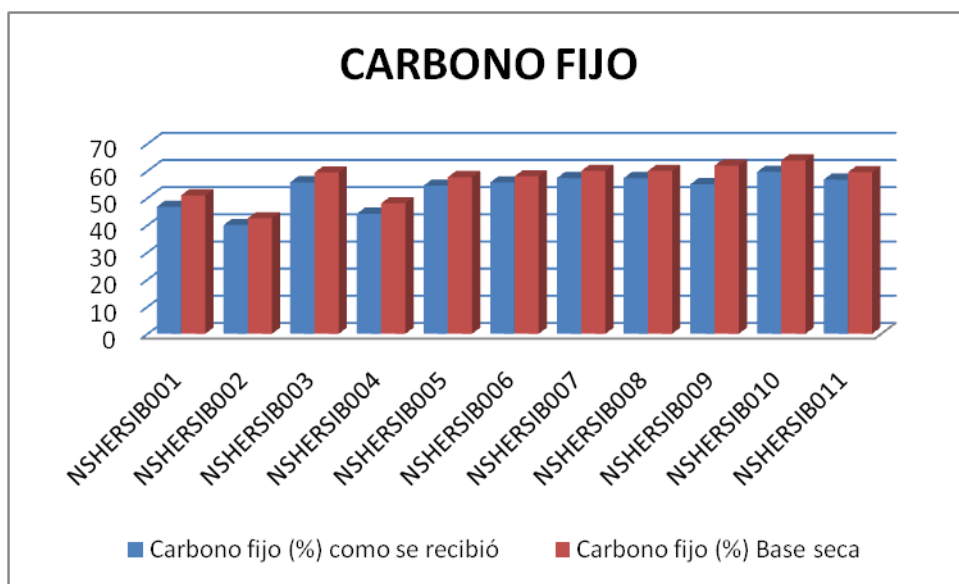
Figura 65. Contenido de materia volátil en base seca



Fuente: Autor.

La materia volátil varía entre un 34,1% un 48.39%, con un valor promedio de 38,98%, lo cual indica que los carbones de esta zona son de altos volátiles.

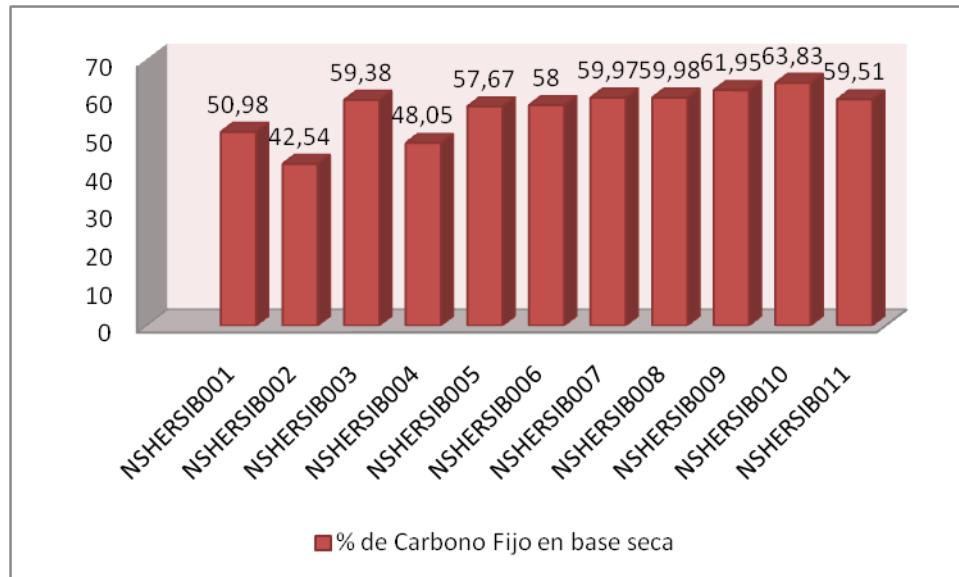
Figura 66. Contenido de carbono fijo en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

La mayoría de las muestras presentan valores de carbono fijo menores al 60%.

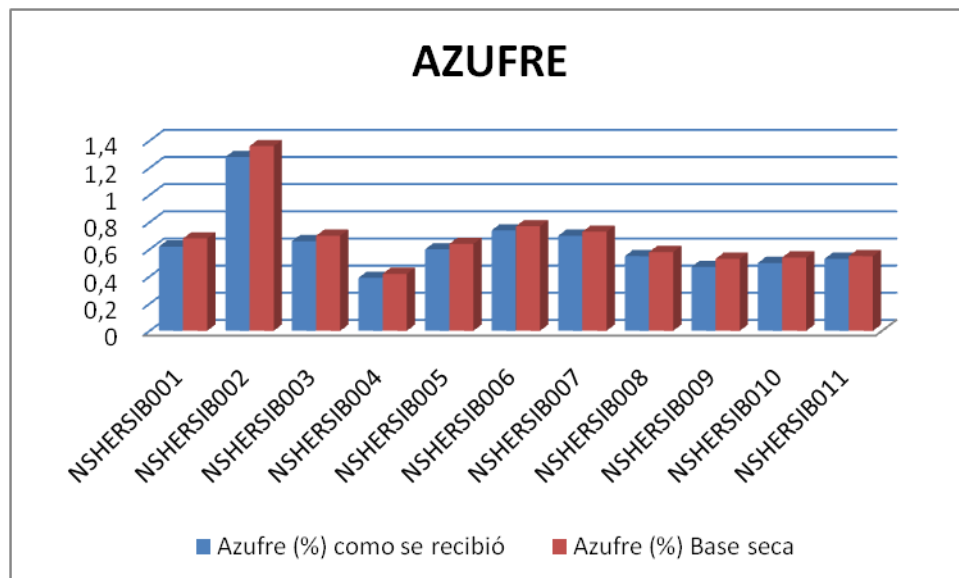
Figura 67. Contenido de Carbono Fijo en base seca



Fuente: Autor.

El carbono fijo varía entre 42,54% y un 63.83%.

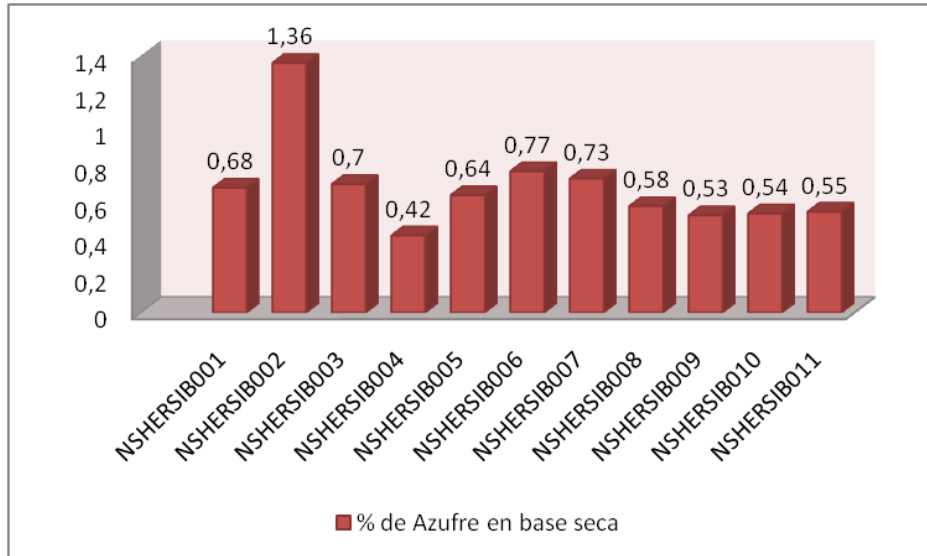
Figura 68. Contenido de Azufre en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

Las mayoría de las muestras presentan porcentajes de azufre menores al 0.8%.

