

**CONTRIBUCION EN LA DETERMINACION DE LOS POSIBLES
PALEOAMBIENTES DE LAS ROCAS CRETÁCEAS TEMPRANAS SOBRE LA VÍA
TUNJA – VILLA DE LEYVA (ENTRE ALTO DEL ARRAYAN – PEAJE SÁCHICA) Y
SECTORES ALEDAÑOS, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.**

**BEATRIZ ELENA GALVIS ARENAS
JOSE LEONARDO VALENCIA ESCOBAR**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
Manizales, Junio de 2009.**

**CONTRIBUCION EN LA DETERMINACION DE LOS POSIBLES
PALEOAMBIENTES DE LAS ROCAS CRETÁCEAS TEMPRANAS SOBRE LA VÍA
TUNJA – VILLA DE LEYVA (ENTRE ALTO DEL ARRAYAN – PEAJE SÁCHICA) Y
SECTORES ALEDAÑOS, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE GEÓLOGOS

MODALIDAD TESIS

**BEATRIZ ELENA GALVIS ARENAS
JOSE LEONARDO VALENCIA ESCOBAR**

**MARIO MORENO SANCHEZ
Director**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
Manizales, Junio de 2009.**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
1. GENERALIDADES	4
1.1. Localización	4
1.2. Vías de acceso	7
1.3. Fisiografía	9
1.4. Hidrografía	9
1.5. Usos del suelo	9
1.6. Economía	9
1.7. Objetivos	11
1.7.1. Objetivo General	11
1.7.2. Objetivos Específicos	11
2. METODOLOGÍA	12
2.1. Preliminar	12
2.2. Fase de campo	12
2.3. Fase de oficina	13
3. TRABAJOS PREVIOS RELACIONADOS	15
4. GEOLOGÍA REGIONAL	17
4.1. Formación Arcabuco	17
4.2. Formación Rosablanca	17
4.3. Formación Ritoque	18
4.4. Formación Paja	18
4.5. Grupo San Gil	21
4.6. Formación Churuvita	22
4.7. Depósitos Cuaternarios	22
5. GEOLOGÍA LOCAL	23
5.1. Formación Arcabuco	23
5.2. Formación Rosablanca	25
5.3. Formación Ritoque	29
5.4. Formación Paja	39
5.5. Formación San Gil	47

5.6. Formación Churuvita	50
5.7. Depósitos Cuaternarios	51
5.7.1. Depósitos Cuaternarios aluviales (Qal)	52
5.7.2. Depósitos Cuaternarios de travertino (Qtr)	53
5.7.3. Depósitos Cuaternarios coluviales (Qc)	55
6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	58
6.1. Geología Estructural Regional	58
6.1.1. Anticlinal de Arcabuco	58
6.1.2. Sinclinal de Villa de Leyva	58
6.1.3. Lineamientos	58
6.2. Geología Estructural Local	61
6.2.1. Anticlinal de Arcabuco	61
6.2.2. Pliegues en afloramiento	62
6.2.3. Lineamientos	64
7. ANÁLISIS FACIAL	68
7.1. Formación Arcabuco	68
7.1.1. Facies de arenitas compactas (Acm)	68
7.1.2. Facies de arenitas con estratificación inclinada festoneada (Aif)	68
7.1.3. Secuencia de facies	68
7.2. Formación Rosablanca	69
7.2.1. Facies de Wacke-stones	69
7.2.2. Facies de mud-stones, float-stones	69
7.2.3. Secuencia de facies	69
7.3. Formación Ritoque	69
7.3.1. Facies limolítica (Lmq)	70
7.3.2. Facies lodosa (Los)	70
7.3.3. Facies carbonatada (Cda)	70
7.3.4. Secuencia de facies	71
7.4. Formación Paja	71
7.4.1. Facies de arcillolitas masivas (Arm)	71
7.4.2. Facies de arenitas masivas (Ssm)	71
7.4.3. Facies de limolita masiva (Lmm)	72
7.4.4. Facies de calizas arenosas (Cam)	72
7.4.5. Facies de lodolitas negras (Lc)	72
7.4.6. Facies de de limolitas (Lm)	72
7.4.7. Facies de shales (Sh)	73
7.4.8. Facies de arenitas (Ss)	73
7.5.1. Secuencias de facies presentes en la parte inferior	73
7.5.2. Secuencias de facies presentes en la parte media	73
7.5.2.1. Segmento 1	74

7.5.2.2. Segmento 2	74
7.5.2.3. Segmento 3	74
7.5.2.4. Segmento 4	74
7.5.2.5. Segmento 5	75
7.5.3. Secuencias de facies presentes en la parte superior	75
8. INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL	76
8.1. Formación Arcabuco	76
8.2. Formación Rosablanca	77
8.3. Formación Ritoque	78
8.4. Formación Paja	79
9. EVOLUCION GEOLÓGICA	82
10. CONCLUSIONES	84
11. RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización. Ilustración de la zona de trabajo de manera general.	5
Figura 2. Mapa del área de estudio.	6
Figura 3. Vista panorámica de la vía principal Tunja-Villa de Leyva desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro (Anticlinal de Arcabuco).	7
Figura 4. Vista panorámica de la vía principal Tunja-Villa de Leyva, 250 metros antes de la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza.	8
Figura 5. Acceso a la Quebrada Surcia, 150 metros antes del Corregimiento de Chiquiza.	8
Figura 5a. Vista panorámica de cultivos de trigo, a un costado del Peaje Sáchica	10
Figura 5b. Vista panorámica entre el Cerro San Marcos y la Cuchilla Morro Negro de ganado bovino pastoreando. Alrededor cactus, kikuyo y rodados de arenitas.	10
Figura 5c. Columna estratigráfica generalizada de la región de Villa de Leyva y zonas próximas. Tomado y modificado de Etayo (1968).	19
Figura 5d. Columna estratigráfica generalizada al SSE de Villa de Leyva. Tomado y modificado de Patarroyo & Moreno-Murillo (1997).	20
Figura 6. Flanco oriental de la cuchilla Morro Negro, cerca al Cerro San Marcos. Cuarzo arenitas de la Formación Arcabuco con tenues coloraciones rojizas, producto de la meteorización. Longitud del martillo: 32,5 cms.	23
Figura 7. Vista panorámica desde el pie oriental del Cerro San Marcos en el que observa en contraste a la Formación (FM) Paja y Ritoque.	24

	Pág.
Figura 8. Pie del Cerro San Marcos, margen izquierda aguas abajo de la Quebrada Chíquiza, 400 metros arriba de la intersección entre las Quebradas Chíquiza y La Negra. Estratos decimétricos de Cuarzo arenitas de la Formación Arcabuco con estratificación inclinada festoneada. Diámetro de la moneda 2,3 cms.	25
Figura 9. Flanco oriental del cerro san Marcos, meteorización de calizas por disolución de carbonatos a través de aguas de escorrentía. Longitud del martillo: 32,5 cms.	26
Figura 10. Canteras Calizas & Agregados Boyacá, cantera en receso de explotación (13 de agosto de 2008). Fósil de gasterópodo en calizas lodosas grises. Diámetro de la moneda: 2,1 cms.	27
Figura 11. Canteras Calizas & agregados Boyacá, cantera en receso. Fósil de bivalvo en estrato de caliza arenosa de color gris sin reemplazar.	27
Figura 12. Vista panorámica de la Formación (FM) Rosablanca acuñada en la Formación (FM) Arcabuco entre el Cerro San Marcos y el valle del Río Samacá. Líneas amarillas: Delimitan a las Formaciones.	28
Figura 13. Flanco occidental del Cerro San Marcos, aguas abajo de la cabecera de la Quebrada Ritoque, contacto concordante entre la Formación (FM) Rosablanca y Ritoque. Longitud del martillo: 32,5 cms.	29
Figura 14. Flanco oriental Cuchilla Morro Negro, Intersección Quebrada Chiquiza y Quebrada La Negra. En el zoom, impresión bivalvo en lodolita gris.	30
Figura 15. Sector Río Samacá, 200 metros antes de las Pinturas Rupestres, margen izquierda aguas abajo del Río Samacá. En la ampliación, impresión de placa de Equinodermo en lodolita gris. Diámetro de la moneda: 2,4 centímetros.	30
Figura 16. Panorámica de la Formación (FM) Ritoque entre el Cerro San Marcos y el valle del Río Samacá. Nótese la coloración rojiza de la unidad a causa de la meteorización de las rocas.	31
Figura 17. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas	

	Pág.
Compuerta y Soavita. Estratos de la Formación Ritoque buzando hacia el SE. Muestreo BL003.	32
Figura 18. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas Compuerta y Soavita. En el recuadro, nódulos arcillosos en estrato de lodolita gris infrayaciendo estrato de caliza arenosa. Formación Ritoque. Longitud del martillo: 32,5 cms.	32
Figura 19. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas Compuerta y Soavita. Quebrada Chiquiza cortando estratos de lodolitas grises interestratificadas con calizas arenosas de la Formación Ritoque.	33
Figura 20. Sector Río Samacá, margen izquierda aguas abajo, 200 metros antes de las Pinturas Rupestres. En el zoom, concha de bivalvo delineada en color amarillo en estrato de caliza limosa perteneciente a la Formación Ritoque.	34
Figura 21. Margen izquierda aguas abajo Río Samacá, 200 metros antes de Pinturas Rupestres. En recuadro, concha de bivalvo delineada en amarillo en estrato de caliza arenosa de la Formación Ritoque. Diámetro moneda: 2,4 cms.	34
Figura 22. Flanco oriental del Cerro San Marcos, 400 metros aguas arriba de la carretera principal (Peaje Sáchica – Villa de Leyva) sobre la Quebrada Ritoque. Concha de bivalvo en calizas arenosas. Sitio de muestreo BL007.	35
Figura 23. Vista panorámica de las canteras Calizas & Agregados Boyacá. Nótese el acuñamiento de la FM Rosablanca. Líneas amarillas: Delimitan concordantemente a las Formaciones involucradas. FM = Formación. Sitio de muestreo BL006.	36
Figura 24. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, 600 metros después del Corregimiento de Chiquiza. Contacto concordante entre FM Arcabuco y Ritoque e igualmente concordante entre FM Ritoque y Paja. Sitio de muestreo BL003, sobre la Quebrada Chiquiza. Líneas amarillas: Delimitan a las Formaciones. FM: Formación.	37
Figura 25. Flanco oriental del Cerro San Marcos. Panorámica general para observar el contacto concordante en líneas amarillas entre FM Ritoque y FM Arcabuco. FM: Formación.	37

	Pág.
Figura 26. Vista panorámica sobre el valle del Río Samacá, entre la margen derecha aguas abajo del Río Samacá y el pie de monte oriental del Cerro San Marcos. En el recuadro sitio arqueológico de Pinturas Rupestres sobre estratos de cuarzo arenitas fuertemente diaclasadas de la Formación (FM) Arcabuco.	38
Figura 27. Vista panorámica desde la intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra. Sitio de levantamiento de columnas con muestras BL002. Contacto concordante en líneas amarillas entre la FM Paja y Ritoque e igualmente concordante entre la FM Ritoque y Arcabuco. FM: Formación.	38
Figura 28. Vista panorámica desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, 400 metros arriba de la intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra. Contacto concordante en líneas amarillas entre la Formación (FM) Ritoque y Arcabuco. Hacia el techo, estratos de cuarzo arenita con estratificación inclinada festoneada.	39
Figura 29. Vía Villa de Leyva - Tunja, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la carretera en sentido SSE, frente a la entrada por carretera destapada a las Pinturas Rupestres. En el recuadro fósil de amonites (<i>chelonicerias</i>) dentro de concreción arcillosa. Diámetro de la moneda: 2,3 cms.	40
Figura 30. Carretera entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SSE, a 400 metros del Alto del Arrayán. En la fotografía, 1: niveles concrecionales de forma esférica tamaño guijarro a bloque y placas de yeso (2-3) en estratos lodosos y arenosos. Longitud martillo: 32,5 cms.	41
Figura 31. Carretera entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, a 300 metros antes del Alto del Arrayán. Placas de yeso con espesores no superiores a los 2 cms. Longitud portaminas: 16 cms.	42
Figura 32. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, a 300 metros después de la entrada por carretera destapada a las Pinturas Rupestres. Estratos de arenitas calcáreas meteorizadas con leve plegamiento, interestratificadas con lodolitas grises fuertemente meteorizadas.	42

	Pág.
Figura 33. Carretera entre Peaje sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido W-E, a 450 mts del Alto del Arrayán. En el recuadro impresión de Amonites en arenitas de grano fino. A un costado, placas de yeso y niveles concrecionales. Longitud portaminas: 16 cms. Longitud martillo: 32,5 cms.	43
Figura 34. <u>En la foto 1</u> diaclasas D1' dispuestas N20W / 64NE y foliaciones F perpendiculares al diclasamiento en lodolitas negras sobre la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. <u>En la foto 2</u> diaclasas D1 N10W / 67NE, D2 N18W / 63NE y D3 N20E / 60SE en lodolitas silíceas de color gris en la margen izquierda aguas abajo del Río Samacá, 400 metros antes de las Pinturas Rupestres, al sureste del Cerro San Marcos.	43
Figura 35. Vía Tunja – Villa de Leyva, entre el Peaje Sáchica y el Alto del Arrayán, 600 metros antes del Alto del Arrayán. Afloramiento de lodolitas negras interestratificadas con arenitas finas ligeramente calcáreas con estratos de espesores centimétricos con intercalaciones de placas de yeso (menores a un centímetro de espesor).	44
Figura 36. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, 800 metros arriba de la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza. Plegamiento en arenitas calcáreas de grano medio y en estratos de calizas arenosas grises.	45
Figura 37. Flanco oriental Cuchilla Morro Negro. En líneas amarillas, contacto concordante entre la Formación (FM) Arcabuco y Ritoque y concordante entre la Formación (FM) Ritoque y Paja.	45
Figura 38. Vista panorámica de la Formación (FM) Paja desde la entrada al Corregimiento de Chiquiza, a una costado de la carretera Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Límites de las Formaciones en líneas amarillas.	46
Figura 39. Vista panorámica de la formaciones involucradas al oriente del Cerro San Marcos desde la entrada por carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza, a una costado de la carretera Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. En líneas amarillas, contacto concordante entre FM Ritoque y FM Paja. Al fondo acuñaamiento de la FM Rosablanca en la FM Arcabuco. FM: Formación.	46

	Pág.
Figura 39a. Vista panorámica de la Formación (FM) Paja desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro (parte oriental del Anticlinal de Arcabuco). Hacia el oeste (W) el Peaje Sáchica, hacia el este (E) alto del Arrayán.	47
Figura 40. Sector Alto del Arrayán, margen izquierda de la vía en sentido NWW. Estrato de arenita gris con fósiles de bivalvos. En el recuadro detalle de muestra. Dentro de los círculos impresiones de bivalvos. Los puntos blancos corresponden a cristales de yeso. Los tonos crema corresponden al lavado de rocas calcáreas suprayacentes. Los tonos rojizos corresponden a meteorización de minerales ferrosos. Longitud martillo: 32,5 cms. Diámetro moneda: 2,4 cms.	48
Figura 41. Sector Alto del Arrayán. Estrato arcilloso con nódulos arcillosos grises tamaño guijarro. Longitud martillo: 32,5 cms.	48
Figura 42. Margen izquierda de la vía Alto del Arrayán – Peaje Sáchica, sector Alto del Arrayán. Nótese el estado de las rocas duras (arenitas calcáreas) respecto a las blandas (lodolitas grises) dentro de los estratos para la Formación San Gil en el sector.	49
Figura 43. Vista panorámica 100 metros arriba de la margen derecha de la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán para la Formación (FM) Paja y la Formación (FM) San Gil (separadas por las líneas amarillas).	50
Figura 43a. Margen izquierda aguas arriba de la Quebrada Surcia, a 300 metros del Puente Juan Suárez. Nódulos arcillosos en lodolitas de la Formación Paja.	51
Figura 44. Sureste del Cerro San Marcos, margen izquierda aguas abajo del Río Samacá. Depósitos fluviales sobre calizas de la Formación Ritoque en contacto discordante. Líneas amarillas: límite de depósitos.	52
Figura 45. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte media. Estratos de calizas arenosas de color gris en muestras fresca y de coloración amarillenta en muestras alteradas. 1: calcita lavada en presentación de estalactita. 2: impresión de hoja de plantas superiores en caliza arenosa de grano medio. 3: cristales de calcita. Diámetro de la moneda: 2,4 cms.	53