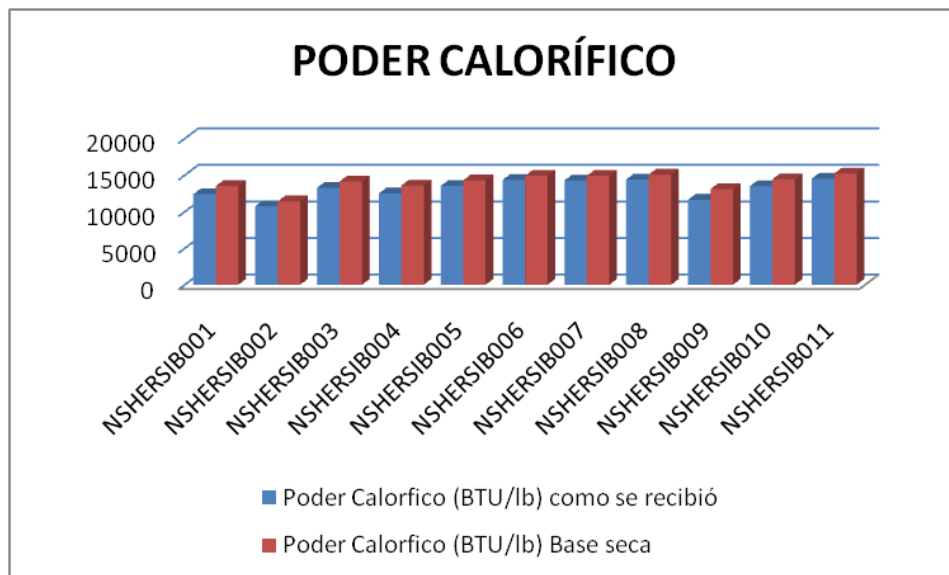
Figura 69. Contenido de azufre en base seca



Fuente: Autor.

El azufre promedio es de 0,68%. Los valores de azufre se encuentran en un intervalo de 0,42% hasta un 0,77%, excepto la muestra NSHERSIB002 que tiene un valor alto de azufre.

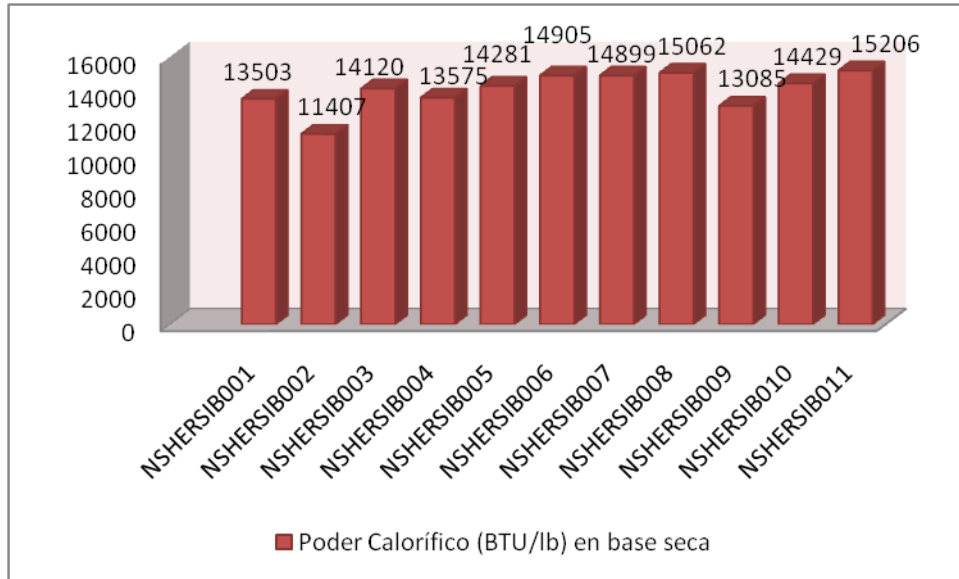
Figura 70. Valores de poder calorífico en base seca y como se recibe



Fuente: Autor.

La mayoría de las muestras presentan valores de poder calorífico inferiores a 15000 BTU/lb.

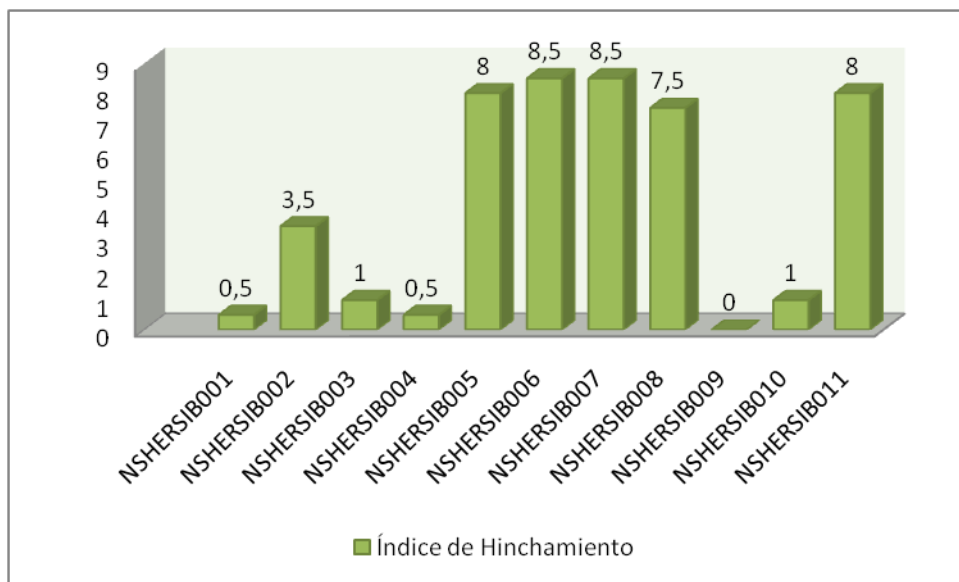
Figura 71. Valores de poder calorífico en base seca



Fuente: Autor.

El Poder calorífico varía desde 11407 BTU/lb hasta 15206 BTU/lb.

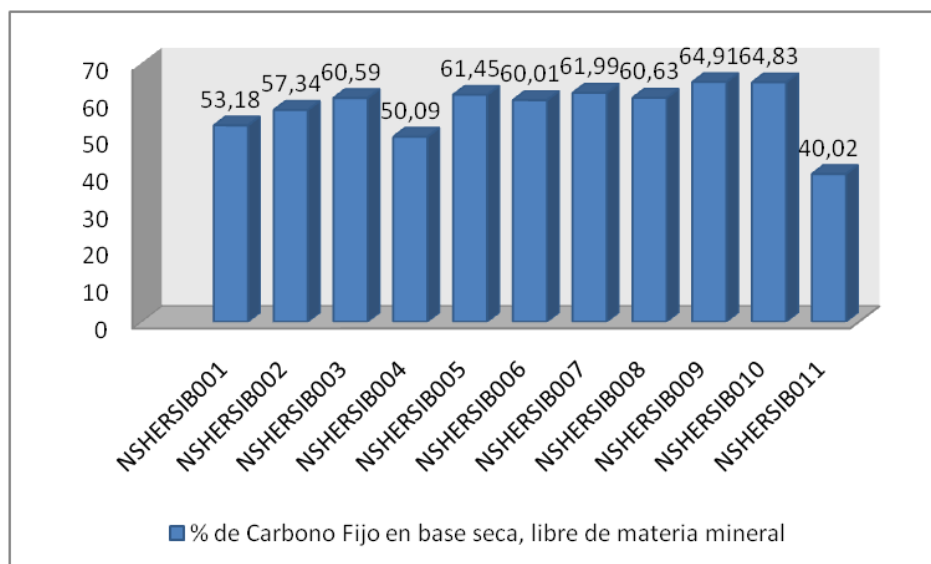
Figura 72. Valores de índice de Hinchamiento



Fuente: Autor.

Las muestras NSHERSIB005, NSHERSIB006, NSHERSIB007, NSHERSIB008 y NSHERSIB011 presentan índices de hinchamiento altos, es decir entre 7.5 y 8.5.

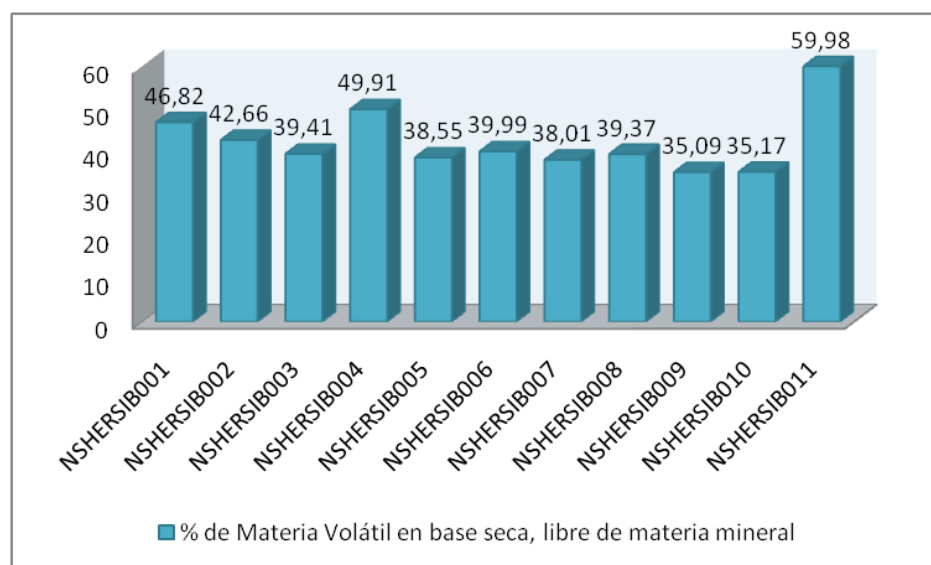
Figura 73. Contenido de carbono Fijo en base seca, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

El carbono fijo varía desde 40,02% hasta 64,91%, con un valor promedio de 57,73%.

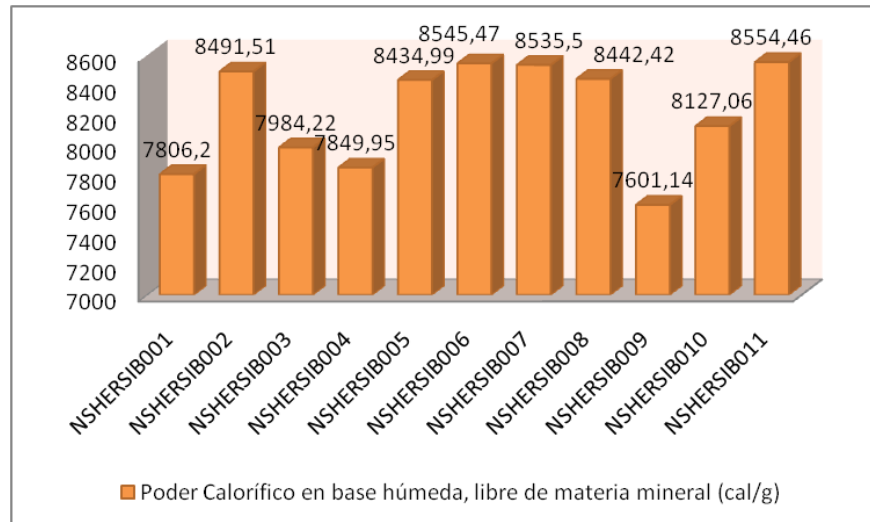
Figura 74. Contenido de Materia Volátil en base seca libre de materia mineral



Fuente: Autor.

La materia volátil varía entre 35.09% y 59.98%, esto indica que los carbones de esta zona son de altos volátiles.

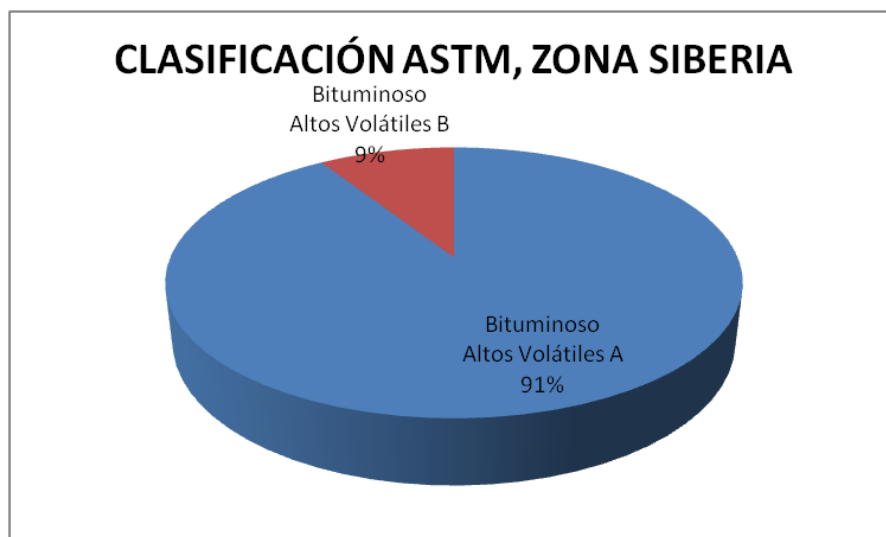
Figura 75. Valores de Poder Calorífico en base húmeda, libre de materia mineral



Fuente: Autor.

El poder calorífico está entre 7601,14 cal/g y 8554,46 cal/g, lo cual indica que los carbones de esta zona son de alto rango.

Figura 76. Clasificación de carbones, según la Norma ASTM D388-99, Zona Siberia

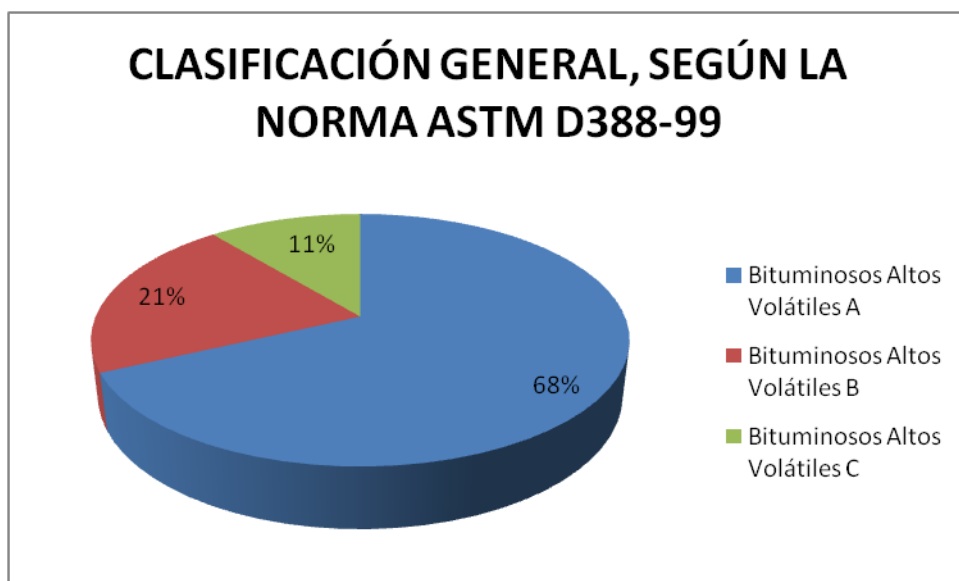


Fuente: Autor.

Los carbones predominantes en esta zona son bituminosos Altos en Volátiles A.

Según la interpretación anterior, se puede afirmar que el 68% de los carbones son Bituminosos altos volátiles A, el 21% de los carbones son bituminosos altos volátiles B y el 11% son bituminosos altos volátiles C como se observa en la Figura 75.

Figura 77. Clasificación general de los carbones de las zonas El Cedral, Samaria y Siberia, según la Norma ASTM D388-99



Fuente: Autor.

9. CONCLUSIONES

La concesión no tiene vías de acceso carreteables. Por el sur solo existe una vía veredal que llega hasta la escuela de Berchite, en mal estado y la cual dista unos 2 Km de la Zonas de interés de Samaria y el Páramo. Por el occidente la vía más próxima es la carretera Toledo-Chinácota que pasa unos 2 Km de la Zona El Cedral, en donde podría quedar un frente de explotación. Por el norte hay una carretera veredal que puede llegar muy cerca de la Zona Siberia, la cual sale de Herrán pero está actualmente interrumpida por la caída de un puente.