	Pág.
Figura 45a. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte trasera. Fragmento fosilizado de extremidad de mastodonte. Longitud del martillo: 32,5 cms.	54
Figura 46. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte trasera. En el recuadro, travertino de forma cilíndrica. Longitud del portaminas: 16 cms.	55
Figura 47. Entre Cerro San Marcos y Cuchilla Morro Negro. Vista panorámica de depósitos Cuaternarios tamaño arcilla a limo. Nótese al fondo algunos bloques angulosos (coluviones) desprendidos de la Formación Arcabuco.	56
Figura 48. Margen derecha aguas arriba de la Quebrada Surcia, a 400 metros del Puente Juan Suárez, Corregimiento de Chiquiza. Formación de estalagmitas en aguas estancadas sobre la Quebrada Surcia por precipitación de carbonatos provenientes de rocas calcáreas de la Formación Paja. Longitud del portaminas: 16 cms.	57
Figura 49. Vistas panorámicas generales de los suelos arcillolimosos a limoarenosos provenientes de la Formación Paja. Las fotos de los costados tomadas sobre la vía peaje sáchica - Alto del Arrayán. La fotografía central, al sur del Cerro San Marcos.	57
Figura 49a. Mapa geológico del Anticlinal de Arcabuco (Morfológicamente fácil de observar al noreste por la Cuchilla Morro Negro y al suroeste por el Cerro San Marcos), en cercanías de Villa de Leyva, Boyacá. Tomado y modificado de Patarroyo & Moreno-Murillo (1997). Las líneas en negrilla representan los lineamientos y las fallas presentes en la zona. H: Bloque Hundido. L: Bloque levantado.	59
Figura 49b. Vista aérea de la parte noroccidental de la zona de estudio, al suroriente de Villa de Leyva, Boyacá, en donde se muestra el contacto fallado propuesto por Aguilera & López (1995) entre Jar y Kiri al oriente del Cerro San Marcos e igualmente fallado entre Jar y Kir, al sur del mismo cerro, en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá. Tomado y modificado de Martínez & Arguello (2003).	60
Figura 50. Vista Panorámica del Anticlinal de Arcabuco desde Alto del Tocador.	61

	Pág.
Figura 51. Vista panorámica del Anticlinal de Arcabuco desde 100 metros arriba de la margen derecha de la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, al frente de la entrada al Corregimiento de Chiquiza.	62
Figura 52. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Plegamientos cóncavos – convexos en estratos de caliza arenosa y lodolitas grises.	63
Figura 53. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Plegamientos en estratos de lodolitas negras y limolitas grises. La coloración del afloramiento se debe al lavado de rocas calcáreas suprayacentes.	63
Figura 54. Carretera Tunja – Villa de Leyva (entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán), 500 metros antes del Alto del Arrayán. Pliegues convexos de estratos de arenitas finas rojas (con niveles concreciones de composición arcillolimosas en este estrato) y limolitas grises (placas de yeso no superiores a los 2 cms de espesor). Algunos estratos presentan pequeños replegamientos.	64
Figura 55. Vista panorámica desde el Peaje Sáchica en el que se observan drenajes paralelos al suroeste del Cerro San Marcos.	65
Figura 56. La <u>foto 1</u> tomada en la margen izquierda aguas abajo del Río Samacá, 400 metros antes de las Pinturas Rupestres, al sureste del Cerro San Marcos. En ella se observa fallas inversas (F) que desplazan estratos de lodolitas grises silíceas (A), calizas arenosas (B), calizas fosilíferas (C) y lodolitas grises y diaclasas D1 dispuestas N10W / 67NE. La <u>foto 2</u> sobre la Quebrada Ritoque. Estratos de lodolitas grises (F) diaclasadas (D2: N05E / 87NW) suprayaciendo estratos de arenitas limosas (E) y lodolitas grises (G).	65
Figura 57. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, 300 metros arriba de la entrada por carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza. Falla de tipo normal por esfuerzos distensivos en la zona, que separa estratos de lodolitas negras (2) y arenitas limosas de color gris (1).	66
Figura 58. Carretera Tunja – Villa de Leyva, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, 200 metros antes del Alto del Arrayán. Estratos de lodolitas intercalados con limolitas arenosas de color verde. En el recuadro zona	

	Pág.
de falla con presencia de salvanda (textura arcillosa) y espejos de falla. Longitud del martillo: 32,5 cms.	67
Figura 59. En la ilustración se observan las resultantes vectoriales de promedio móvil tanto de la estratificación en artesa e inclinada planar de gran escala como de los ejes de artesa para la zona de estudio y los alrededores inmediatos. Tomada y modificada de Galvis-García & Rubiano-Ortiz (1985).	76
Figura 60. Modelo de sedimentación para la Formación Arcabuco donde se muestra el Miembro San Marcos (segmento D) que se relaciona en el área de estudio en éste trabajo y que corresponde a depósitos de orillal de una corriente meandriforme que incrementa su sinuosidad corriente abajo. Tomada y modificada de Galvis-García & Rubiano-Ortiz (1985).	77
Figura 61. Esquema generalizado de los distintos ámbitos de depósito de la Formación Rosablanca en los alrededores de Villa de Leyva (sin escala). El numeral 11 corresponde al ambiente de sedimentación característico de la Formación Rosablanca para la zona de estudio. Tomada y modificada de Cardozo-Puentes & Ramirez-Quiroga (1985).	78
Figura 62. Bloque diagrama que muestra las facies de la Formación Ritoque en el área estudiada y sectores aledaños. Tomada y modificada de Ballesteros-Torres & Nivia-Guevara (1985).	79
Figura 63. Bloque diagrama para el ambiente de sedimentación de la Formación Paja para el miembro de arcillolitas abigarradas (parte media en este trabajo) de Etayo-Serna (1968) esquematizado durante la marea baja. Tomada y modificada de Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985).	80
Figura 64. Representación esquemática de la sedimentación de la Formación Paja en el área de estudio. Tomada de Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985).	81

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Mapa de poligonales levantadas para ubicación general de las zonas de muestreo con nomenclatura (BL00) para levantamiento de columnas estratigráficas de las formaciones involucradas a escala 1:10.000. Mapa en bolsillo.	91
ANEXO 2. Mapa geológico estructural a escala 1:20.000. Mapa en bolsillo.	92
ANEXO 3. Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, a 300 metros de la entrada hacia las Pinturas Rupestres (carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza) sobre la margen derecha de la carretera hacia Tunja. Molde de Amonites en concreción arcillosa.	93
ANEXO 4. Formación Paja, sector Quebrada Surcia, bajo el Puente Juan Suárez, Corregimiento de Chiquiza. Bivalvo en shale gris oscuro.	94
ANEXO 5. Formación Paja, sector Quebrada Surcia, bajo el Puente Juan Suárez, corregimiento de Chiquiza. Conchas de bivalvos calizas arenosa grises. 1: Bivalvo, 2: <i>ostreas</i> .	95
ANEXO 6. Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, a 500 metros del Alto del Arrayán sobre la margen derecha de la carretera hacia Tunja. Amonites entre placas de yeso intercaladas con arenitas lodosas de color gris a rojizo ligeramente alteradas.	96
ANEXO 7. Formación Rosablanca, canteras Calizas & Agregados Boyacá. Bivalvo en caliza arenosa gris.	97
ANEXO 8. Formación Ritoque. Sector, aguas arriba de la Quebrada Ritoque, a 600 metros de la carretera principal Peaje Sáchica – Villa de Leyva. Conchas de bivalvos en arenitas ligeramente calcáreas.	98
ANEXO 9. Formación Rosablanca, canteras Calizas & Agregados Boyacá. Gasterópodo en caliza arenosa gris.	99

	Pág.
ANEXO 10. Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. A 100 metros de la margen derecha de la carretera principal hacia Tunja. Fósil de Tallo Petrificado de Planta.	100
ANEXO 11. Formación Paja, Vía Villa de Leyva - Tunja, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la carretera en sentido SSE, frente a la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza. Fósil de <i>Cheloniceras</i> .	101
ANEXO 12. Columna estratigráfica Formación Paja parte inferior y media, vía Tunja – Villa de Leyva (departamento de Boyacá) a escala 1:200. Sección 3: Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. En bolsillo.	102
ANEXO 12-A. Columna estratigráfica Formación Paja parte media y superior, vía Tunja – Villa de Leyva (departamento de Boyacá) a escala 1:200. Sección 3: Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. En bolsillo.	103
ANEXO 13. Columnas estratigráficas de la Formación Ritoque, a escala 1:200. Cuatro secciones: <u>Sección 1.</u> Intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra (muestras BL002). <u>Sección 2.</u> Quebrada Chiquiza, entre las Quebradas La Compuerta y Soavita (muestras BL003). <u>Sección 4.</u> Sector Río Samacá, frente a las Pinturas Rupestres, suroriente del Cerro San Marcos (muestras BL005). <u>Sección 6.</u> Vía Peaje Sáchica – Villa de Leyva, Quebrada Ritoque (muestras BL007). En bolsillo.	104
ANEXO 14. Columna estratigráfica Formación Rosablanca a escala 1:200, <u>Sección 5:</u> sector canteras Calizas & Agregados Boyacá (muestras BL006). <u>Sección 8:</u> Columna estratigráfica Formación Rosablanca a escala 1:200, cabecera Quebrada Ritoque, flanco occidental Cerro San Marcos (muestras BL009). Columna estratigráfica Formación San Gil escala 1:200, <u>Sección:</u> Alto del Arrayán. <u>Secciones:</u> cabecera Quebrada Ritoque y sector Pinturas Rupestres, Formación Arcabuco. <u>Sección 7:</u> Corregimiento de Chiquiza, sector Puente Juan Suárez, aguas abajo Quebrada Surcia. Formación Paja. En bolsillo.	105
ANEXO 15. Columna estratigráfica generalizada para el Cretácico temprano sobre la vía Tunja – Villa de Leyva y sectores aledaños. En bolsillo.	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de posición en coordenadas planas referidas a Bogotá, obtenidos del GPS 12XL Garmin y nomenclatura de muestras recolectadas para el Cretácico temprano en el Departamento de Boyacá, entre la vía Tunja – Villa de Leyva (Alto del Arrayán – Peaje Sáchica) y sectores aledaños.	107
Tabla 2. Muestras recolectadas para análisis de isótopos de carbono (delta ¹³ C) y Estroncio (⁸⁷ Sr / ⁸⁶ Sr) para el Cretácico temprano en el Departamento de Boyacá, entre la vía Tunja – Villa de Leyva (Alto del Arrayán – Peaje Sáchica) y sectores aledaños.	111
Tabla 3. Datos para las secciones de muestreo en el área de estudio.	114
Tabla 4. Datos de Way point en estaciones marcadas para la zona de trabajo.	115

RESUMEN

Es en esta parte de la Cordillera Oriental, en donde aflora gran parte de la sucesión de rocas del Triásico tardío – Cretácico temprano de edad Valanginiano – Aptiano, representadas por las Formaciones Arcabuco, Rosablanca, Ritóque y Paja, silíceas, calcáreas de origen marino, con abundante e importante contenido de fauna (amonitas y bivalvos), hasta rocas del Cuaternario (depósitos de travertino, coluviales y aluviales).

En algunas partes de las secciones analizadas se observó que muchas de las unidades han sido sometidas a eventos tectónicos que han generado fallas, pliegues y fracturas e intensa foliación que ocasionan deformaciones y posibles repeticiones de las rocas (especialmente notorias en la Formación Paja), permitiendo descartar una continuidad en las unidades.

Se efectuaron levantamientos estratigráficos en los que se amarraban a poligonales abiertas tiradas a cinta y brújula las diversas unidades de roca aflorantes (levantamiento de columnas estratigráficas a escala 1:200), generando 8 secciones principales de muestreo documentadas con fotografías y recolección de muestras adicionalmente georeferenciadas con GPS.

En la primera, segunda, cuarta y sexta sección se levantó la Formación Ritoque, conformada por paquetes espesos de lodolitas negras y limolitas alternadas con calizas arenosas a limosas y con algunos niveles fosilíferos, principalmente hacia la base de la unidad.

En la tercera sección, sobre la vía Tunja, desde Alto del Arrayán hacia el Peaje Sáchica se levantó una poligonal con una longitud de 1554,73 metros en la horizontal a la que se amarro la columna detallada a escala 1:200 para la Formación Paja; de igual manera en la séptima sección pero aguas abajo de la Quebrada Surcia, cerca al Corregimiento de Chiquiza, la unidad esta compuesta predominantemente por lodolitas y shales arcillosos a limosos, negros micáceos, ricos en materia orgánica y ligeramente calcáreos, adicionalmente con láminas y venillas delgadas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septareos y venas de calcita.

En la última sección (sección 8) sobre la cabecera de la Quebrada Ritoque, aguas abajo se levanto a escala 1:200 la Formación Rosablanca que corresponde a una sucesión calcárea de calizas lumaquelicas, con estratos de espesores métricos. El levantamiento estratigráfico, se hace a partir de los estratos superiores arenosos de la unidad, que alcanzan un espesor de no más de 20 metros. La edad asignada es de Berriasiano - Valanginiano. Adicionalmente se visitaron los frentes de explotación de Cementos Tequendama y de Calizas & Agregados Boyacá, documentando depósitos cuaternarios de travertino en la primera visita y la Formación Rosablanca en la segunda (sección 5),

en donde se levantó una columna de 44,8 metros de espesor total, siendo los primeros 28 metros de roca fresca y los siguientes 16,8 metros de roca fuertemente meteorizada para el descapote.

Finalmente se levantaron columnas para la Formación Arcabuco en sitios estratégicos (Cerro San Marcos, Río Samacá, sector Pinturas Rupestres, flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, margen izquierda aguas abajo de la Quebrada Chiquiza) para determinar una litología de paquetes de cuarzo arenitas de tamaño de grano medio a fino con espesores de los estratos generalmente métricos y con dos tendencias estructurales, una en el flanco oriental de N47E/37SE y otra en el flanco occidental de N03E/30NW, motivo por el cual se determina como parte del Anticlinal de Arcabuco.

En todas las secciones se tomaron muestras para futuros análisis geoquímicos y puntualmente se tomaron muestras isotópicas (ricas en materia orgánica), debidamente empacadas según los estándares, de igual forma se tomaron las muestras de los intervalos silíceo-calcáreos, de las impresiones y moldes de fósiles que se hallaron, en especial de las amonitas y conchas de bivalvos. Por otro lado se documenta la ubicación de las muestras recolectadas, su descripción, y los posibles métodos de análisis.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es la recopilación de 969,9 metros de levantamiento estratigráfico realizado en los depósitos Cretáceos-Terciarios de la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá sobre la vía Tunja-Villa de Leyva (entre Alto del Arrayán y el Peaje Sáchica) y sectores aledaños (Corregimiento de Chiquiza, Río Samacá, canteras Cementos Tequendama, canteras Calizas & Agregados Boyacá, Quebrada Ritóque, Quebrada Chiquiza, Cerro San Marcos).

Adicionalmente este informe va acompañado de los formatos de campo graficados a escala 1:200, de columnas estratigráficas representativas para sitios estratégicos, de los mapas de localización, de las poligonales medidas, de 3 cajas con las muestras recolectadas en campo, del archivo digital de fotografías y de las tablas de ubicación y descripción de las muestras referenciadas. La recolección de la información de campo tuvo lugar en el mes de agosto de 2008. Se utilizaron como base las planchas topográficas # 191 – I - A y 191 – I - C, del IGAC a escala 1:25.000.

Se tomaron un total de 115 muestras para diversos análisis como se especifica en los listados de muestras (ver tabla 1). La principal fase, la de campo tuvo el siguiente cronograma:

- Reconocimiento de las secciones estratigráficas a levantar, que en total correspondieron a 8 secciones principales y 3 de secciones de control.

Para esta labor se tuvo en cuenta la metodología guía de los levantamientos estratigráficos, de los formatos de descripción de escala 1:200 y los métodos de amarre de muestras recolectadas a poligonales abiertas tiradas a cinta y brújula. Además se efectuaban estaciones máximo cada 20 metros.

- Se tomaron varios tipos de muestras para análisis petrográfico, análisis isotópico ($\delta^{13}\text{C}$ y $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$) y para análisis de polen.

1. GENERALIDADES

1.1. Localización

La zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Oriental Colombiana entre los 2.100 m.s.n.m y los 3000 m.s.n.m en el departamento de Boyacá, entre las coordenadas planas $X = 1'060.000$ $Y = 1'108.000$, $X = 1'065.000$ $Y = 1'112.000$, $X = 1'065.000$ $Y = 1'110.000$ y $X = 1'069.000$ $Y = 1'112.000$.

El área de trabajo abarca una sección a lo largo de la carretera Tunja-Villa de Leiva (entre Alto del Arrayán y el Peaje Sáchica) y sectores aledaños (Corregimiento de Chiquiza, canteras Cementos Tequendama, canteras Calizas & Agregados Boyacá, Cerro San Marcos, Alto del Arrayán, Quebrada Negra, Río Samacá, Quebrada Chiquiza, Pinturas Rupestres, Quebrada Ritoque), con una extensión aproximada de 28 km² (figura 2), en donde se encuentran expuestas rocas del intervalo Cretáceo – Paleógeno. Adicionalmente esta zona fue delimitada a partir de las planchas topográficas # 191 – I - A y 191 – I - C, del IGAC a escala 1:25.000.