La concesión se dividió en cuatro zonas de interés económico: Zona El Cedral, al Occidente; Zona Samaria al Sur, centro, Zona del Páramo El Tamá al Oriente y la Zona Siberia, al Norte.

En el área aparecen geoformas de origen morfoestructural-denudativas y agradacionales que se evidencian en las laderas irregulares, sinclinales, escarpes rocosos y depósitos coluviales.

Regionalmente, la concesión está dentro del denominado Bloque Chinácota, perteneciente a la Supraprovincia de Mérida y localmente, casi en su totalidad en la estructura del Sinclinal de La Camacha y se encuentra afectada por dos Fallas regionales: El Trapiche que le sirve de límite occidental y Samaria que cruza la concesión de Norte a Sur.

La Falla el Trapiche tiene importancia negativa en la concesión ya que al sur y al norte corta las rocas de la Formación Los Cuervos, afectando los mantos de carbón.

La Falla de la Quebrada Aguablanca limita la continuidad de los mantos de carbón hacia un pequeño sector de la concesión que se extiende hacia el Norte.

Estratigráficamente, la concesión está cubierta por rocas Terciarias de las Formaciones Barco, Los Cuervos (Formación productiva de carbón), Mirador y Carbonera. También, hay depósitos Cuaternarios de origen coluvial que enmascaran los afloramientos de la Formación Los Cuervos.

Los trabajos de campo se hicieron siguiendo traversas perpendiculares al tren general de las estructuras, se controlaron todas las escorrentías y los caminos principales. Se tomaron datos en estaciones, se describieron las rocas y los mantos de carbón, se midieron datos estructurales y se tomó un registro fotográfico.

Se tomaron muestras de carbón en mantos y sitios seleccionados tratando de cubrir todos los mantos correlacionados. Se siguió la metodología del antiguo ECOCARBÓN (1995) y las normas ASTM D 2234 y ASTM D 7430-08. Se tomaron muestras en tres Zonas: El Cedral, Samaria y Siberia. En la Zona del Páramo El Tamá no hay mantos de carbón aflorantes.

Los litotipos presentes en los mantos de carbón muestreados son principalmente vitreño y clareño, lo cual indica que los tipos de carbones encontrados en las zonas de El Cedral, Samaria y Siberia corresponden a carbones húmicos.

La cenizas son bajas para la mayoría de las muestras y varían entre 1.24% y 15,88 % en El Cedral, entre 1,01% y 15,85% en Samaria y entre 0.7% y 5,37% en Siberia.

El carbono fijo en base seca, libre de materia mineral varía entre 54,35% al 62,3% en El Cedral, entre 58,06% y 62,81% en Samaria y entre 40,02% y 64,91% en Siberia.

La materia volátil en base seca, libre de materia mineral varía entre 37,7% y 45,65% en El Cedral, entre 37,19% y 41,94% en Samaria y entre 35.09% y 59.98%, lo cual indica que los carbones de estas zonas son de altos volátiles.

El azufre presente en las muestras es bajo y varía entre 0,46% y 1,66% en El Cedral, entre 0,49 % y 1,23% en Samaria y entre 0,42% y 1,36%, esto significa que este tipo de carbones no necesitan lavarse.

El poder calorífico en base húmeda, libre de materia mineral varía entre 7212,08 cal/g y 8450,04 cal/g en El Cedral, entre 7013,39 cal/g y 8601,86 cal/g en Samaria y entre 7601,14 cal/g y 8554,46 cal/g en Siberia, presentando valores superiores a 6.390 cal/g, lo cual indica que los carbones de estas zonas son de alto rango.

En El Cedral el 78% de los carbones son Bituminosos altos en volátiles A y el 22% son Bituminosos altos en volátiles B; En Samaria el 25% de los carbones son Bituminosos altos volátiles A, el 37,5% son Bituminosos altos volátiles B y el 37,5% son Bituminosos altos en C y en Siberia el 91% de los carbones son Bituminosos altos en volátiles A y el 9% son Bituminosos altos en volátiles B, lo cual demuestra que la clasificación de carbones de las zonas productivas es muy variada con predominio de carbones Bituminosos altos en volátiles A.

Los índices de hinchamiento de las muestras de la zona El Cedral varían entre 3 y 7, La mayoría de los índices de hinchamiento de las muestras de Samaria son muy bajos entre 0 y 0,5 y las muestras de Siberia presentan índices de hinchamiento entre 3.5 y 8.5.

Los carbones muestreados en El Cedral, Samaria y Siberia son de buena calidad, debido a sus bajo contenidos de cenizas con promedios de 3,89%, 4,32% y 4,48% y bajo contenido de azufre con promedios de 0,85%. 0.66% y 0,68%, respectivamente.

Los carbones de la base de la secuencia de la Formación Los cuervos presentan características para producir coque en mezclas debido a sus propiedades aglomerantes.

10. RECOMENDACIONES

En una segunda Fase exploratoria a las muestras de carbones que se tomen de túneles exploratorios se les deberá practicar pruebas de dilatometría, plastometría, reflectancia media de la vitrinita y análisis de macerales con el fin de determinar el valor de uso de los carbones para coquización y predecir mejor la calidad del coque.

BIBLIOGRAFÍA

BAEZ RODRÍGUEZ, Ignacio. Manual sobre Carbones y Coquización, Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2004, 264P.

CARRILLO, C. Censo de minas de carbón de Norte de Santander. INGEOMINAS. Informe 1623. Bogotá. 1972.

CUELLAR, Jairo. Informe Final de Exploración y Plan de Trabajos y Obras para el Título FCI-151. INGEOMINAS, 2006.

DELGADO, A y ZAPATA, E.F. Geología De Superficie Y Evaluación De Recursos De Carbón De La Subzona De Toledo, Norte De Santander, Trabajo de Grado. 1991.

Esquema de Ordenamiento Territorial de Herrán, Norte de Santander. 2003.

Esquema de Ordenamiento Territorial de Toledo, Norte de Santander. 2001.

GÓMEZ, Hernán, MONROY, Willian y RINCÓN, Marco Antonio. El Carbón: Muestreo, Análisis y Clasificación De Recursos y Reservas, INGEOMINAS. 2 ed, N°30, ISBN 978-958-99528-0-1, 2010. 146 p.

GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N.E., JIMÉNEZ, D.M., TEJADA, M.L., SEPÚLVEDA, J., OSORIO, J.A., GAONA, T., DIEDERIX, H., URIBE, H. Y MORA, M. Mapa Geológico de Colombia. Codificación de Unidades Cronoestratigráficas. INGEOMINAS. 2 ed. Bogotá. 2007.

INGEOMINAS. Mapa geológico de la Plancha 111, Toledo, Norte de Santander, escala 1:100.000. 1.999.

JULIVERT, M BARRERO D, BOTERO G, DUQUE CARO, H. *et.al.* Lexique Stratigraphique International. París: Centre National Recherche Scientiphique. Amerique Latine, Colombie.5 (4a) 1.968.1-651 p.

LANGENHEIM, J. H. 1959. Preliminary notes on plant fossils from late Paleozoic Cordillera Oriental Colombia, UIS, Bol. Geol. 3 Bucaramanga.

MEJÍA, L.J, SANCHÉZ, C, ANGARITA, L y GIL, E Áreas Carboníferas del Departamento de Norte de Santander. Bogotá: INGEOMINAS. Informe 1807. 1980. 77 P.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE MINERCOL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Guía Minero-Ambiental para exploración de Carbón. Bogotá, D.C. 2001.

NOTESTEIN, F. B, HUBMAN, C.W. y BOWLER, J. W. Geology of Barco Concession Colombia. New York: American Society of Geology. Bulletin 55. 1944. 1165-1216 p.

ROD, E.; MAYNC, W. Revision of Lower Cretaceous Stratigraphy of Venezuela. American Association of Petroleum Geologist. Bulletin 38. Tulsa.1954.

ROYERO GUTIERREZ, José María. Geología y Geoquímica de la Plancha 111, Toledo, Norte de Santander. INGEOMINAS. Memoria Explicativa. 2001. 56p.

SUTTON, F.A. 1946. Geology of Maracaibo Basin. Venezuela. American Association of Petroleum Geologist. Bulletin 30. Tulsa.

TÉLLEZ IRREÑO, Noel Alirio, Geología del Área de Labateca-Ragonvalia (Cordillera Oriental de Colombia), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología 11 (26).1978. 5-37 p.

VAN DER HAMMEN, Thomas. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continental y Tectonogénesis de los Andes Colombianos, Bogotá: Servicio Geológico Nacional, Boletín de Geología 6 (1-3) 1958. 67-128 p.

VILLOTA, H. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 1.991.

WARD, D. *et al.* Geología del Cuadrángulo H-13 Pamplona. INGEOMINAS. Boletín de Geología N^o 23. Bogotá. 1973.

Coal Concessions. Toledo Area. Fecha de consulta 15 de Enero de 2011 [En Línea]. Disponible en internet:

http://frontiercoal.com/coal_concesions.html

ANEXOS

ANEXO A. MUESTREO DE CARBONES ZONA EL CEDRAL

MUESTRA NSTOLCED001

Estación: NLJ9

Localización Geográfica: Finca Palmeras, Propietario Manuel Ordóñez.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.683	1'308.331	2.248

Anexo 1. Manto de 1.50 m de espesor antes de realizar el muestreo de canal



Fuente: Autor.

El Manto de carbón de 1.50 m de espesor de color negro bandeado con brillo mate a vítreo, con fractura concoidea y planar, los litotipos de carbón presentes son Vitreño y Clareño, el manto presenta impurezas de arcillas y óxidos de hierro (Limonita). Hacia la base de este manto se encuentra Lodolita carbonosa de 20 cm de espesor y hacia el tope se encuentra Limolita gris oscura de 1.30 m de espesor que se torna carbonosa hacia el tope donde se observa de color gris oscuro, seguida de areniscas de color gris verdoso de grano fino, subredondeados, masiva, bien cementada, con moscovita como mineral accesorio, dispuesta en capas muy gruesas, tabulares de 2.30 m de espesor. El plano de estratificación de la capa de carbón es N20°W/6°NE.

Anexo 2. Muestreo de canal del manto NLJ9



Fuente: Autor.

Anexo 3. Manto NLJ9 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED002

Estación: NLJ10

Localización Geográfica: Finca Palmeras, Propietario Manuel Ordóñez.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.777	1'308.360	2.374

Anexo 4. Manto NLJ10 de 1.55 m de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 1.55 m de espesor de color negro con brillo vítreo, fractura concoidea predominantemente y planar, el litotipo de carbón presente es Vitreno. Presenta impurezas de arcillas, óxidos de hierro y Pirita. La base es Shale carbonoso gris oscuro de 20 cm de espesor y el techo es limolita carbonosa gris oscura de 80 cm de espesor. El dato estructural es N20°E/14°SE.

MUESTRA NSTOLCED003

ESTACIÓN: A07

Localización Geográfica: Finca El Silencio Propietario: Gustavo Velandia

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.807	1'308.953	2.268

Anexo 5. Manto A07 de 1.80 m de espesor antes del muestreo de canal localizado hacia el Norte del Polígono GI7-131



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 1.80 m de espesor de color negro, con brillo Vítreo a mate, fractura planar y concoidea. Los litotipos de carbón presentes son clareno y vitreño. Presenta impurezas de arcillas y 30 cm de la base tiene una intercalación de lodolita carbonosa de 10 cm de espesor, la base del manto está constituida por arcillolita gris a pardo moderada de 40 cm de espesor y el techo es arenisca gris a pardo ocre de grano fino de 3.90 m de espesor dispuesta en capas tabulares medianas a gruesas. El dato estructural es: Plano de estratificación de Arenisca: N77°E/4°NW.

Anexo 6. Manto A07 de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED004

Estación: A5

Localización Geográfica: Finca La Reserva Propietario: Manuel Gélvez

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.822	1'307.614	2.281

Anexo 7. Manto A5 de 80 cm de espesor antes del muestreo de canal, localizado hacia el sur del polígono GI7-131



Fuente: Autor.

Se muestreo el manto de carbón de 80 cm de espesor de color negro, con brillo vítreo, fractura planar y concoidea, el litotipo de carbón es Vitreño, presenta impurezas de arcillas. La base es arcillolita carbonosa de 5 cm de espesor y el tope es lodolita gris de consistencia dura de 1 m de espesor. El dato estructural: Plano de estratificación Lodolita: N55°E/20°SE.

Anexo 8. Manto A5 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Estación A11

Localización Geográfica: Finca La Reserva Propietario: Manuel Gélvez

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
846.081	1'306.748	2.278

Anexo 9. Manto de 90 cm de espesor antes del muestreo de canal

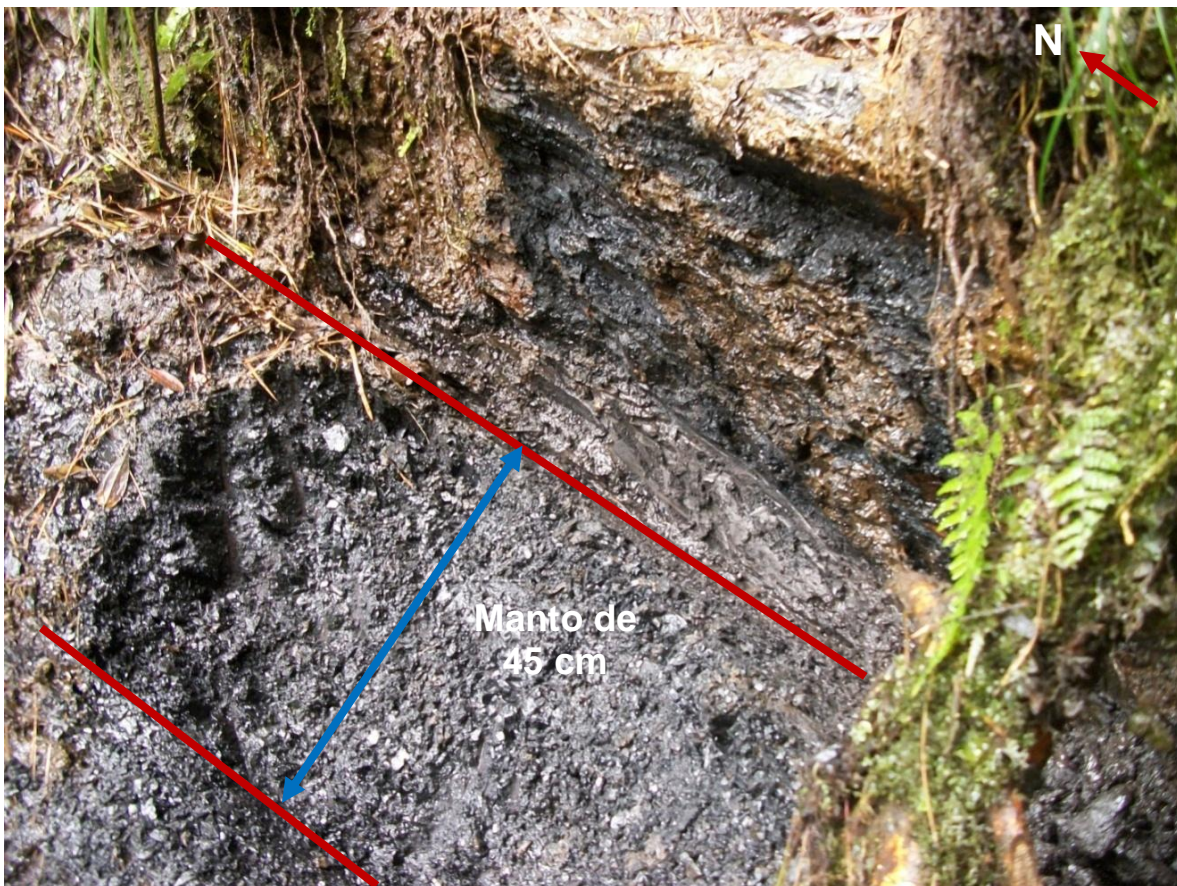


Fuente: Autor.