MAPA DE LOCALIZACION

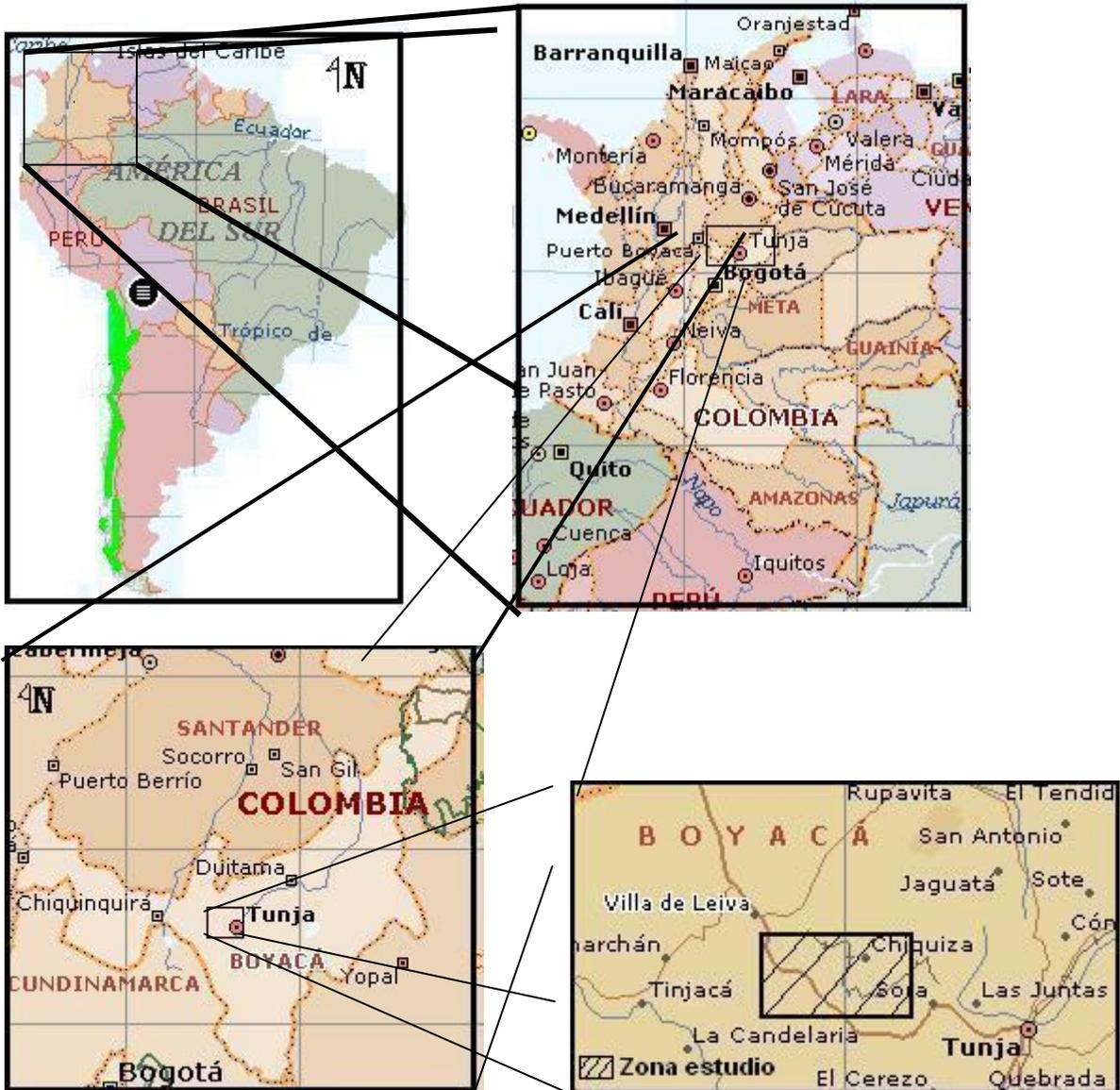


Figura 1. Ilustración de la zona de trabajo de manera general.

1.2. Vías de acceso

Ya que la carretera principal Tunja-Villa de Leyva corta la zona en una gran parte en sentido general E-W y S-N se puede acceder a ella sobre esta vía. Por otro lado para ingresar a los sectores aledaños se emplean vías destapadas transitables que cortan el área de estudio generalmente en sentido S-N y a las cuales se ingresan desde la vía principal Tunja-Villa de Leyva (sector entrada Pinturas Rupestres) hacia Chiquiza o sobre la vía principal después del Peaje Sáchica-Villa de Leyva (sector entrada Calizas & Agregados Boyacá) hacia el Cerro San Marcos. De igual forma sobre esta misma vía pero en el sector entrada finca El Paraíso que conduce a los frentes de explotación de Cementos Tequendama (desde allí se puede descender hacia la Quebrada Ritoque o ascender hacia el Cerro San Marcos) se puede acceder a la zona cortándola en sentido W-E y N-S.

El ingreso al área de estudio no es tan limitado, ya que se puede acceder fácilmente en campero (por vías destapadas) o a pie en los sitios relativamente escarpados y con presencia de drenajes.

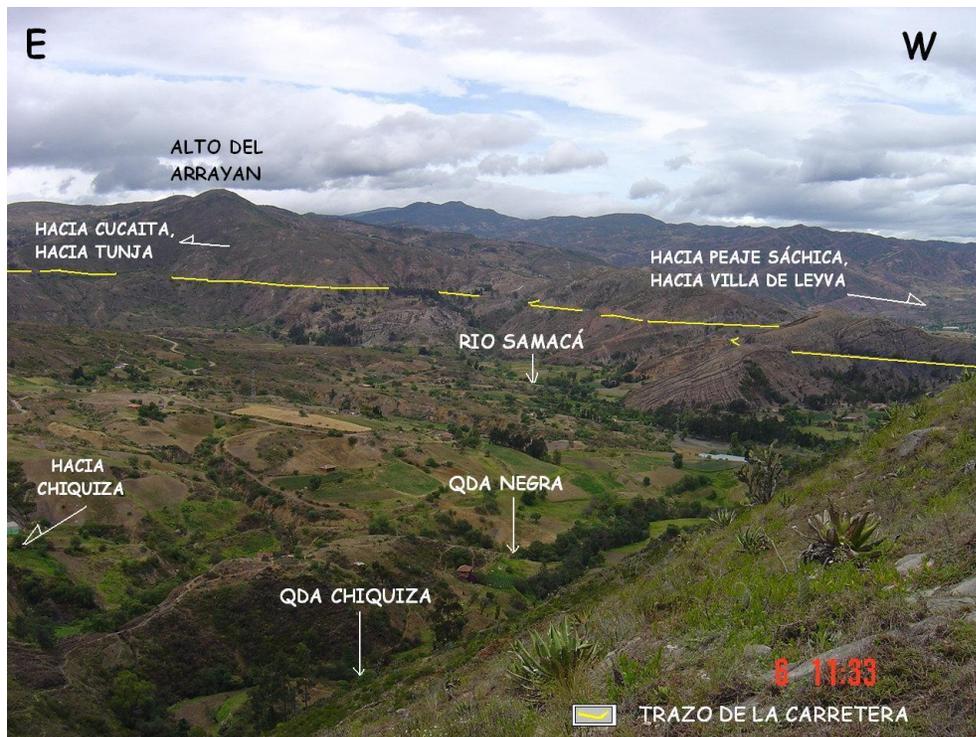


Figura 3. Vista panorámica de la vía principal Tunja-Villa de Leyva desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro (Anticlinal de Arcabuco).



Figura 4. Vista panorámica de la vía principal Tunja-Villa de Leyva, 250 metros antes de la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza.



Figura 5. Acceso a la Quebrada Surcia, 150 metros antes del Corregimiento de Chiquiza.

1.3. Fisiografía

La zona de estudio por hacer parte del Altiplano Cundiboyacense, Montañas Santandereanas y vertiente oriental Andina y por estar situada en la zona centro occidental de la provincia centro, en el Departamento de Boyacá, presenta un relieve predominantemente quebrado con alturas entre los 2100 y los 3000 metros sobre el nivel del mar. Geomorfológicamente, se encuentran escarpes de lodolitas y calizas de las Formaciones San Gil y Paja, al sureste de la cuchilla morro negro, observadas sobre la vía Alto del Arrayán – Peaje Sáchica. Adicionalmente el área se caracteriza por presentar regiones de tierras planas, onduladas y escarpadas con profundos cañones (Quebrada Chiquiza, Quebrada Ritoque, etc.) tributarios del Río Samacá. Se resalta que a nivel regional los principales cañones corresponden a los cursos de los ríos Chicamocha y Soapaga. Por otro lado las colinas son generalmente de cima redondeada o plana.

1.4. Hidrografía

El área de trabajo está beneficiada por las cuencas hidrográficas de los Ríos Iguaque, Arcabuco y Samacá, a los cuales afluyen abundantes quebradas y riachuelos, que en su gran mayoría son alimentados por lagunas que se ubican en la zona del Santuario de San Pedro de Iguaque, y sumideros propios de los que se surten las diferentes veredas para sus acueductos. También las microcuencas del Ensaye (Vereda de Carrizal), La Chorrera (Vereda de Turmal), Hierbabuena (Vereda de Corregidor), que surten sus aguas al Río Iguaque. Adicionalmente las microcuencas La Jabonera y la Veguita, que vierten sus aguas a la Quebrada Chiquiza, que fluye al suroriente de la Cuchilla Morro Negro (parte del Anticlinal de Arcabuco).

1.5. Usos del suelo

Dado a las características texturales de los suelos en la zona de trabajo, al grado de humedad que presentan y al tratarse de suelos imperfectos a moderadamente drenados, los principales usos que se les da a estos suelos son la ganadería (bovina, caprina y ovina) y siembra de cultivos sectorizada. Para los cultivos es necesaria la rotación para optimizar la producción de alimentos. Cabe resaltar que la vegetación más común en los alrededores del área de estudio está representada por Kikuyo, Paja, Pencas (Cactus) y Junco.

1.6. Economía

Los habitantes de esta región obtienen sus ingresos económicos de la venta de productos agrícolas y productos lácteos. Pastorean animales como ovejas, cerdos,

ganado y cabras que luego son destinados para el sustento de la familia y cultivan productos como maíz, papa, arveja, trigo, nabos, ibias, rubas, cebolla y tallos. Años más tarde, empezaron a cuidar burros, mulas y caballos para facilitar el transporte de sus productos. Por otro lado la minería a cielo abierto está referida principalmente a la explotación de calizas en las canteras de Cementos Tequendama y Calizas & Agregados Boyacá, generando empleo para las familias de los sectores aledaños.



Figura 5a. Vista panorámica de cultivos de trigo, a un costado del Peaje Sáchica.



Figura 5b. Vista panorámica entre el Cerro San Marcos y la Cuchilla Morro Negro de ganado bovino pastoreando. Alrededor cactus, kikuyo y rodados de arenitas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar los paleoambientes que dieron origen a las rocas Cretácicas tempranas sobre la vía Tunja – Villa de Leyva (entre el Alto del Arrayán – Peaje Sáchica) y sectores aledaños (Corregimiento de Chiquiza, Cerro San Marcos, Calizas y Agregados Boyacá, Pinturas Rupestres, Quebrada Ritoque) en el Departamento de Boyacá.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de columnas estratigráficas para el Cretácico temprano a escala 1:200, sobre la vía Tunja – Villa De Leyva (entre el Alto el Arrayán – Peaje Sáchica) y zonas aledañas.
- Determinar las facies características para cada Formación a partir de los tipos de rocas encontradas.
- Aportar a la cartografía geológica a escala 1:10.000 para el intervalo de interés en la zona de estudio.
- Hacer una toma de muestras de los diferentes tipos de rocas sedimentarias presentes en la zona, amarrándolas a poligonales abiertas levantadas a cinta y brújula y con marcación de GPS.
- Contribuir al fortalecimiento de la información obtenida e interpretada en trabajos anteriores, así como en el conocimiento de la sucesión litológica Cretácico – Terciaria en un sector de la vía Tunja – Villa De Leyva.
- Realizar tablas en las que se documente las muestras recolectadas para la zona de interés, su georeferencia (latitud y longitud) en coordenadas Bogotá y su respectiva clasificación; así como una breve descripción de los sitios muestreados.
- Hacer una discusión acerca de los alcances y limitaciones de la información obtenida.

2. METODOLOGÍA

Consistió en seguir una orden de ideas para adquirir y procesar la información recopilada antes, durante y después de la fase de campo para el desarrollo óptimo de las actividades premeditadas.

2.1. Preliminar

- ✓ Consulta bibliográfica.
- ✓ Obtención de mapas geológicos y topográficos.
- ✓ Preparación de los materiales y equipos de campo a emplear (Cinta métrica, marcadores, bolsas plásticas, cinta adhesiva, Stickers, guantes, martillos, lupas, GPS, libreta, cámara digital, ácido clorhídrico, mazo, brújula y baterías).
- ✓ Determinación de fecha de salida de campo.

2.2. Fase de Campo

Consistió en una serie de recorridos (ver anexo 1) aprovechando los afloramientos expuestos en las márgenes de las carreteras así como en aquellas zonas que presentaban poca cobertura vegetal y exposición de la litología por dinámica fluvial (quebradas y ríos) y en canteras en receso o en explotación, en donde se realizó las descripciones litológicas, estructurales, marcación de muestras (BL00) y puntos de control con GPS, toma de muestras y de fotografías de los diversos afloramientos. El Trabajo de Campo tuvo una duración de 20 días y fue realizado entre el 3 y 23 de agosto de 2008.

En ésta etapa se efectuaba la siguiente metodología:

- Preparación del informe de la fase de campo y edición del reporte final (Consistió en la redacción y sistematización de toda la información obtenida en las etapas previas, incluyendo la demarcación de las unidades litológicas en el mapa geológico-estructural, realización de columnas estratigráficas a escala 1:200 para las unidades involucradas y un corte geológico representativo a escala 1:10000, así como las conclusiones para la zona objeto de estudio.
- Localización de la sección, posteriormente levantamiento estratigráfico amarrando muestras a poligonales abiertas levantadas a cinta y brújula (los puntos entre estaciones no superan los 21 metros) y descripción a la par de litología encontrada, así como las relaciones entre los estratos involucrados. Adicionalmente clasificación modal de las rocas involucradas en muestra de

mano empleando los diagramas de Folk y Dunham y las escalas de granulometría de Wentworth.

- Toma de muestras para los diferentes análisis de acuerdo a las normas de recolección de muestras (uso de herramientas inoxidables, guantes, aislamiento de la contaminación, bolsas plásticas de alta densidad) y en función del tipo de muestra recolectada (lodolitas negras y/o calizas).
- Para las muestras, se usó la nomenclatura (**BL00**) con su respectiva georeferencia en coordenadas planas (X, Y) referidas a Bogotá.
- Descripción de la sucesión litológica en los formatos de columnas a escala 1:200.
- Toma del registro fotográfico empleando objetos (monedas, portaminas, etc.) como referencias para la escala de fósiles o estructuras encontradas.
- Descripción detallada de los afloramientos encontrados documentada en la cartera de campo.
- Elaboración y entrega del reporte final que incluye edición e impresión de gráficos, fotos y ploteo de mapas (geológico estructural y de muestreo en poligonales de todas las secciones estratigráficas levantadas) y columnas estratigráficas para las unidades determinadas (Anexos 12, 12A, 13, 14).
- Resultados de la datación de isótopos delta C^{13} y $^{87}Sr / ^{86}Sr$ de las muestras, (pendiente).

2.3. Fase de Oficina

- Preparación del informe de la fase de campo y edición del reporte final.
 - Recopilación de la e interpretación de la información obtenida en campo.
 - Organización de todas las muestras de las cuales se seleccionaron muestras para los siguientes tipos de análisis:
- ✓ El primer tipo de muestras son las de petrografía (calizas fosilíferas), para la cual se debió seleccionar varias muestras representativas para sección delgada.

- ✓ El segundo tipo de muestras fueron las muestras isotópicas (delta C¹³ y ⁸⁷Sr / ⁸⁶Sr), tomadas en tamaños relativos, en intervalos de aproximadamente 10 metros como máximo y de 2 metros como mínimo dentro de la poligonal abierta.
- ✓ El tercer tipo de muestras se utilizó para análisis de *polen* (algunas lodolitas negras).
- ✓ Además se realizó el registro fotográfico de las secciones mencionadas.
- Resultados de la datación de las muestras de isótopos (delta C¹³ y ⁸⁷Sr / ⁸⁶Sr) (pendiente).
- Elaboración del reporte final que incluye edición de gráficos, fotos, mapas geológicos y de muestreo en poligonales de todas las secciones estratigráficas levantadas.