El anexo 9, muestra un manto de carbón, negro brillante con fractura concoidea. El litotipo presente es Vitreño. Presenta filtración de agua y arcillas. La base es Shale carbonoso de 5 cm de espesor infrayacido por arcillolitas gris moderado de 1.1 m de espesor, en contacto neto inferior con arcillolitas carbonosas de 20 cm de espesor, que a su vez están en contacto con una cinta de carbón de 20 cm de espesor que tiene como base 10 cm de arcillolitas carbonosas gris oscura. El Plano de estratificación de la capa de carbón es $N22^{\circ}W/38^{\circ}NE$.

MUESTRA NSTOLCED005-I

Anexo 10. Parte inferior del manto de manto de 90 cm de espesor (45 cm)



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED005-M.

Anexo 11. Intercalación de Lodolita Carbonosa gris oscura de 15 cm de espesor de consistencia blanda, dentro del manto A11 de 90 cm de espesor



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED005-S.

Anexo 12. Cinta de 30 cm de espesor que se encuentra hacia la Parte superior del manto de 90 cm de espesor (Manto A11), dentro de esta cinta hay una intercalación de lodolita carbonosa de 5 cm de espesor, El techo es lodolita gris moderada de 70 cm de espesor en contacto neto superior con areniscas de grano fino de color gris azulado dispuestas en capas medianas a gruesas.



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED006

ESTACIÓN: AA3

Localización Geográfica: Finca El Silencio, Propietario: Gustavo Velandia.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.629	1'308.540	2.278

Anexo 13. Manto de 1.68 m de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

El anexo 13, Muestra que el manto AA3 requirió un mayor destape para poder muestrearlo por encontrarse parcialmente cubierto por depósitos inconsolidados.

Manto de carbón de 1,68 m de espesor, negro con brillo vítreo y fractura concoidea, el litotipo de carbón presente es Vitreño. La base está formada por Limolitas gris moderado y el techo presenta areniscas blancas de grano fino, masivas, con manchas de materia carbonosa de 1,22 m de espesor. El manto tiene impurezas de arcillas. El Plano de Estratificación de areniscas es N25W/3NE.

Anexo 14. Manto AA3 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED007

Estación: RD-083

Localización Geográfica: Finca Palmeras, Propietario: Manuel Ordóñez

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.792	1'308.362	2.366

Anexo 15. Manto de Carbón RD-083 de 85 cm de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de Carbón de 85 cm de espesor, negro, con brillo mate a vítreo, bandeado, con fractura planar y concoidea. Los litotipos presentes son Vitreño y clareño. La base es arcillolita carbonosa parda a gris oscura de consistencia dura de 15 cm de espesor, en contacto neto inferior con limolitas de 1.20 m de espesor de color gris a pardo moderado, de consistencia dura y con fragmentos de materia carbonosa. El Techo es arenisca de grano fino de color gris azulado, masiva de aproximadamente 7 m de espesor. El manto presenta impurezas de Arcillas. El Plano de estratificación de la capa de carbón es N-S/4°E.

Anexo 16. Manto RD-083 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLCED010

Estación: ANA 2

Localización: Vereda El Cedral, Finca de Gustavo Velandia.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.919	1'308.864	2.373

Anexo 17. Manto de 0.9 m de espesor de antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 0.9 metros de espesor, con brillo vítreo, fractura planar y concoidea. El litotipo presente es principalmente vitreño. La base del manto está en contacto neto con areniscas grises de grano muy fino de color gris de 27 cm de espesor que se encuentran a su vez en contacto inferior con limolitas grises de 33 cm de espesor; el manto está en contacto neto hacia el techo con arcillolitas gris claras de 2.20 m de espesor, dispuestas en capas tabulares que están en contacto superior con una cinta de carbón de 14 cm de espesor que presenta hacia el tope areniscas blancas de grano fino de 12 m de espesor. El manto presenta impurezas de arcillas. El dato estructural es N15°E/15°SE.

Anexo 18. Canal realizado para el muestreo del manto ANA 2



Fuente: Autor.

ANEXO B. MUESTREO DE CARBONES ZONA SAMARIA

MUESTRA NSTOLSAM001

Estación: RG77

Localización Geográfica: Caño 1 que se encuentra cerca a la Finca de Severo Mogollón.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.681	1'306.518	2.360

Anexo 19. Manto de carbón de 1.5 m de espesor antes del muestreo de canal



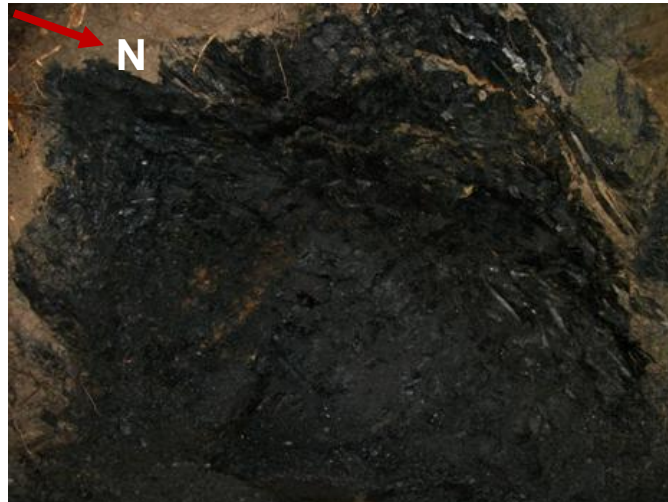
Fuente: Autor.

Anexo 20. Manto RG77 durante el muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 21. Manto RG77 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

En el anexo 21, se observa un manto de carbón semibrillante de 1,5 m de espesor, con fractura planar. El litotipo presente es clareno. La base está formada por arcillolitas carbonosas y el techo está compuesto por arcillolitas gris de 23 cm de espesor en contacto superior con arcillolitas carbonosas de 5 cm de espesor, suprayacidas por una cinta de carbón de 40 cm de espesor que tiene hacia el tope limolita carbonosa de 60 cm de espesor. El Dato estructural es N-S/24°W.

MUESTRA NSTOLSAM002

Estación: RG102

Localización Geográfica: Caño 1 que se encuentra cerca a la Finca de Severo Mogollón.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.632	1'306.551	2.372

Anexo 22. Manto de carbón de 0.88 m de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 23. Manto RG102 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

El manto del anexo 23, es brillante, duro, algo laminado y liviano. El litotipo de carbón presente es clareno. La base está constituida por limolitas carbonosas y el techo está formado por limolitas carbonosas de 50 cm de espesor, en contacto superior con una cinta de carbón de 35 cm, en contacto con una intercalación de areniscas y arcillolitas grises hacia el techo. Esta intercalación presenta laminaciones carbonosas y niveles de concreciones ferruginosas. El manto presenta filtración de agua. El Dato estructural es N-S/33°W.

MUESTRA NSTOLSAM003

Estación: JJRD-1

Localización Geográfica: Caño 2 después de la Finca de Severo Mogollón.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.558	1'307.112	2.572

Anexo 24. Manto de carbón de 0.9 de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de Carbón de 0,90 m. de espesor, negro, bandeado, con fractura planar y meteorización moderada a alta. El litotipo presente es clareno. La base está en contacto neto con Lodolita carbonosa de color pardo a gris oscuro de 1.15 m de espesor y el techo está formado por arcillolitas de 0.45 m de espesor en contacto superior con areniscas lodosas de 0.35 m de espesor, suprayacidas por lodolitas carbonosas de 0.1 m de espesor y en contacto superior con un cinta de carbón de 0.25 cm de espesor que tiene como tope arcillolitas carbonosas de 0,1 m de espesor. El dato estructural es N2°W/46°SW.