3. TRABAJOS PREVIOS RELACIONADOS

Relativamente son muchos los trabajos geológicos, paleontológicos y estratigráficos detallados que se han realizado en la periferia del área de estudio, principalmente enfocados al contenido fosilífero de las rocas aflorantes, así como trabajos de carácter geomorfológico, estructural, arqueológico e hidrogeológico, entre los que se destacan:

ETAYO-SERNA (1968) realiza un estudio estratigráfico para las sucesiones litológicas aflorantes entre Puente Samacá y Sáchica en el Departamento de Boyacá, determinando adicionalmente la bioestratigrafía del área de estudio, así como las relaciones de semejanza faunística entre Colombia y otros países suramericanos, concluyendo que las relaciones entre las faunas de amonitas albianas son esencialmente suramericanas.

JULIVERT (1970) publica un artículo en donde habla sobre los estratos del Mesozoico y Terciario que constituyen la cordillera Oriental de Colombia y los eventos orogénicos que la afectaron para esta época.

BALLESTEROS & NIVIA (1982) en su trabajo de grado determinan la estratigrafía y tipos de facies de la Formación Ritoque en el área de Villa de Leiva, Boyacá.

CARDOZO & RAMIREZ (1985) determinan los ambientes de depósito de la Formación Rosablanca en el área de Villa de Leiva.

GALVIS & RUBIANO (1985) presentan la redefinición estratigráfica de la Formación Arcabuco con base en el análisis facial de las rocas aflorantes en los alrededores de Villa de Leiva.

TOUSSAINT (1996) publica una reseña importante de acuerdo a trabajos previos de varios autores sobre la evolución geológica de Colombia en la que hace una descripción importante para la parte del Cretáceo en la evolución del país.

MARTINEZ & AGUELLO (2003) efectuaron el levantamiento arqueológico de las Pinturas Rupestres de Sáchica sobre las rocas de la Formación Arcabuco, a un costado de las canteras de Calizas & Agregados Boyacá en el que se documentó en fichas este tipo de legado y se determinó las posibles alteraciones ocasionadas por la explotación de la cantera adjunta.

ROLON (2004) en su trabajo de grado resalta los rasgos mas importantes para las tres cordilleras colombianas así como la geometría de la cuenca del Magdalena Medio de acuerdo a datos sísmicos.

PATARROYO (2004) realiza un trabajo sobre la abundancia relativa de organismos fósiles, en las sedimentitas de la Formación Paja del Barremiano temprano, en el área de Villa de Leyva (Boyacá).

4. GEOLOGIA REGIONAL

En la zona de estudio aflora una sucesión de rocas sedimentarias generalmente carbonatadas, así como depósitos de rocas del Cuaternario (depósitos aluviales, coluviales y de precipitación química) en las que se utiliza la nomenclatura del Valle Medio del Magdalena para rocas sedimentarias Cretáceas. Estas sucesiones litológicas son presentadas a continuación (de la más antigua a la más reciente).

4.1 FORMACIÓN ARCABUCO (Jar)

Según Etayo–Serna et al (1983), la Formación Arcabuco se compone de bancos gruesos de arenisca cuarzosa de color claro, en ocasiones rojiza, de tamaño de grano fino a medio, ocasionalmente conglomerado, contiene algunas capas de lodolitas. Presenta un espesor que excede considerablemente los 300m.

Fue descrita originalmente por Scheibe, E.A. (1938). La localidad tipo según Etayo-Serna (1983) se ubica en la rivera del Río Pómeca, por la vía Tunja – Monquirá, 7,5 km aguas arriba desde Arcabuco. La unidad posee allí más de 470 mts de espesor aunque no se encuentra expuesta la base.

Edad: Jurásico tardío según Scheibe (1938) con base en las faunas fósiles halladas en las capas que le superponen; sin embargo Etayo-Serna (1968), con base en diversas correlaciones con la unidad suprayacente, le asigna una edad de Cretácico temprano.

4.2 FORMACIÓN ROSABLANCA (Kir)

Según Etayo–Serna et al (1983), la Formación Rosablanca esta conformada por calizas grises, algunas lumaquelicas, dolomitas grises, lodolitas calcáreas grises, Shales con intercalaciones de caliza y hacia la parte superior un nivel de areniscas. Fue definida inicialmente por Wheeler (1929). Años más tarde Toussaint (1996) comenta un espesor variable para la formación de unos 100 mts al norte de Bucaramanga y de 425 mts en la zona del Río Sogamoso, específicamente en la Mesa de los Santos la cual es su sección tipo. Julivert (1968), indica que hacia el área de Simiti adicionalmente se encuentra *Nicklesia* y que se presentan ciertos niveles con equinodermos como *Toxaster roulini* y moluscos, así como briozoarios y nanofósiles de edad Berriasiano – Valanginiano.

Edad: según Bürgl (1954) de acuerdo a la fauna colectada en el Río Cane se le asigna una edad de Valanginiano. Por otro lado Etayo-Serna (1968) considera que esta unidad puede corresponder al Valanginiano tardío.

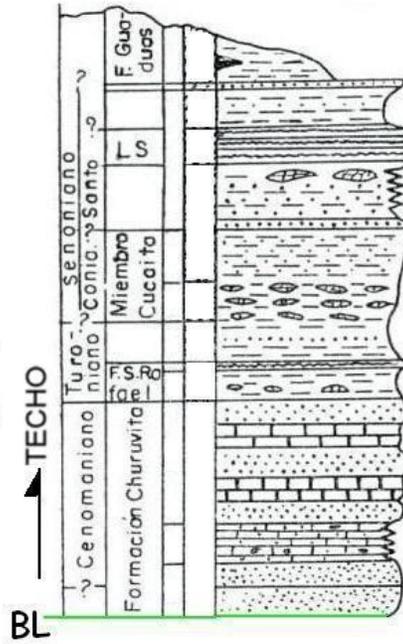
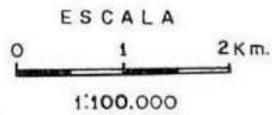
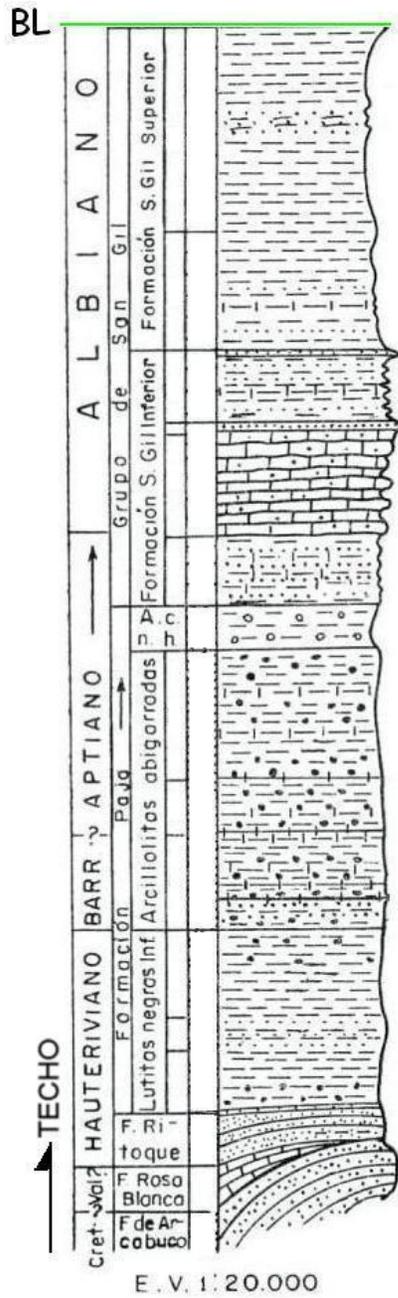
4.3 FORMACIÓN RITOQUE (Kiri)

Definida inicialmente por Etayo–Serna (1968) como rocas que afloran en el municipio de Ritóque (Boyacá). Esta formación esta compuesta por limolitas grises en su parte inferior con alternancia de limolitas con calizas lumaqueliclas lenticulares en bancos de 30 a 50 cms de espesor en el flanco occidental del Anticlinal de Arcabuco y según Etayo-Serna (1968), esta compuesta de limolitas grises micáceas con tonos rojizos por meteorización, en alternancia con areniscas de tamaño de grano fino a arcillosas, con un espesor de 70 mts a 110 mts. La Formación Ritoque se encuentra en contacto concordante hacia la base con la Formación Rosablanca y hacia el techo con la Formación Paja.

Edad: Según Etayo-Serna (1968) la edad para la Formación Ritoque corresponde al Hauteriviano temprano.

5.4 FORMACIÓN PAJA (Kip)

Según Julivert (1968), el nombre asignado para la Formación deriva de la Quebrada La Paja, afluente del Río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, según Morales et al (1958) está constituida predominantemente por shales arcillosos a limosos, negros, micáceos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, con láminas y venillas delgadas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septarios y venas de calcita. En los cuadrángulos de Tunja y de Charalá, Renzoni (1969), la ha subdividido informalmente en un miembro inferior arenoso constituido por una alternancia de estratos de arenitas y de arcillolitas grises, y un miembro superior arcillosos constituido por Shales de color negro a gris castaño e interestratificaciones de calizas. En el área de Villa de Leiva Etayo-Serna (1968), ha subdividido informalmente la Formación Paja en tres conjuntos: Lutitas negras inferiores, constituida por shales negros con nódulos fosilíferos. Arcillolitas abigarradas, formado por arcillolitas abigarradas que contienen nódulos calcáreos fosilíferos, estratos delgados calcáreos y láminas de venas y yeso. Arcillolitas de color marrón a gris con nódulos elipsoidales huecos.



CONVENCIONES

- Calizas o areniscas delgadas
- Limolitas silíceas y porcelanitas
- Nódulos o lentejones calcáreos
- Lutitas o Shales
L. S. arenosas
- Limolitas
- Calizas { Macizas
Arcillosas
Arenosas
- Arenisca

BL - Continuation columna estratigráfica de base a techo

Base topográfica: planchas:
190 II B y D - 191 I A y C del I. G. A. C.

Figura 5c. Columna estratigráfica generalizada de la región de Villa de Leyva y zonas próximas. Tomado y modificado de Etayo-Serna (1968).

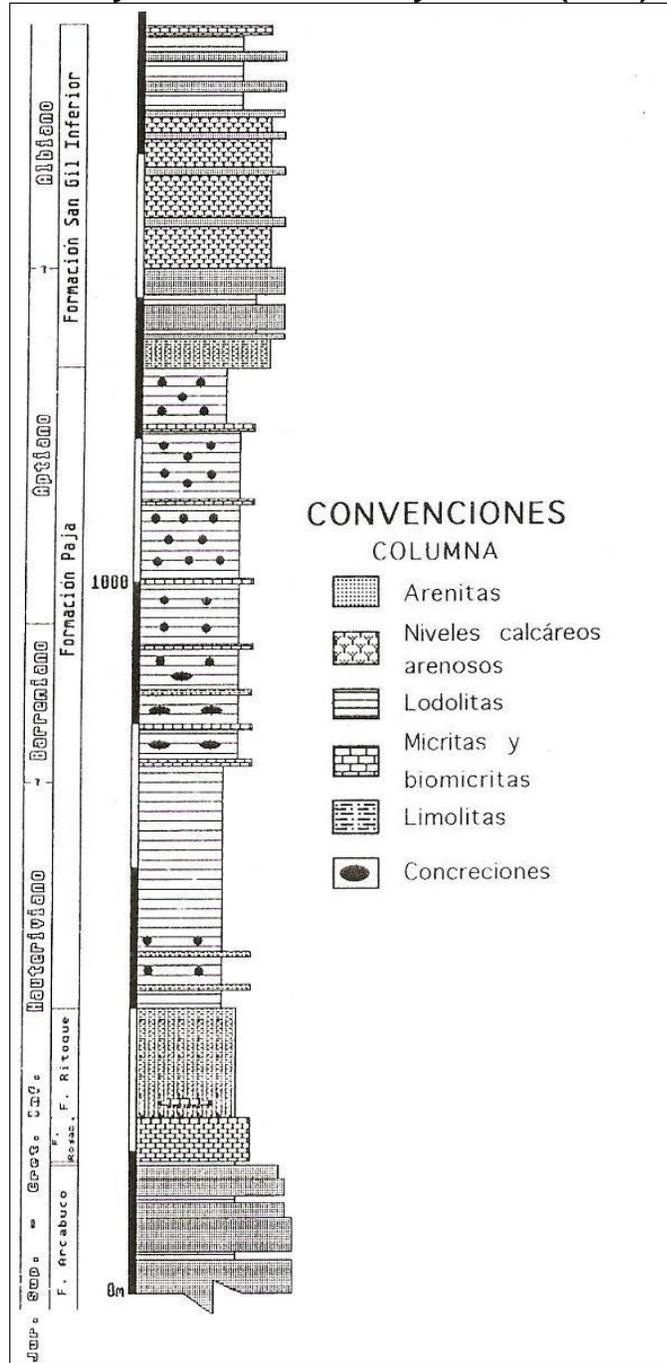


Figura 5d. Columna estratigráfica generalizada al SSE de Villa de Leyva. Tomado y modificado de Patarroyo & Moreno-Murillo (1997).

El espesor de esta formación varía entre un mínimo de 125 mts y un máximo de 625 mts, la extensión geográfica de esta formación es la parte norte del Valle medio de Magdalena y la región de Mesas y Cuestas. Finalmente Renzoni (1968) describe sobre la carretera Sáchica – Tunja una parte inferior de shales negros Hauterivianos y una superior de shales negros Aptianos con nódulos huecos; así mismo, pone de manifiesto la presencia de un miembro inferior arenoso a partir de Arcabuco y Togui. Estos niveles de arenisca se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos y el conjunto llega a ser de 293 mts en espesor.

De acuerdo a la recopilación hecha por Toussaint (1996), los fósiles encontramos para la parte basal de la Formación Paja corresponden a faunas de *Olcostephanus*, mientras que para la parte superior la fauna contiene *Nicklesia* del Barremiano y *Dufrenoyia* del Aptiano inferior. Adicionalmente en Forero-Onofre y Sarmiento-Rojas (1985) se resalta la presencia de niveles con restos de reptiles marinos como del *Kronosaurus* del Albiano, encontrado en cercanías de Villa de Leyva.

De acuerdo con Etayo-Serna (op.citp.), para la parte baja se interpreta ambientalmente la acumulación de lodolitas terrígenas en sectores muy tranquilos bajo condiciones anóxicas; para el miembro de arcillolitas abigarradas. Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985), interpretan el desarrollo de llanuras de mareas salinas, entre ambientes supramareales e intermareales; y para el nivel superior según Patarroyo & Moreno-Murillo (1997) la salinidad disminuye y puede ser interpretado un avance del nivel del mar o restricción en las condiciones del medio.

Edad: Asignada como Hauteriviano tardío – Aptiano tardío según Etayo-Serna (1968). Sin embargo, el mismo autor Etayo-Serna (1979) determina mas tarde, una edad comprendida desde el Valanginiano tardío hasta el Aptiano tardío.

4.5 GRUPO SAN GIL (Kis)

Descrita por Hubach, E. (1953), como caliza de San Gil, posteriormente Etayo-Serna (1968), la define como Grupo San Gil.

El Grupo San Gil aflora entre los puntos 16b y E36 de la poligonal referida por Etayo-Serna (1968) en la carretera entre Sáchica y Puente Samacá departamento de Boyacá. Constituido por la Formación San Gil Inferior que es una secuencia de arcillolitas arenosas grises, calizas arenosas y arenitas cuarzosas y por la Formación San Gil Superior la cual esta formada por lodolitas de color gris oscuro con interestratificaciones de arenitas y calizas. El espesor aproximado para el grupo San Gil es de 940 mts.

Edad: Se le asigna la edad de Aptiano – Albiano según Etayo-Serna (1968).

4.6 FORMACION CHURUVITA (Ksch)

Descrita por Etayo-Serna (1968). La unidad aflora parcialmente entre los puntos E36 y 43a de la poligonal referida por este autor y esta localizada entre la carretera entre Sáchica y el Puente Samacá, (Boyacá). De base a tope esta constituida por un segmento inferior de arenitas cuarzosas, moscovíticas, de grano fino, de color gris, estratificadas en bancos gruesos; este segmento es fosilífero en un 7% de su espesor el cual es aproximadamente 100 mts. Un segmento intermedio formado por una alternancia de bancos lumaquéllicos calcáreos, a calcáreos arcillosos, lodolitas y arenitas en estratos gruesos; este segmento es fosilífero en un 37% de su espesor, el cual es 73; y un segmento superior constituido por una alternancia de arcillolitas y limolitas con bancos macizos de arenitas de grano variable entre tamaño fino y medio, y con bancos calcáreos macizos. Los niveles fosilíferos representan el 43.8% del espesor del segmento. El espesor estipulado para esta Formación es 225 mts.

Edad: Según Etayo-Serna et al (1968) corresponde al Cenomaniano.

4.7 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

En el área del Departamento de Boyacá y a partir de los diferentes trabajos geológicos tanto de carácter regional como locales, se agruparon y diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

Glaciares (Qm). Este tipo de depósitos se presenta en el extremo noroeste y constan de una serie de morrenas, formadas por una masa de bloques angulares, parcialmente de arenitas y conglomerados, en una matriz areno -arcillosa, sin ninguna selección.

Coluviales (Qc). Con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

Aluviales (Qal). Se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados, a subredondeados principalmente de arenitas, en una matriz areno-arcillosa, presentan una morfología plana.

5. GEOLOGÍA LOCAL

Para la zona de estudio se identificaron en total siete unidades litológicas que van desde el Cretácico hasta el reciente, que han sido reportadas con anterioridad y para las cuales se usa la nomenclatura del Valle Medio del Magdalena para la cartografía de rocas sedimentarias que involucran rocas cretáceas.

5.1. FORMACION ARCABUCO (Jar)

Aflora al este de la Quebrada Chiquiza, al noreste del Cerro San Marcos, a lo largo de la Cuchilla Morro Negro, al norte del Río Samacá en el sector de las Pinturas Rupestres y en la cabecera de la Quebrada Ritoque.

Descripción Litológica. Se trata de rocas sedimentarias de color blanco crema a gris claro, con tamaño de grano arena media a fina, bien seleccionada y con alta esfericidad y subredondeadas. Composicionalmente presentan alto contenido de cuarzo (80% - 70%) y modalmente clasificadas como cuarzo arenitas. Generalmente los estratos son de espesores métricos y algunos presentan diaclasamiento y coloraciones rojizas (figura 6), producto de la meteorización. Es observable la presencia de estructuras sedimentarias como es el caso de la estratificación inclinada festoneada (figura 8) y estratificación plana paralela (pie occidental del Cerro San Marcos).



Figura 6. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, cerca al Cerro San Marcos. Cuarzo arenitas de la Formación Arcabuco con tenues coloraciones rojizas, producto de la meteorización. Longitud del martillo: 32,5 cm.

La unidad es fácilmente visible geomorfológicamente dado a la constitución de rocas de alta resistencia y a su presentación de colinas elongadas con cima ligeramente convexa (Cuchilla Morro Negro) y con cima plana (Cerro San Marcos), observada con estas características desde el flanco oriental.

Disposición estructural. Ya que la Formación hace parte del Anticlinal de Arcabuco, presenta dos tendencias estructurales, una en el flanco occidental dispuesta N3E/30NW y otra en el flanco oriental dispuesta N47E/37SE.

Espesor estratigráfico. Fácilmente supera los 300 metros de espesor, en el sector de las Pinturas Rupestres se levantó una columna de 20 metros y en el flanco occidental del Cerro San Marcos se pudo medir un espesor de 200 metros.

Límites estratigráficos. La Formación Arcabuco infrayace a la Formación Ritoque de manera concordante tanto en el flanco oriental del Cerro San Marcos (figura 7) así como al occidente de la Cuchilla Morro Negro e infrayace a la Formación Rosablanca concordantemente en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá (al sur del Cerro San Marcos) y en la cabecera de la Quebrada Ritoque.



Figura 7. Vista panorámica desde el pie oriental del Cerro San Marcos en el que observa en contraste a la Formación (FM) Paja y Ritoque. Líneas amarillas: Delimitan a las Formaciones de un depósito cuaternario.

Edad. De acuerdo a su posición estratigráfica (infrayace a la Formación Rosablanca y esta a su vez a la Formación Ritoque) se considera más antigua que las Formaciones Rosablanca y Ritoque, con una edad según Trumphy (1943) Jurásica tardía y Cretácica temprana según Etayo-Serna (1968).



Figura 8. Pie del Cerro San Marcos, margen izquierda aguas abajo de la Quebrada Chíquiza, 400 metros arriba de la intersección entre las Quebradas Chíquiza y La Negra. Estratos decimétricos de Cuarzo arenitas de la Formación Arcabuco con estratificación inclinada festoneada. Diámetro de la moneda 2,3 cms.

5.2. FORMACION ROSABLANCA (Kir)

Su presencia es evidente al noreste del Cerro San Marcos aguas abajo de la cabecera de la Quebrada Ritoque y expuesta en mayor espesor en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá continuas a las Pinturas Rupestres, al sur del mismo cerro. Adicionalmente en algunos sectores de la parte oriental del Cerro San Marcos y de la Cuchilla morro Negro se observan superficies de meteorización de calizas (figura 9).

Descripción Litológica. Corresponde a calizas arenosas lumaquelicas de color gris con tamaño de grano arena media a fina con ligeras coloraciones amarillentas en roca parcialmente alterada (por lavado de carbonatos). Generalmente el contenido fosilífero es de conchas de bivalvos de tamaños considerables (de 2 a 10 centímetros de longitud

en el eje mayor de las valvas, en ocasiones reemplazadas por cristales de calcita y/o aragonito).



Figura 9. Flanco oriental del cerro san Marcos, meteorización de calizas por disolución de carbonatos a través de aguas de escorrentía. Longitud del martillo: 32,5 cms.

Disposición estructural. La Formación al noroccidente del Cerro San Marcos aguas abajo de la cabecera de la Quebrada Ritoque consta de 20 metros de calizas arenosas lumaquéllicas dispuestas N55E / 28NW y en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá se muestra como paquetes de caliza ligeramente arenosa a lodosa de color gris con alto contenido fosilífero, principalmente conchas de bivalvos reemplazadas por carbonatos y moldes externos de gasterópodos en calizas lodosas grises (figuras 10 y 11). Los estratos de calizas son métricos y en ocasiones se observan interestratificaciones de lodolitas grises con presencia fosilífera y con espesores no superiores a los 1,5 metros. Por otro lado algunos estratos de calizas están fuertemente lavados (generalmente estratos de espesor no mayor a 40 centímetros), aunque la tendencia de general es de roca fresca por debajo del color crema observado, producto del lavado superficial de calizas suprayacentes. Los estratos se disponen generalmente N30W / 25SW con variaciones hasta N80W / 25SW (cambiando paulatinamente en rumbo de los estratos pero manteniendo un buzamiento entre 25° y 28°). Se resalta que

es observable laminación paralela hacia la base de algunos estratos, caso de las rocas aflorantes aguas debajo de la cabecera de la Quebrada Ritoque.

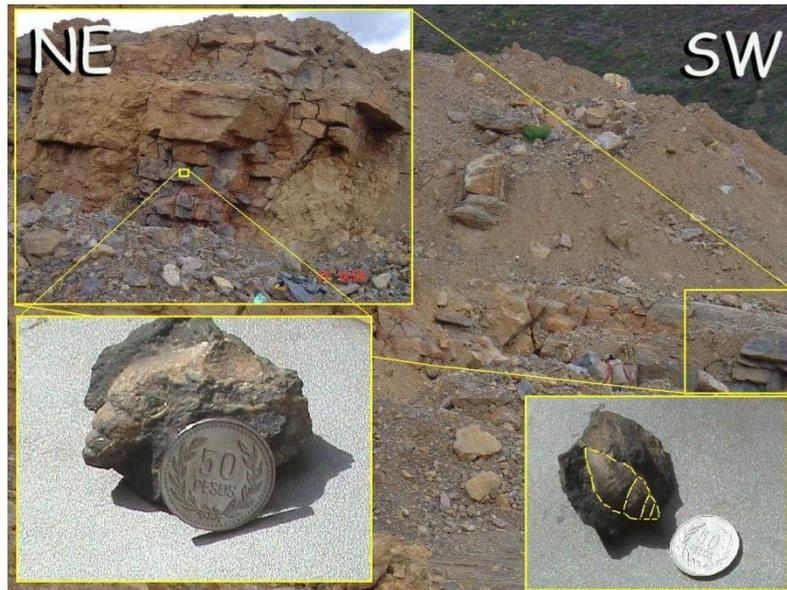


Figura 10. Canteras Calizas & Agregados Boyacá, cantera en receso de explotación (13 de agosto de 2008). Fósil de gasterópodo en calizas lodosas grises. Diámetro de la moneda: 2,1 centímetros.

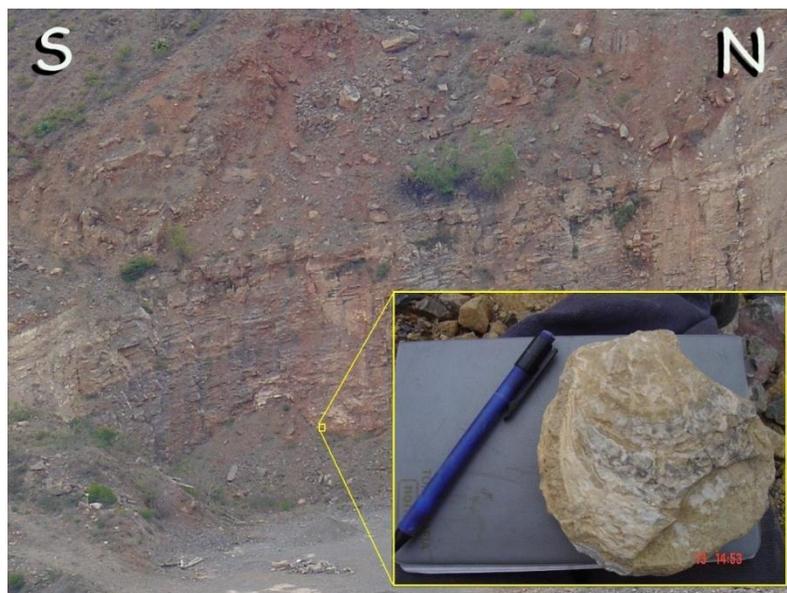


Figura 11. Canteras Calizas & agregados Boyacá, cantera en receso. Fósil de bivalvo en estrato de caliza arenosa de color gris sin reemplazar. Longitud del portaminas: 14 cms.

Límites estratigráficos. Suprayace a la Formación Arcabuco de forma concordante y a manera de cuña, tanto en el flanco noroccidental como al sur del Cerro San Marcos e infrayace a la Formación Ritoque de manera concordante (figuras 12 y 13). Por otro lado Patarroyo & Moreno (1997) proponen un contacto fallado de tipo normal, evidencias no observadas fácilmente en campo a diferencia de fallas de corta extensión y de tipo inverso en la margen derecha aguas abajo del Río Samacá a 400 metros de las Pinturas Rupestres.



Figura 12. Vista panorámica de la Formación (FM) Rosablanca acunada en la Formación (FM) Arcabuco entre el Cerro San Marcos y el valle del Río Samacá. Líneas amarillas: Delimitan a las Formaciones.

Espesor estratigráfico. En la poligonal levantada sobre la Quebrada Ritoque se determinó un espesor de 18 metros, mientras que en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá se levantó 44,8 metros de espesor total, en donde los 16,8 metros superiores corresponden al descapote (caliza fuertemente diaclasada y meteorizada de color pardo rojizo) y los 28 metros inferiores a roca fresca (bancos de caliza con algunos niveles lodosos).

Edad. Se considera más reciente que la Formación Arcabuco, con una edad Cretácica temprana (Berriasiano – Valanginiano) según Julivert (1968).

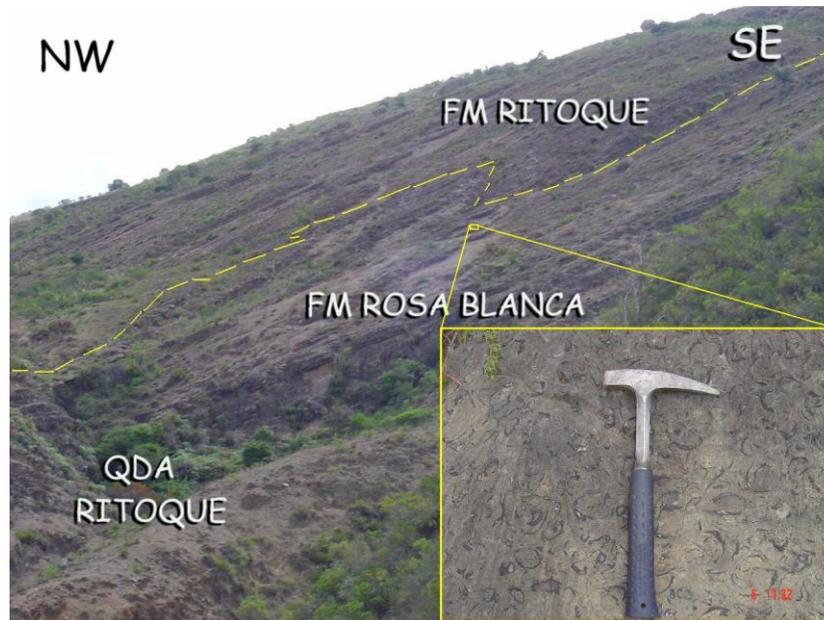


Figura 13. Flanco occidental del Cerro San Marcos, aguas abajo de la cabecera de la Quebrada Ritoque, contacto concordante entre la Formación (FM) Rosablanca y Ritoque. Longitud del martillo: 32,5 cms.

5.3. FORMACION RITOQUE (Kiri)

Esta unidad aflora en el pie de monte oriental de la Cuchilla Morro Negro sobre la Quebrada Chiquiza (figura 14), en la margen izquierda aguas abajo del Río Samacá a 200 metros de las Pinturas Rupestres (figura 15), alrededor de la parte occidental del Cerro San Marcos y sobre la Quebrada Ritoque. La Formación da coloración rojiza al paisaje cuando se encuentra fuertemente meteorizada (figura 16).

Descripción Litológica. Generalmente la unidad consta de lodolitas grises con ligera presencia fosilífera y en ocasiones silíceas, interestratificadas con calizas arenosas con niveles fosilíferos. Adicionalmente el levantamiento de columnas a escala 1:200 en sectores específicos mostró litología variable. Hacia el oriente del Cerro San Marcos entre las Quebradas Chiquiza y La Negra, litológicamente corresponde a interestratificación de calizas arenosas de grano fino lumaquelicas con lodolitas grises fosilíferas con estratos de espesores centimétricos a métricos, mientras que sobre la Quebrada Chiquiza, entre las Quebradas Compuerta y Soavita corresponde a calizas

lodosas con fósiles de bivalvos con presencia de pirita diseminada interestratificadas con lodolitas grises con fósiles y con concreciones arcillosas (figuras 17,18 y 19) con estratos métricos a decimétricos.



Figura 14. Flanco oriental Cuchilla Morro Negro, Intersección Quebrada Chiquiza y Quebrada La Negra. En el zoom, impresión de bivalvo en lodolita gris. Diámetro de la moneda: 2,4 cms.



Figura 15. Sector Río Samacá, 200 metros antes de las Pinturas Rupestres, margen izquierda aguas abajo del Río Samacá. En la ampliación, impresión de placa de Equinodermo en lodolita gris. Diámetro de la moneda: 2,4 cms. Sitio de muestreo BL005.

Adicionalmente sobre el Río Samacá la litología presente es de limolitas grises interestratificadas con calizas grises fosilíferas y lodolitas grises silíceas (figuras 20, 21) con estratos decimétricos a métricos. Finalmente al occidente del Cerro San Marcos, sobre la Quebrada Ritoque, aguas arriba, a 400 metros de la carretera principal (vía Peaje Sáchica – Villa de leyva), las rocas corresponden a lodolitas grises fosilíferas con fisilidad intercaladas con arenitas limosas y limolitas de color gris verdoso y en ocasiones ligeramente calcáreas (figura 22).



Figura 16. Panorámica de la Formación (FM) Ritoque entre el Cerro San Marcos y el valle del Río Samacá. Nótese la coloración rojiza de la unidad a causa de la meteorización de las rocas. Líneas amarillas: Delimitan a la Formación con respecto a depósitos cuaternario aluviales en el valle del Río Samacá.

Disposición estructural. Los estratos se disponen N33E / 24SE con variaciones hasta de N45E / 35 SE hacia el oriente del Cerro San Marcos y hacia el occidente del mismo cerro hacia el N34E / 12NW.



Figura 17. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas Compuerta y Soavita. Estratos de la Formación Ritoque buzando hacia el SE. Sitio de muestreo BL003.



Figura 18. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas Compuerta y Soavita. En el recuadro, nódulos arcillosos en estrato de lodolita gris infrayaciendo estrato de caliza arenosa. Formación Ritoque. Longitud del martillo: 32,5 cms. Sitio de muestreo BL003.

Estas variaciones en la disposición de los estratos se explican debido a que la formación rodea la base de la Cuchilla Morro Negro y al Cerro San Marcos (que conforman parte del Anticlinal de Arcabuco) mostrando datos estructurales variables hacia los flancos, siendo hacia el oriente disposiciones generales en rumbo de NE y buzando 24 SE, hacia el occidente disposiciones generales en rumbo de NE buzando 12 NW y en el núcleo con fuertes variaciones en el rumbo (entre N75W y N35W) pero con buzamiento constante de 25SW.