MUESTRA NSTOLSAM004

Estación: ALV-043

Localización Geográfica: Caño 2 después de la Finca de Severo Mogollón

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.680	1'306.994	2.434

Anexo 25. Manto de 1.4 m de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de 1,4 m de espesor con lodolita carbonosas hacia la base y arcillolitas carbonosas hacia el techo. Presenta un lente de arenisca de grano muy fino de 0,6 cm de espesor en la parte baja del manto.

Anexo 26. Detalle del tipo de carbón del manto



Fuente: Autor.

El anexo 26, muestra un carbón con brillo vítreo, fractura planar y concoidea. Los litotipos presentes son Clareno y Vitreño. El Dato estructural es $N5^{\circ}W/55SW$.

MUESTRA NSTOLSAM005

Estación: RG106

Localización Geográfica: Margen izquierdo aguas arriba del caño 3

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.654	1'307.082	2.329

Anexo 27. Manto de 0.6 m de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de 0.6 m de espesor, negro semibrillante, bandeado, con fractura planar. El litotipo de carbón presente es clareno. La base está compuesta por arcillolitas carbonosas de 1.5 m de espesor y el techo está compuesto por limolitas carbonosas grises moderadas a oscuras de 0.15 m de espesor. El Dato estructural es: N-S/52°W.

MUESTRA NSTOLSAM006

Estación: ALV-053

Localización Geográfica: Caño 3, Finca de Severo Mogollón

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.532	1'307.105	2.512

Anexo 28. Manto ALV-053 antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 29. Manto de carbón durante el muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 1.75 m de espesor con una intercalación de 10 cm de arcillolita muy carbonosa, ubicada a 70 cm de la base, el carbón es duro, semibrillante, bandeado, con fractura planar principalmente. El litotipo presente es clareno. La Base es arcillolita gris clara a ocre de 3 m de espesor y el tope es arcillolita gris de 2 m de espesor intercalada con limolitas en capas de 5 cm. El dato estructural es: N-S/51°W

En este manto fue necesario para el muestreo realizar dos trincheras debido a que la filtración de agua era constante y aumentó, por tal razón, se realizó una nueva trinchera 5 m desde el rumbo en el margen izquierdo de la cañada 3.

Anexo 30. Manto de carbón ALV-053 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSTOLSAM007

Estación: RG109

Localización Geográfica: Caño 6, en la Finca de Severo Mogollón.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.555	1'307.659	2.530

Anexo 31. Manto de carbón de 84 cm de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 32. Manto de carbón RG-109 después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de 0.84 m de espesor, negro con brillo vítreo y fractura planar y concoidea. Los litotipos presentes son Vitreño y clareño. La base es arcillolita pardo a gris oscura de 0.05 m de espesor en contacto inferior con limolitas gris azuladas de 1.6 m de espesor. El techo está formado por lodolitas gris-azulosas de 0.35 m de espesor. El manto presenta impurezas de arcillas. El Dato estructural es N12°W/44°SW.

MUESTRA NSTOLSAM008

Estación: ALV-056

Localización Geográfica: Caño 6, en la Finca de Severo Mogollón

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.514	1'307.666	2.623

Anexo 33. Manto de 70 cm de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 0.70 m de espesor con brillo vítreo a opaco, bandeado. El litotipo presente es clarenite. Hacia la base presenta lodolitas grises muy carbonosas de 2 m de espesor, intercalada con arcillolitas gris clara. Las lodolitas presentan laminaciones onduladas, fragmentos y lentes de carbón de poco espesor, se encuentra dispuesta en capas tabulares a onduladas. El Techo está formado por arcillolitas gris a ocre de 70 cm de espesor. El dato estructural es N10°W/50°SW.

ANEXO C. MUESTREO DE CARBONES ZONA SIBERIA

MUESTRA NSHERSIB001

Estación: JJC-072

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
846.869	1'313.795	3.006

Anexo 34. Manto de Carbón de 1.8 m de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

El anexo 34, muestra un manto de carbón que a 0,6 m del techo presenta una intercalación de limolitas grises de 0,05 m de espesor. El techo presenta areniscas de grano fino a muy fino de 4 m de espesor con laminación plano

paralela y en artesa. Hacia la base presenta limolitas grises de 2 m de espesor con concreciones ferruginosas. Dato Estructural: $N30^{\circ}E/32^{\circ}NW$. En la parte superior del manto el litotipo presente es Clareno de 0.05 m de espesor y en el resto el litotipo presente es Vitreno.

Anexo 35. Manto de carbón JJC-072 durante el muestreo de canal



Fuente: Autor.

MUESTRA NSHERSIB002

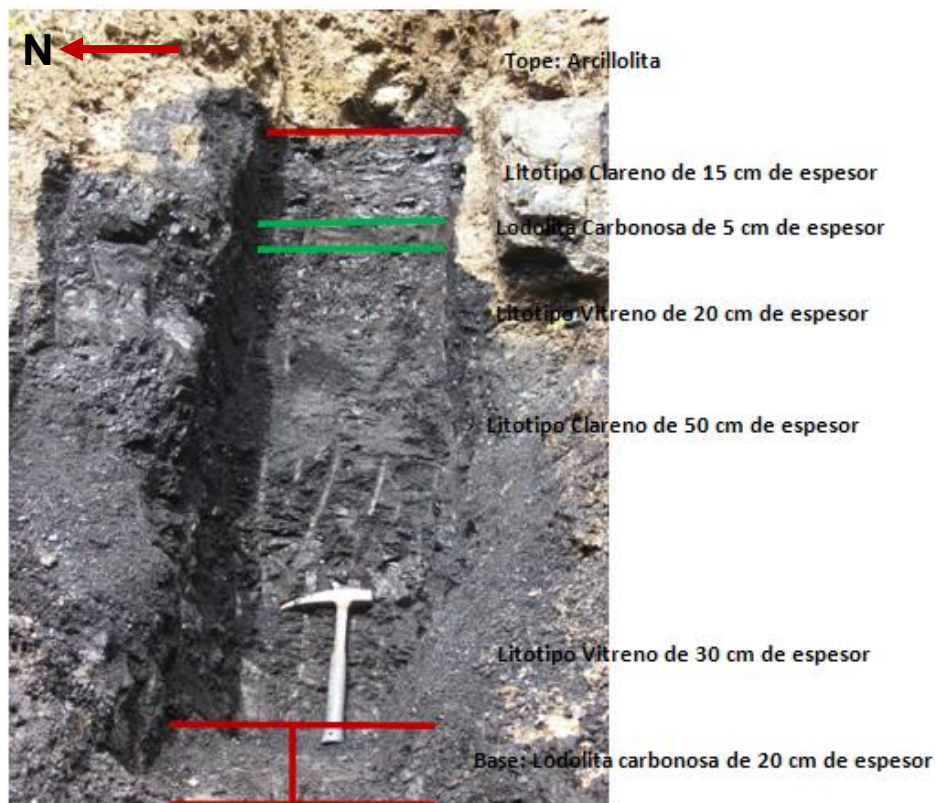
Estación: RD-046

Localización Geográfica: Margen derecho de la Quebrada Aguablanca.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.788	1'316.238	2.528

Anexo 36. Muestreo de Canal del Manto de 1.20 m de espesor



Fuente: Autor.

Manto de Carbón de 1,20 m de espesor con brillo vítreo, fractura planar y concoidea. Hacia su parte inferior presenta 30 cm del litotipo Vitreño, seguido de 50 cm del litotipo Clareno y hacia la parte media presenta 20 cm del litotipo Vitreño; hacia la parte superior presenta una intercalación de lodolita carbonosa de 5 cm de espesor seguido de 15 cm del litotipo Clareno. La Base es lodolita carbonosa de 20 cm de espesor y el tope es arcillolita. El Plano de Estratificación de la capa de Carbón es N15°E/12°SE.

MUESTRA NSHERSIB003

Estación: JJC-073

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
847.183	1'314.446	2.703

Anexo 37. Manto de carbón de 1.1 m de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

El anexo 37, muestra un Manto de carbón de 1.1 m. de espesor que en su parte superior presenta el litotipo Clareno de 0.4 m de espesor y en su parte inferior el litotipo Vitreno de 0.7 m de espesor, el techo presenta intercalación de arcillolitas grises y amarillas de 1 m de espesor, con presencia de concreciones y contacto neto bien definido; y hacia la base presenta limolitas muy carbonosas de 1,5 m de espesor en contacto irregular. El Dato Estructural es: N14°W/26°SW.