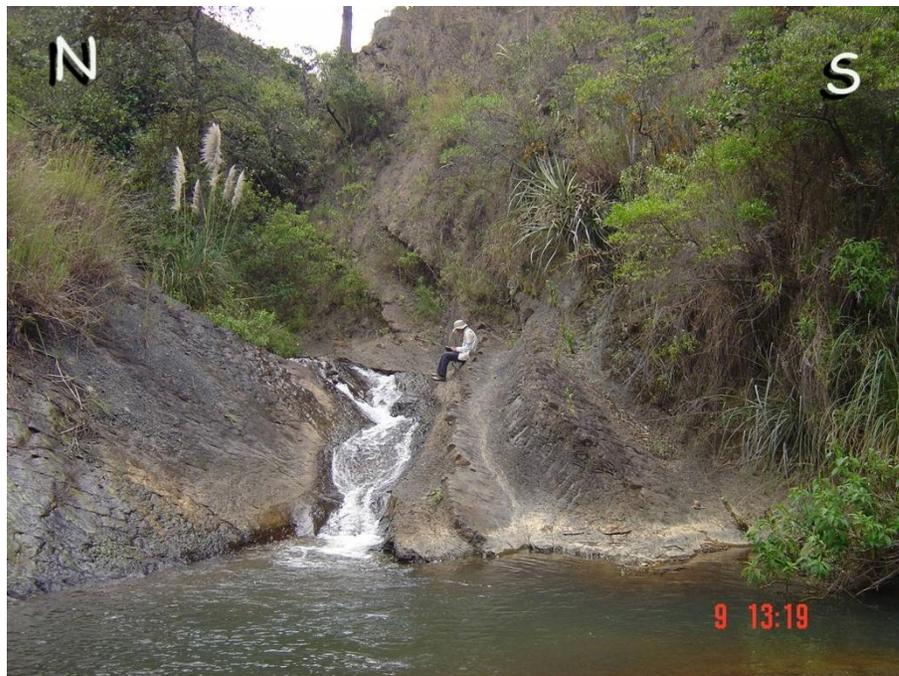


Figura 19. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, entre Quebradas Compuerta y Soavita. Quebrada Chiquiza cortando estratos de lodolitas grises interestratificadas con calizas arenosas de la Formación Ritoque.



Figura 20. Sector Río Samacá, margen izquierda aguas abajo, 200 metros antes de las Pinturas Rupestres. En el zoom, concha de bivalvo delineada en color amarillo en estrato de caliza limosa perteneciente a la Formación Ritoque. Longitud del portaminas: 14 cms.



Figura 21. Margen izquierda aguas abajo Río Samacá, 200 metros antes de Pinturas Rupestres. En recuadro, concha de bivalvo delineada en amarillo en estrato de caliza arenosa de la Formación Ritoque. Diámetro moneda: 2,4 cms.

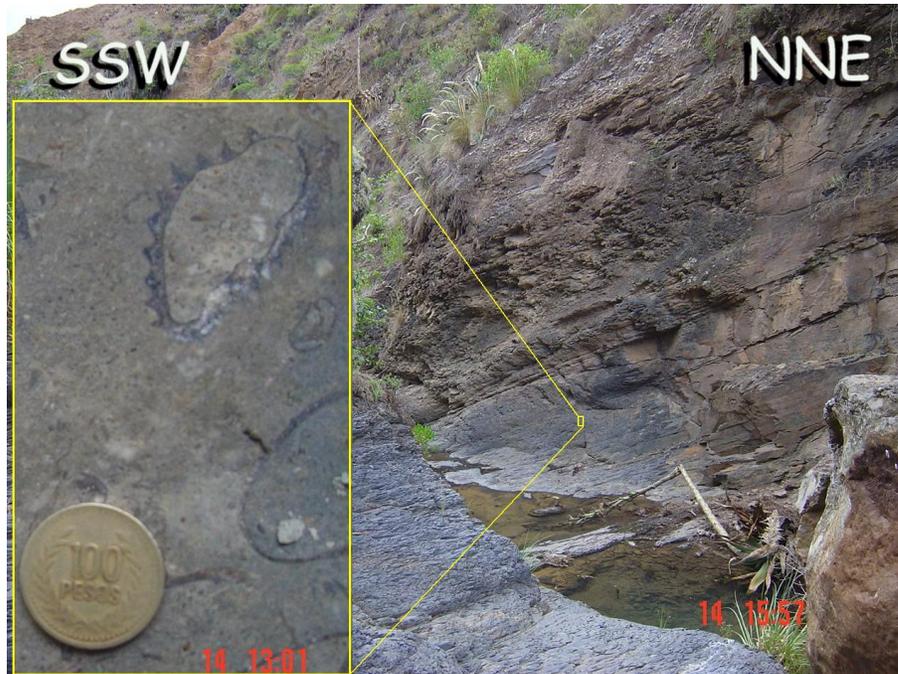


Figura 22. Flanco oriental del Cerro San Marcos, 400 metros aguas arriba de la carretera principal (Peaje Sáchica – Villa de Leyva) sobre la Quebrada Ritoque. Concha de bivalvo en calizas arenosas. Sitio de muestreo BL007. Diámetro de la moneda: 2,3 cms.

Espesor estratigráfico. Al oriente de la Cuchilla Morro Negro se determinó un espesor de 78 metros para la Formación Ritoque, siendo litología característica de interestratificación de limolitas, lodolitas grises y calizas fosilíferas, mientras que para el occidente del Cerro San Marcos, específicamente sobre la Quebrada Ritoque se determinó un espesor de 33 metros aflorantes y mas de 70 metros de cobertera (cobertera vegetal, suelos limoarcillosos y roca fuertemente meteorizada de color pardo rojizo). En la cantera Calizas & Agregados Boyacá se levantó una columna de aproximadamente 40 metros de espesor, en la margen derecha aguas abajo del Río Samacá (figura 23).



Figura 23. Vista panorámica de las canteras Calizas & Agregados Boyacá. Nótese el acuñaamiento de la FM Rosablanca. Líneas amarillas: Delimitan concordantemente a las Formaciones involucradas. FM = Formación. Sitio de muestreo BL006.

Límites estratigráficos. Hacia el flanco occidental del Cerro San Marcos suprayace a la Formación Rosablanca de manera concordante y a la Formación Arcabuco de manera concordante y al oriente de la Cuchilla Morro Negro y del Cerro San Marcos suprayace nuevamente a la Formación Arcabuco concordantemente (figura 24, 25) e infrayace concordantemente a la Formación Paja.

Edad. Por su contenido fosilífero y por sus relaciones estratigráficas se le asigna la edad de Hauteriviano, propuesta por Etayo-Serna (1968).



Figura 24. Flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, 600 metros después del Corregimiento de Chiquiza. Contacto concordante entre FM Arcabuco y Ritoque e igualmente concordante entre FM Ritoque y Paja. Sitio de muestreo BL003, sobre la Quebrada Chiquiza. Líneas amarillas: Delimitan a las Formaciones. FM: Formación.

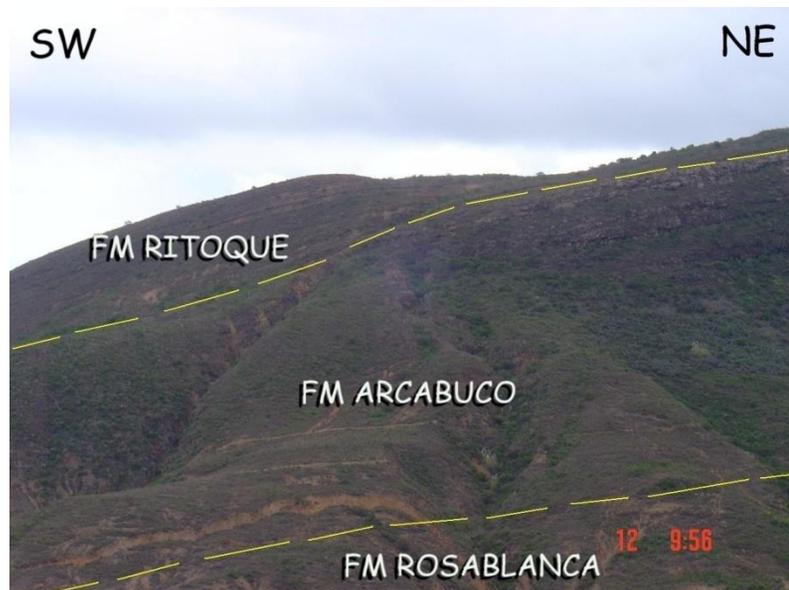


Figura 25. Flanco oriental del Cerro San Marcos. Panorámica general para observar el contacto concordante en líneas amarillas entre FM Ritoque y FM Arcabuco. FM: Formación.

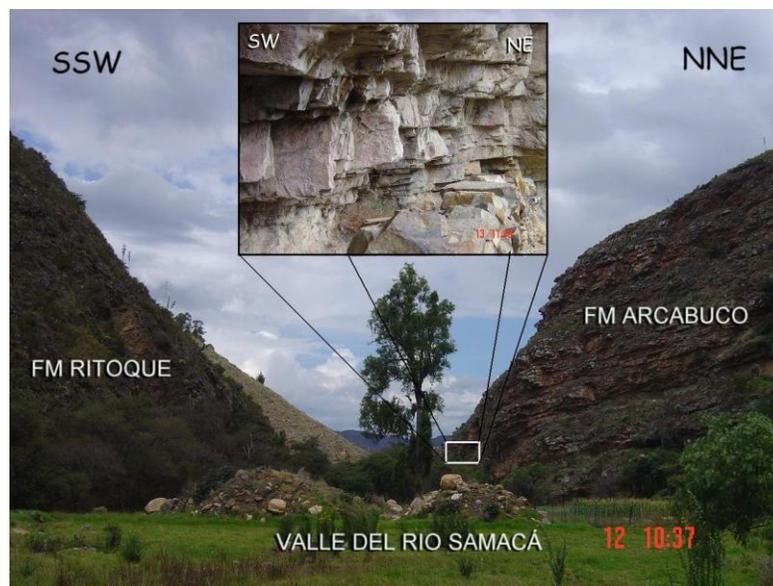


Figura 26. Vista panorámica sobre el valle del Río Samacá, entre la margen derecha aguas abajo del Río Samacá y el pie de monte oriental del Cerro San Marcos. En el recuadro sitio arqueológico de Pinturas Rupestres sobre estratos de cuarzo arenitas fuertemente diaclasadas de la Formación (FM) Arcabuco.



Figura 27. Vista panorámica desde la intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra. Sitio de levantamiento de columnas con muestras BL002. Contacto concordante en líneas amarillas entre la FM Paja y Ritoque e igualmente concordante entre la FM Ritoque y Arcabuco. FM: Formación.



Figura 28. Vista panorámica desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro, 400 metros arriba de la intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra. Contacto concordante en líneas amarillas entre la Formación (FM) Ritoque y Arcabuco. Hacia el techo, estratos de cuarzo arenita con estratificación inclinada festoneada.

5.4. FORMACION PAJA (Kip)

Para el área de estudio aflora al oriente de la Cuchilla Morro Negro y del Cerro San Marcos, principalmente sobre la carretera Tunja – Villa de Leyva entre el Peaje Sáchica y el Alto del Arrayán, en los valles escarpados de las Quebradas La Negra, Surcia, Compuerta, Ovejeras y Bolívar y en los alrededores del Corregimiento de Chiquiza.

Descripción Litológica. Entre el Alto del Arrayán y el Peaje Sáchica se levantó una columna de 584 metros para la Formación, en la que los primeros 162,3 metros de espesor de la unidad corresponden a interestratificaciones de lodolitas negras, limolitas arenosas grises, lodolitas grises y shale con estratos generalmente de espesores centimétricos a decimétricos. Dentro de algunos estratos lodosos aparecen niveles concrecionales de composición arcillosa y ferrosa de tamaño guijo a guijarro y de forma elipsoidal a esférica. De igual forma algunas concreciones presentan contenido fosilífero (figura 29), mientras que el alto contenido de materia orgánica se restringe a los primeros 30 metros de espesor y en los estratos lodosos. Por otro lado, el contenido de

concreciones aumenta paulatinamente hacia el techo y así mismo el tamaño de las mismas (figura 30), mientras que el contenido de yeso se incrementa de base a techo y pasando de presentación de cintas a placas de yeso (figura 31). Los estratos presentan una disposición general de N70E / 30SE.

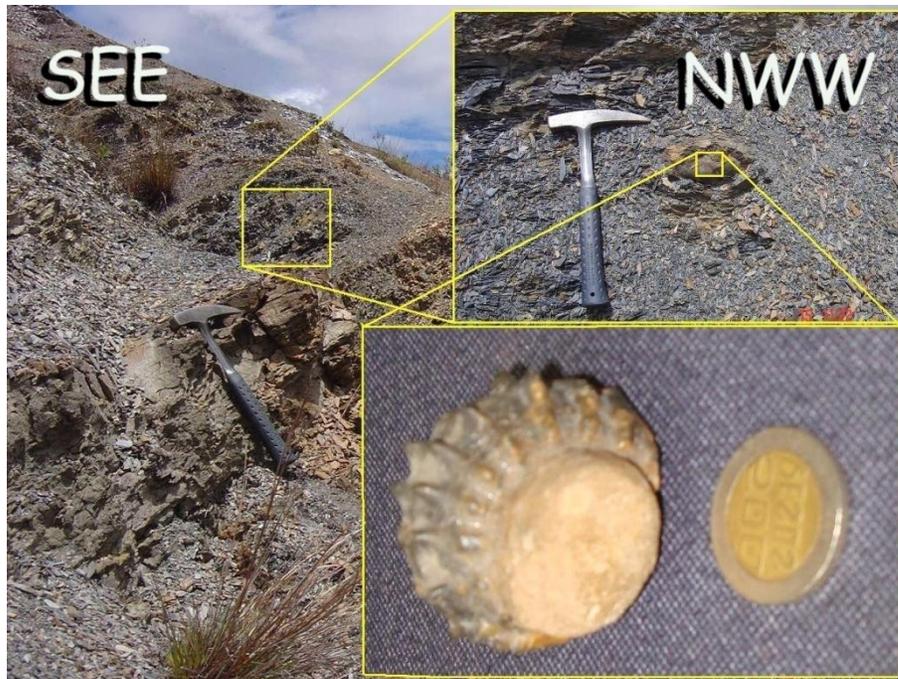


Figura 29. Vía Villa de Leyva - Tunja, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la carretera en sentido SSE, frente a la entrada por carretera destapada a las Pinturas Rupestres. En el recuadro fósil de amonites (*chelonicerias*) dentro de concreción arcillosa. Diámetro de la moneda: 2,3 cms.

Finalmente los siguientes 421,7 metros muestran interestratificaciones de arenitas limosas grises ligeramente calcáreas (de coloración rojiza cuando están meteorizadas. Ver figura 32) y en ocasiones con presencia de moscovita o impresiones de amonites (figura 33), con estratos decimétricos a centimétricos de lodolitas negras a lodolitas fisibles (shale) en las que algunos estratos presentan nódulos arcillosos huecos y oxidados, de tamaño guijo y de forma elipsoidal e interestratificadas con calizas arenosas (con espesores no superiores a los 40 centímetros) y en ocasiones con fósiles de bivalvos. Los estratos se disponen N75E / 30SE mostrando leves variaciones en el rumbo.

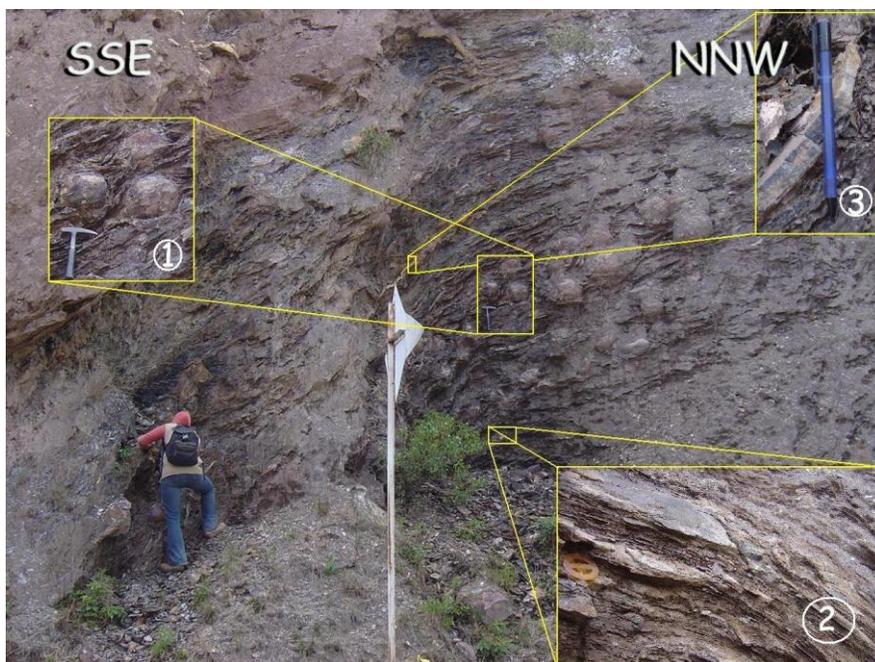


Figura 30. Carretera entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SSE, a 400 metros del Alto del Arrayán. En la fotografía, recuadro 1: niveles concrecionales de forma esférica tamaño guijarro a bloque y placas de yeso (recuadros 2 y 3) en estratos lodosos y arenosos. Longitud martillo: 32,5 cms. Longitud del portaminas: 16 cms.

En general la unidad se distingue morfológicamente por exhibir superficies onduladas en tonos claros, generalmente blanquecinos, grises y rojos desvanecidos. Adicionalmente algunos estratos (generalmente lodolitas y calizas) presentan alto grado de diaclasamiento (figura 34), fallas locales de tipo normal debido a régimen de esfuerzos distensivos (figura 35), tenues foliaciones y plegamientos (figura 36) que muestran discontinuidad en la disposición de algunos estratos.

Espesor estratigráfico: Se determino un espesor de 584 metros para la unidad entre el Peaje Sáchica y el Alto del Arrayán. Por otro lado se levantaron 35 metros sobre la Quebrada Surcia bajo el Puente Juan Suárez, los cuales correspondían a un segmento de la parte Media de la formación en el sector estudiado.

Límites estratigráficos. La unidad suprayace a la Formación Ritoque de manera concordante (figura 37) e infrayace a la Formación San Gil concordantemente.

Edad. De acuerdo a los fósiles encontrados, a la litología característica y a su posición estratigráfica se le asigna una edad según Etayo-Serna (1968) entre Hauteriviano-Aptiano tardío pero para la zona de trabajo entre Barremiano tardío – Aptiano.



Figura 31. Carretera entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, a 300 metros antes del Alto del Arrayán. Placas de yeso con espesores no superiores a los 2 cms. Longitud portaminas: 16 cms.



Figura 32. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, a 300 metros después de la entrada por carretera destapada a las Pinturas Rupestres. Estratos de arenitas calcáreas meteorizadas con leve plegamiento, interestratificadas con lodolitas grises fuertemente meteorizadas.



Figura 33. Carretera Peaje sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido W-E, a 450 mts del Alto del Arrayán. En el recuadro impresión de Amonites en arenitas de grano fino. A un costado, placas de yeso y niveles concrecionales. Longitud portaminas: 16 cms. Longitud martillo: 32,5 cms.

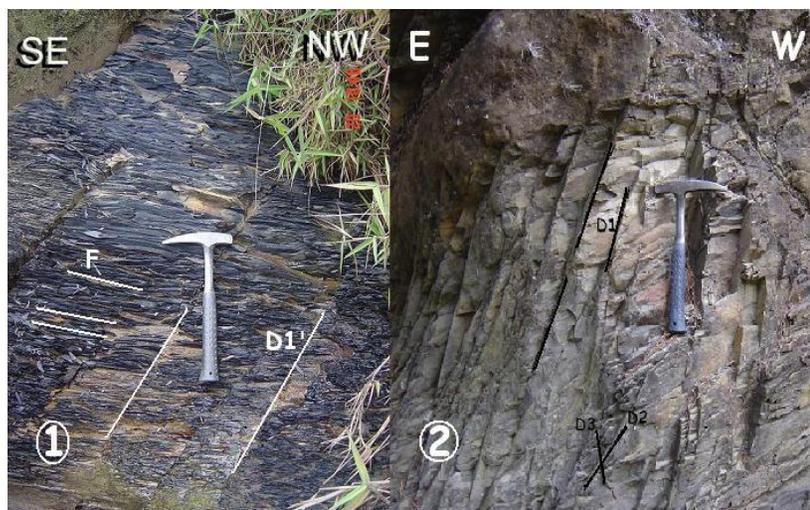


Figura 34. En la foto 1 diaclasas D1' dispuestas N20W / 64NE y foliaciones F perpendiculares al diclasamiento en lodolitas negras sobre la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. En la foto 2 diaclasas D1 N10W / 67NE, D2 N18W / 63NE y D3 N20E / 60SE en lodolitas silíceas de color gris en la margen izquierda aguas abajo

del Río Samacá, 400 metros antes de las Pinturas Rupestres, al sureste del Cerro San Marcos. Longitud del martillo: 32,5 cms.

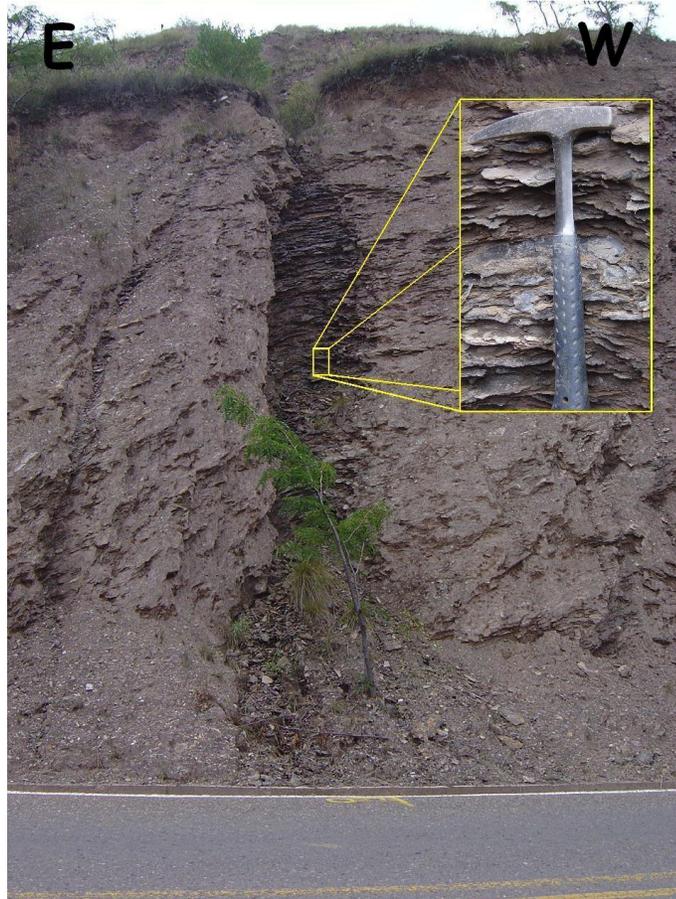


Figura 35. Vía Tunja – Villa de Leyva, entre el Peaje Sáchica y el Alto del Arrayán, 600 metros antes del Alto del Arrayán. Afloramiento de lodolitas negras interestratificadas con arenitas finas ligeramente calcáreas con estratos de espesores centimétricos con intercalaciones de placas de yeso (menores a un centímetro de espesor). Longitud del martillo: 32,5 cms.



Figura 36. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la vía en sentido SE, 800 metros arriba de la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza. Plegamiento en arenitas calcáreas de grano medio y en estratos de calizas arenosas grises.



Figura 37. Flanco oriental Cuchilla Morro Negro. En líneas amarillas, contacto concordante entre la Formación (FM) Arcabuco y Ritoque y concordante entre la Formación (FM) Ritoque y Paja.



Figura 38. Vista panorámica de la Formación (FM) Paja desde la entrada al Corregimiento de Chiquiza, a una costado de la carretera Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Límites de las Formaciones en líneas amarillas.



Figura 39. Vista panorámica de la formaciones involucradas al oriente del Cerro San Marcos desde la entrada por carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza, a una costado de la carretera Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. En líneas amarillas, contacto concordante entre FM Ritoque y FM Paja. Al fondo acuñamiento de la FM Rosablanca en la FM Arcabuco. FM: Formación.



Figura 39a. Vista panorámica de la Formación (FM) Paja desde el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro (parte oriental del Anticlinal de Arcabuco). Hacia el oeste (W) el Peaje Sáchica, hacia el este (E) alto del Arrayán. En el recuadro (W), lodolitas intercaladas con arenitas en estrato de no más de 50 cms de espesor. Longitud del martillo: 32,5 cms.

5.5. FORMACION SAN GIL (Ksg)

Se puede observar fácilmente al sureste del Cerro San Marcos, sobre la vía Tunja – Villa de Leyva en el sector Alto del Arrayán y al noreste del Corregimiento de Chiquiza aguas abajo de la cabecera de la Quebrada La Compuerta y de la Quebrada Surcia. Adicionalmente la sección levantada en el sector Alto del Arrayán según Etayo-Serna (1968) corresponde a la parte inferior de la Formación.

Descripción Litológica. Se trata de rocas sedimentarias interestratificadas de color crema a gris oscuro cuyos estratos presentan espesores decimétricos a métricos y dispuestos generalmente N60E / 40SE. Los estratos oscuros corresponden a lodolitas grises y en ocasiones ligeramente fíccibles con presencia poco demarcada de materia orgánica y fósiles de bivalvos así como a arenitas grises con cristales de yeso e impresiones de bivalvos (figura 40). Por otro lado los estratos de color crema corresponden a arenitas de grano fino con algún contenido de carbonatos y cristales de yeso y a calizas arenosas de grano fino. Algunos estratos lodosos presentan nódulos arcillosos tamaño guijo a guijarro (figura 41) y algunos estratos de arenitas grises

presentan moscovitas. La unidad brinda al paisaje tonos amarillentos a grisáceos y conforman notoriamente el Alto del Arrayán.



Figura 40. Sector Alto del Arrayán, margen izquierda de la vía en sentido NWW. Estrato de arenita gris con fósiles de bivalvos. En el recuadro detalle de muestra. Dentro de los círculos impresiones de bivalvos. Los puntos blancos corresponden a cristales de yeso. Los tonos crema corresponden al lavado de rocas calcáreas suprayacentes. Los tonos rojizos corresponden a meteorización de minerales ferrosos. Longitud martillo: 32,5 cms. Diámetro moneda: 2,4 cms.



Figura 41. Sector Alto del Arrayán. Estrato arcilloso con nódulos arcillosos grises tamaño guijarro. Longitud martillo: 32,5 cms.



Figura 42. Margen izquierda de la vía Alto del Arrayán – Peaje Sáchica, sector Alto del Arrayán. Nótese el estado de las rocas duras (arenitas calcáreas) respecto a las blandas (lodolitas grises) dentro de los estratos para la Formación san Gil en el sector.

Edad. Dada a su posición estratigráfica se le asigna una edad de Aptiano tardío a Albiano temprano.

Límites estratigráficos. Suprayace a la Formación Paja de manera concordante (figura 43) e infrayace a la Formación Churuvita concordantemente.



Figura 43. Vista panorámica 100 metros arriba de la margen derecha de la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán para la Formación (FM) Paja y la Formación (FM) San Gil (separadas por las líneas amarillas).

5.6. FORMACION CHURUVITA (Ksch)

Aflora sobre la carretera destapada que conduce al Corregimiento de Chiquiza en los alrededores orientales de la finca Bolívar y aproximadamente a 2 kilómetros al sureste del Alto del Arrayán sobre la vía Villa de Leyva – Tunja.

Descripción Litológica. A grandes rasgos corresponde a interestratificaciones de arenitas finas de color gris con lodolitas grises a lodolitas grises fisibles, siendo los estratos generalmente de espesores centimétricos a decimétricos.

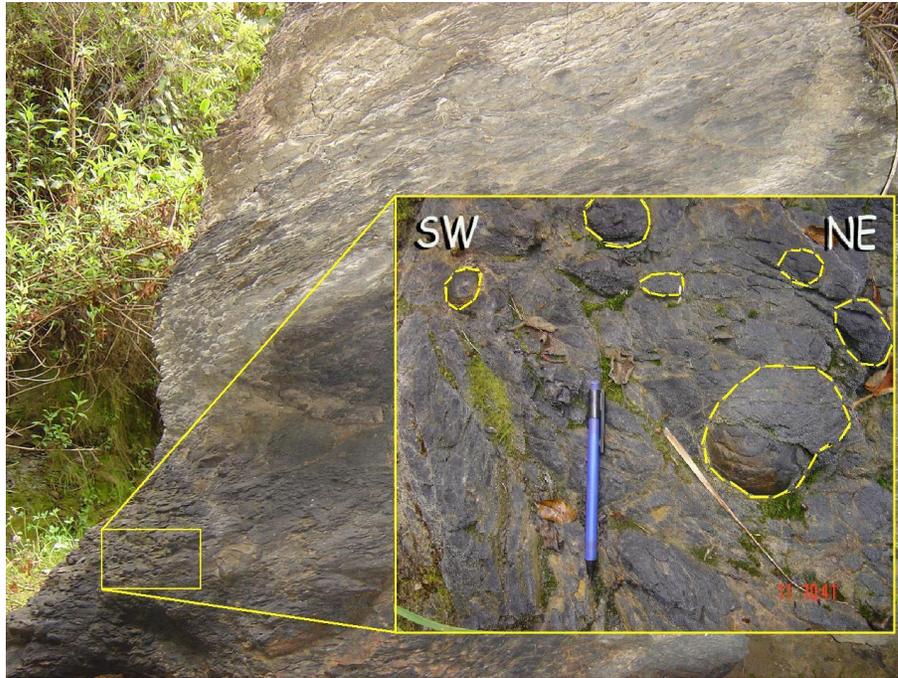


Figura 43a. Margen izquierda aguas arriba de la Quebrada Surcia, a 300 metros del Puente Juan Suárez. Nódulos arcillosos en lodolitas de la Formación Paja. Longitud portaminas: 16 cms.

Edad. Estratigráficamente puede representar el Cenomaniano?

Límites estratigráficos. Yace concordantemente sobre la Formación San Gil.

Observación: las descripciones efectuadas para la Formación no fueron detalladas, puesto que la unidad no fue muestreada.

5.7. DEPOSITOS CUATERNARIOS (Qal - Qtr - Qc)

Corresponden a depósitos recientes de origen fluvial – aluvial, de precipitación química (calizas con travertino) y coluviales. Los primeros pueden ser observados sobre el valle del Río Samacá al sur del Cerro San Marcos, al suroeste del Peaje Sáchica y al noreste del Río Samacá sobre la vía Peaje Sáchica – Villa de Leyva. Los segundos se encuentran al norte de la Quebrada Ritoque aflorando en las canteras de Cementos Tequendama y de la finca El Paraíso y los últimos al oeste del pie de monte del Cerro San Marcos.

5.7.1. Depósitos Cuaternarios aluviales (Qal)

Descripción Litológica. A grandes rasgos se trata de gravas, arenas y lodos que rellenan antiguos drenajes o conforman terrazas (figura 44), exhibiendo gradación normal.

Límites estratigráficos. Estos depósitos yacen discordantemente sobre las unidades circundantes, notables al oeste del Cerro San Marcos sobre la Formación Ritoque e igualmente al sureste del mismo cerro en las márgenes del Río Samacá y al sureste del Peaje Sáchica sobre la Formación Paja.



Figura 44. Sureste del Cerro San Marcos, margen izquierda aguas abajo del Río Samacá. Depósitos fluviales sobre calizas de la Formación Ritoque en contacto discordante. Líneas amarillas: límite de depósitos.

5.7.2. Depósitos Cuaternarios de Travertino (Qtr)

Corresponde a depósitos de travertino explotados en las canteras de Cementos Tequendama, ubicadas al norte de la Quebrada Ritoque y a un costado de la Finca El Paraíso, siendo su presentación a manera de una colina de cima plana.

Descripción Litológica. Son rocas sedimentarias fuertemente calcáreas de color gris a rojizo en muestra fresca y de colores crema a pardo rojizos en muestra alterada, con tamaño de grano arena media y en ocasiones con cristales de calcita.

En algunos niveles (hacia la base de los estratos) se observan impresiones de hojas de plantas (figura 45), mientras que en los niveles superiores se observan fragmentos óseos (figura 45a). Los estratos se disponen generalmente N25W / 20SW.