MUESTRA NSHERSIB004

Estación: JJC-072

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
846.869	1'313.795	3.006

Anexo 38. Parte inferior del afloramiento manto de carbón de 1.1 m de espesor del cual 1.05 m de espesor corresponden al litotipo Vitreño y 0.05 m. al litotipo Clareno, el cambio litológico es gradado iniciando con Limos carbonosos y pasando a arcillolitas grises



Fuente: Autor.

La base del manto de la Figura 38 presenta arcillolitas rojas de 1.2 m de espesor con concreciones ferruginosas. El Techo presenta arcillolitas grises de 0.2 m de espesor en contacto neto superior con areniscas de grano muy fino con matriz arcillosa y laminación interna plano paralela, El Dato estructural es $N8^{\circ}E/31^{\circ}NW$.

MUESTRA NSHERSIB005

Estación: AM033

Localización Geográfica: Margen derecho de la Quebrada Aguablanca, en la Finca de Juan Flórez

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.772	1'315.895	2.351

Anexo 39. Manto de 0.60 metros de espesor antes de realizar el muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 40. Manto de carbón de 0.60 metros de espesor, después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

El anexo 40, muestra que el manto presenta de techo a base: 23 cm del litotipo clareno, 14 cm del litotipo vitreño y 10 cm del litotipo clareno, 5 cm de Lodolita carbonosa, y 8 cm del litotipo clareno. El Dato estructural es $N25^{\circ}E/45^{\circ}SE$.

Anexo 41. La base del manto presenta 49 cm de limolitas gris en capas delgadas tabulares y en el techo, areniscas de grano muy fino de color gris claro de 106 cm de espesor con laminación interna paralela discontinua dispuestas en capas muy delgadas



Fuente: Autor.

MUESTRA NSHERSIB006

Estación: LSIB7

Localización Geográfica: Margen derecho de la Quebrada Aguablanca

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.806	1'315.952	2.533

Anexo 42. Manto de Carbón de 90 cm de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 43. Manto de Carbón de 90 cm de espesor después del muestreo de Canal. El Plano de Estratificación es N30E/48SE



Fuente: Autor.

Manto de Carbón de 90 cm de espesor que en su parte inferior presenta 80 cm de carbón negro semibrillante con fractura planar y en su parte superior presenta 10 cm de carbón negro brillante laminar. Hacia la base presenta 12 cm de lodolita carbonosa suprayacida por 2,5 m de arenisca de grano muy fino de color gris oscuro, masiva dispuesta en capas medianas con manchas de materia carbonosa y hacia el tope presenta 90 cm de lodolita gris oscura suprayacida de una cinta de carbón Vitreno de 40 cm de espesor seguido de lodolita gris oscura de 60 cm de espesor. El manto presenta impurezas de arcillas.

Anexo 44. Detalle del manto de Carbón muestreado



Fuente: Autor.

Anexo 45. Base y Tope del Manto de 90 cm de espesor



Fuente: Autor.

MUESTRA NSHERSIB007

Estación: LSIB8

Localización Geográfica: Margen derecho de la Quebrada Aguablanca.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.808	1'315.906	2.530

Anexo 46. Manto de carbón de 1.65 m de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 47. Manto de carbón de 1.65 m de espesor después del muestreo de canal.
El Plano de Estratificación de la capa de Carbón es N28E/24SE



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 1,65 m de espesor negro brillante con fractura planar y concoidea. Hacia su parte inferior presenta 40 cm de carbón negro brillante con fractura concoidea, litotipo Vitreno seguido de 50 cm de carbón semibrillante con fractura planar, litotipo Clareno; La parte superior presenta 6 cm del litotipo Vitreno y 67 cm del litotipo clareno. La base presenta lodolita carbonosa de 40 cm de espesor y el tope presenta lodolita gris de 2 m de espesor. El manto presenta Pirita.

MUESTRA NSHERSIB008

Estación: LSIB9

Localización Geográfica: Margen izquierdo de la Quebrada Aguablanca.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
845.788	1'315.779	2.533

Anexo 48. Manto de Carbón de 1.20 m de espesor antes del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Anexo 49. Muestra de carbón semibrillante con fractura planar



Fuente: Autor.

Anexo 50. Manto de carbón de 1.20 m de espesor después del muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón de 1,20 m de espesor, su parte inferior presenta 12 cm del litotipo Vitreno y su parte superior presenta 108 cm del litotipo Clareno. La base es 1,20 m de lodolita carbonosa y hacia el tope presenta 1,20 m de lodolita gris. Este manto presenta impurezas de arcillas. El Dato estructural es N55°E/30°SE.

MUESTRA NSHERSIB009

Estación: AM036

Localización Geográfica: Margen derecho (Aguas abajo) de la Quebrada Honda, Finca de Antonio Ochoa, Sector Orocué.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
848.046	1'314.890	2.379

Anexo 51. Manto de 1.20 metros de espesor antes de realizar el muestreo



Fuente: Autor.

Anexo 52. Manto destapado, donde se aprecian dos mantos que no presentan continuidad lateral, pertenece a un bloque de coluvión, el cual ha sido desplazado aproximadamente 250 metros del nivel donde se han encontrado los mantos de carbón más bajos



Fuente: Autor.

Anexo 53. Manto de carbón que cambia de espesor, el cual presenta hacia la parte superior 20 cm del litotipo clareno y 36 cm de lodolita carbonosa y en la parte inferior 64 cm de lodolita carbonosa



Fuente: Autor.

El manto se acuña hacia el NE, su espesor varía desde 80 cm hasta 1.20 metros, hacia el techo presenta limolitas carbonosas en contacto difuso discontinuo y la base lodolita carbonosa en contacto difuso discontinuo.

Anexo 54. Manto de 1.20 metros de espesor presenta un lente de Lodolita café en el techo y en la base limolitas grises, en la parte superior del manto se encuentra 70 cm del litotipo clareno seguido de 50 cm del litotipo Vitreno. El Dato estructural es: N50E/50NW



Fuente: Autor.

MUESTRA NSHERSIB010

Estación: EDN56

Localización Geográfica: Margen Izquierdo (aguas arriba) de la Quebrada Orocué.

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
847.756	1'312.476	2.600

Anexo 55. Manto de 1.40 m de espesor durante el muestreo de canal



Fuente: Autor.

Manto de carbón negro brillante de 1,40 m de espesor. Su parte inferior presenta 126 cm de carbón Vitreño y su parte superior presenta 14 cm del litotipo clareno. La base es arenisca de grano muy fino gris, subredondeados, bien seleccionada con abundante materia carbonosa. El techo está en contacto suavemente ondulado con areniscas grises cuarzofeldespáticas, subredondeadas, bien seleccionadas con laminación interna plano paralela difusa de material carbonoso. El dato estructural es S3°W/40°NW.

MUESTRA NSHERSIB011

Estación: END-58

Localización Geográfica: Margen derecho de la Quebrada La Colorada.
(Aguas Abajo)

Coordenadas:

ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m)
847.474	1'313.782	2.658

Anexo 56. Manto de carbón de 1.8 m de espesor durante el muestreo de canal



Fuente: Autor.

Se muestreó la parte superior del manto de 0.87 de espesor. El techo se encuentra compuesto por una capa de lodolitas muy carbonosas seguida de limolitas grises. El Dato estructural es N20°E/27°NW.

Anexo 57. Manto de carbón de 1,8 m de espesor que presenta bandeamiento, hacia la base se observan unas lodolitas carbonosas de 0.23 m de espesor, seguido de una capa con litotipo dureno de 0,2 m de espesor, sobre esta capa hay una capa de lodolitas muy carbonosas de 0,5 m de espesor



Fuente: Autor.

Anexo 58. Manto de carbón de 0.87 m de espesor el cual fue muestreado y se encuentra compuesto en la parte inferior por 0,37 m del litotipo clareno y en la parte superior por 0,50 m del litotipo Vitreno



Fuente: Autor.