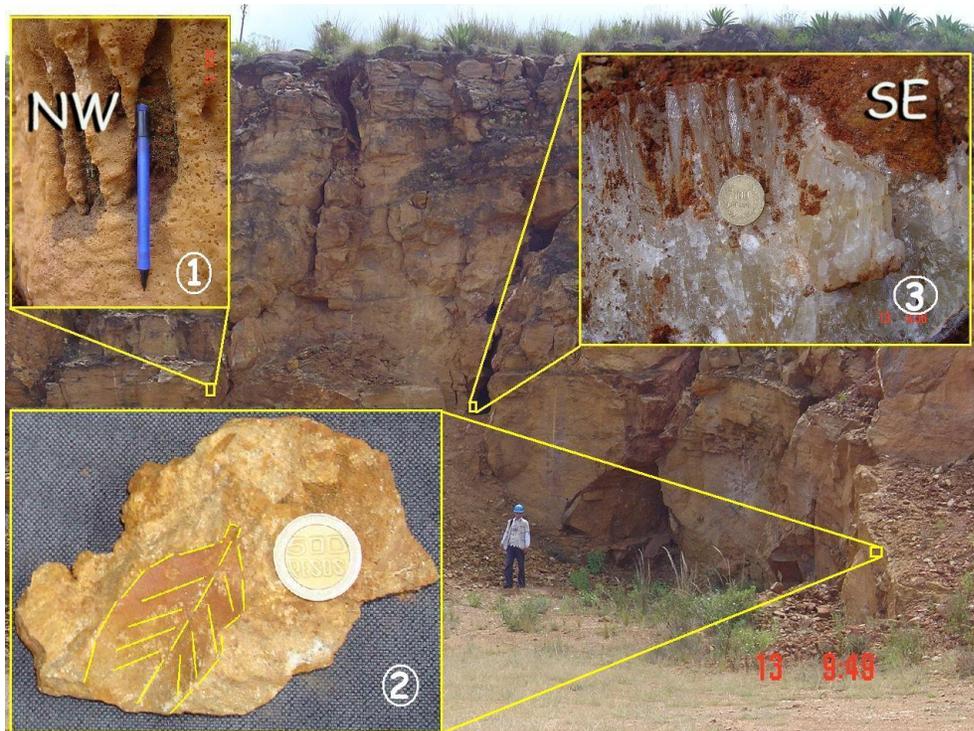


Figura 45. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte media. Estratos de calizas arenosas de color gris en muestras fresca y de coloración amarillenta en muestras alteradas. 1: calcita lavada en presentación de estalactita. 2: impresión de hoja de plantas superiores en caliza arenosa de grano medio. 3: cristales de calcita. Diámetro de la moneda: 2,4 cms. Longitud del portaminas: 16 cms.

Límites estratigráficos. Suprayacen a la Formación Ritoque e igualmente a la Formación Paja de manera discordante, al noroeste del Cerro San Marcos, inmediatamente al norte de la Quebrada Ritoque.



Figura 45a. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte trasera. Fragmento fosilizado de extremidad de mastodonte. Longitud martillo: 32,5 cms.



Figura 46. Canteras Cementos Tequendama, frente de explotación parte trasera. En el recuadro, travertino de forma cilíndrica. Longitud del portaminas: 16 cms.

5.7.3. Depósitos Cuaternarios coluviales (Qc)

Descripción Litológica. Son depósitos de coluviones generalmente observados en la base de escarpes de la zona o de colinas con pendiente relativamente inclinada, siendo en su mayoría acumulaciones de bloques, guijarros y gravas angulosas, así como de arenas y lodos subangulares dependiendo de la litología circundante (Figura 48). En el paisaje se manifiestan como cortas planicies, observadas fácilmente en el pie de monte occidental del Cerro San Marcos.



Figura 47. Vista panorámica de depósitos Cuaternarios tamaño arcilla a limo entre Cerro San Marcos y Cuchilla Morro Negro. Nótese al fondo algunos bloques angulosos (coluviones) desprendidos de la Formación Arcabuco.

Límites estratigráficos. Suprayace a las Formaciones Ritoque y Arcabuco de manera discordante. A la primera al oeste del Cerro San Marcos y a la segunda entre la Cuchilla Morro Negro y el cerro antes mencionado.



Figura 48. Margen derecha aguas arriba de la Quebrada Surcia, a 400 metros del Puente Juan Suárez, Corregimiento de Chiquiza. Formación de estalagmitas en aguas estancadas sobre la Quebrada Surcia por precipitación de carbonatos provenientes de rocas calcáreas de la Formación Paja. Longitud del portaminas: 16 cms.



Figura 49. Vistas panorámicas generales de los suelos arcillolimosos a limoarenosos provenientes de la Formación Paja. Las fotos de los costados tomadas sobre la vía peaje sáchica - Alto del Arrayán. La fotografía central, al sur del Cerro San Marcos.

6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

6.1. Geología Estructural Regional

6.1.1. Anticlinal de Arcabuco: En Patarroyo & Moreno (1997) lo caracterizan como una estructura que se manifiesta al Este de Arcabuco y de Villa de Leyva. Básicamente se trata de un pliegue asimétrico con cabeceo hacia el suroeste (17°) y con un plano de charnela vertiendo hacia el Sureste. El flanco occidental posee inclinaciones entre 22 y 45° NW, mientras que el oriental presenta inclinaciones entre 44 y 52° SE.

6.1.2. Sinclinal de Villa de Leyva. Para Patarroyo & Moreno (1997) el Sinclinal de Villa de Leyva es un pliegue amplio, cuyo eje se presenta hacia el occidente de Villa de Leyva. Aunque solo se manifiesta su flanco oriental, se trata de una estructura que se mantiene relativamente constante, que hacia el norte involucra unidades más antiguas, mientras que al sur ocurre lo contrario.

6.1.3. Lineamientos. Aguilera & López (1995) describen lineamientos en dos direcciones preferenciales al NE y NW, siendo evidente a menor escala en la deformación de los fósiles, diaclasas y en las venas de tensión. Estos lineamientos se manifiestan preferencialmente y morfológicamente en las sedimentitas más resistentes y antiguas (Formación Arcabuco), sobre las cuales ejercen su acción la mayoría de los drenajes, ya sean menores o principales. En el sector sur, en el que se proponía un cierre normal en el cabeceo del Anticlinal de Arcabuco Patarroyo & Moreno (1997) reconocieron fallas normales, las cuales originan el levantamiento relativo del bloque que contiene al Cerro San Marcos.

El plano mas norte posee dirección N40W y un desplazamiento mayor del orden de los 70 metros, el cual disminuye en estos sentidos, hasta tal punto que dentro de las Formaciones Ritoque y Paja continua su lineamiento. A lo largo del curso de la Quebrada Tabacal, a la que patrona su curso en dirección sur, su continuidad no es clara ya que casi perpendicularmente se encuentra truncado su trazo por otra falla normal con rumbo N30E que involucra rocas de las Formaciones Arcabuco y Ritoque a lo largo de cuyo plano se observa un escarpe vertical que puede alcanzar los 60 metros.

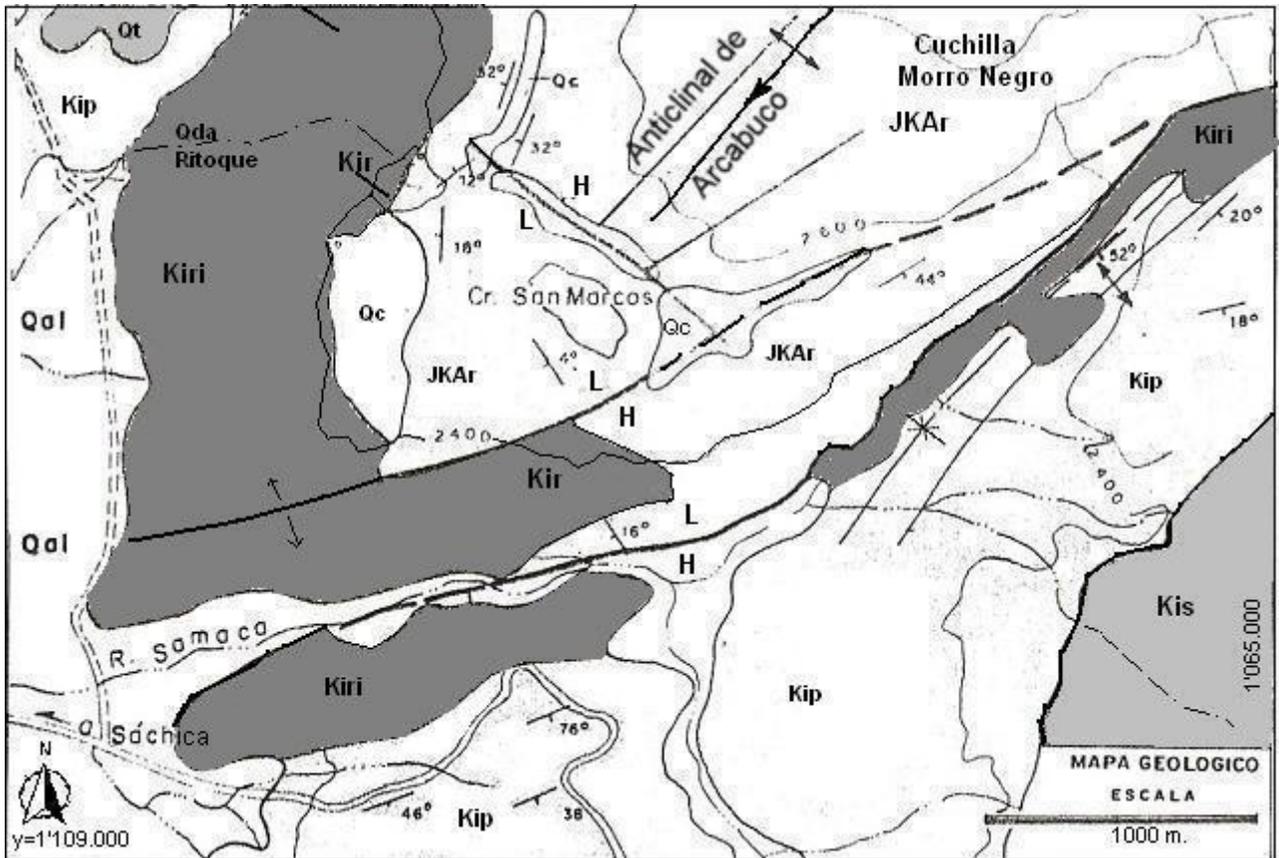


Figura 49a. Mapa geológico del Anticlinal de Arcabuco (Morfológicamente fácil de observar al noreste por la Cuchilla Morro Negro y al suroeste por el Cerro San Marcos), en cercanías de Villa de Leyva, Boyacá. Tomado y modificado de Patarroyo & Moreno-Murillo (1997). Las líneas en negrilla representan los lineamientos y las fallas presentes en la zona. H: Bloque Hundido. L: Bloque levantado.

En algunos sitios en los cuales el salto se encuentra bien desarrollado al SW la continuidad de esta falla que involucran rocas de la Formación Ritoque se amortigua a manera de pliegue con igual dirección. Semidiagonal e inmediatamente al sur de esta última se evidencia otra normal, cuyo plano es aprovechado por un tramo del Río Samacá, la cual en su proyección hacia el noreste tiende a unirse a la falla anterior para continuar conjuntamente entre el contacto de las Formaciones Arcabuco a lo largo de la Quebrada Chíquiza. En este mismo sector se observa el desarrollo de dos pliegues uno anticlinal y otro sinclinal, muy apretados y de poca extensión que afecta las sedimentitas de las Formaciones Ritoque y Paja.

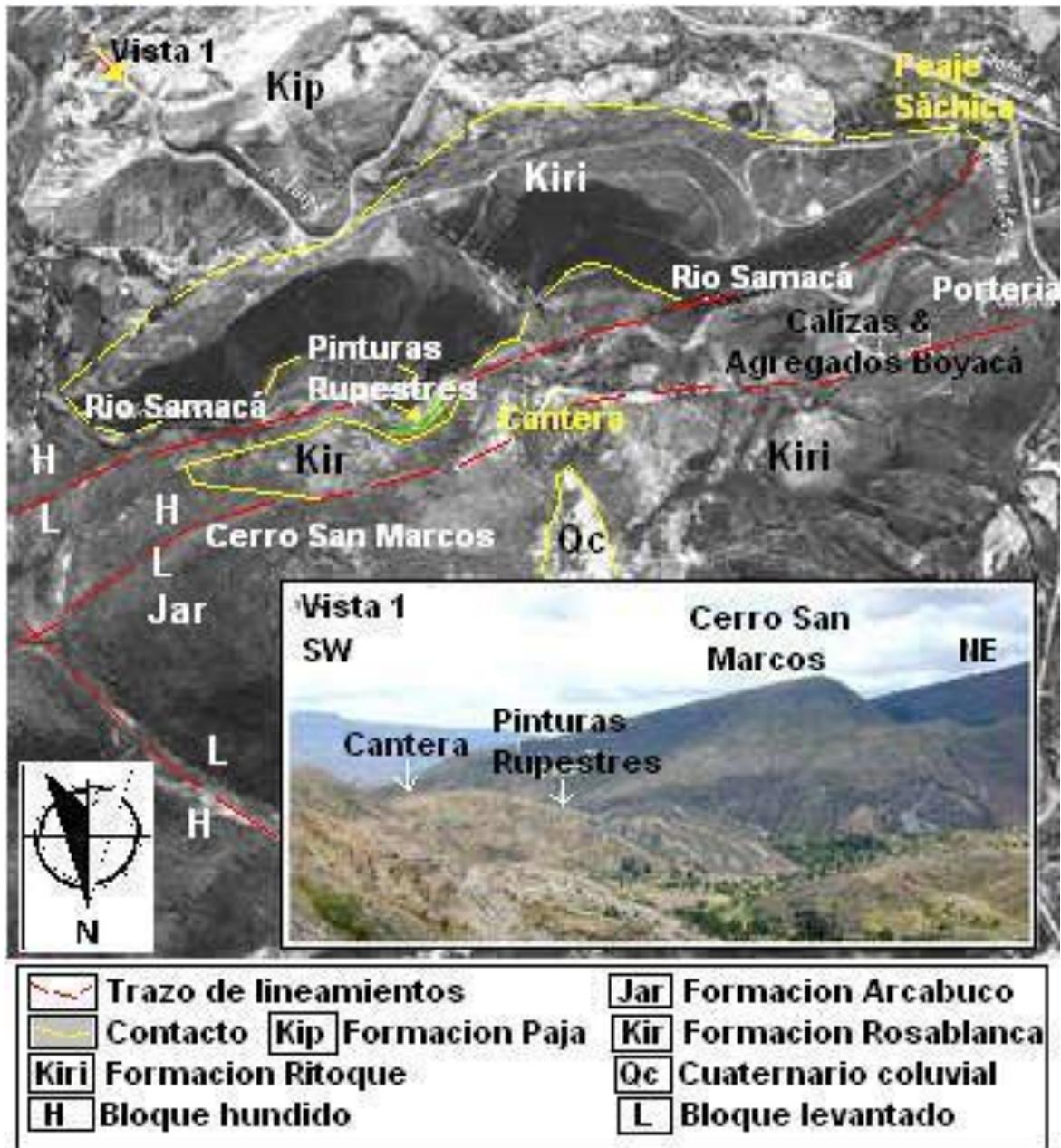


Figura 49b. Vista aérea de la parte noroccidental de la zona de estudio, al suroriente de Villa de Leyva, Boyacá, en donde se muestra el contacto fallado propuesto por Aguilera & López (1995) entre Jar y Kiri al oriente del Cerro San Marcos e igualmente fallado entre Jar y Kir, al sur del mismo cerro, en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá. Tomado y modificado de Martínez & Arguello (2003).

6.2. Geología Estructural Local

6.2.1. Anticlinal de Arcabuco

Corresponde a una estructura de forma convexa ubicada al oriente de Villa de Leyva y al occidente de la Quebrada Chiquiza cuyo núcleo está constituido por las rocas de la Formación Arcabuco y alrededor de las cuales reposan rocas de la Formación Ritoque y Rosablanca. Morfológicamente se observa como dos grandes colinas, una de cima plana buzando hacia el suroeste (Cerro San Marcos) y otra de cima redondeada (Cuchilla Morro Negro) más espesa que la anterior y ubicada inmediatamente al noreste del Cerro San Marcos (figura 50).



Figura 50. Vista Panorámica del Anticlinal de Arcabuco desde Alto del Tocador.

Adicionalmente los flancos del anticlinal son asimétricos y el cabeceo tiende hacia el suroeste cuyo ángulo de inclinación no supera los 20 grados. El flanco occidental presenta variaciones de buzamiento entre los 25 y los 45 grados hacia el noroeste, mientras que el oriental muestra inclinaciones entre los 37 y los 52 grados hacia el sureste.



Figura 51. Vista panorámica del Anticlinal de Arcabuco desde 100 metros arriba de la margen derecha de la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, al frente de la entrada al Corregimiento de Chiquiza.

6.2.2. Pliegues en afloramiento

Se trata de plegamientos a pequeña escala evidenciados por ligeras variaciones en la disposición de los estratos sin ser rotos o desplazados, mostrando un comportamiento dúctil de las rocas involucradas, generalmente en lodolitas, shales o limolitas y en ocasiones en calizas arenosas (aunque el comportamiento mecánico de las últimas tiende a ser frágil). Se observan a lo largo de la carretera Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, en la Formación Paja. Allí los pliegues varían en tamaño, observándose a pequeña escala dentro de estratos lodosos (figura 52) así como en interestratificaciones de arenitas con lodolitas de mayor tamaño (figura 53, 54).



Figura 52. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Plegamientos cóncavos – convexos en estratos de caliza arenosa y lodolitas grises.



Figura 53. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. Plegamientos en estratos de lodolitas negras y limolitas grises. La coloración del afloramiento se debe al lavado de rocas calcáreas suprayacentes.

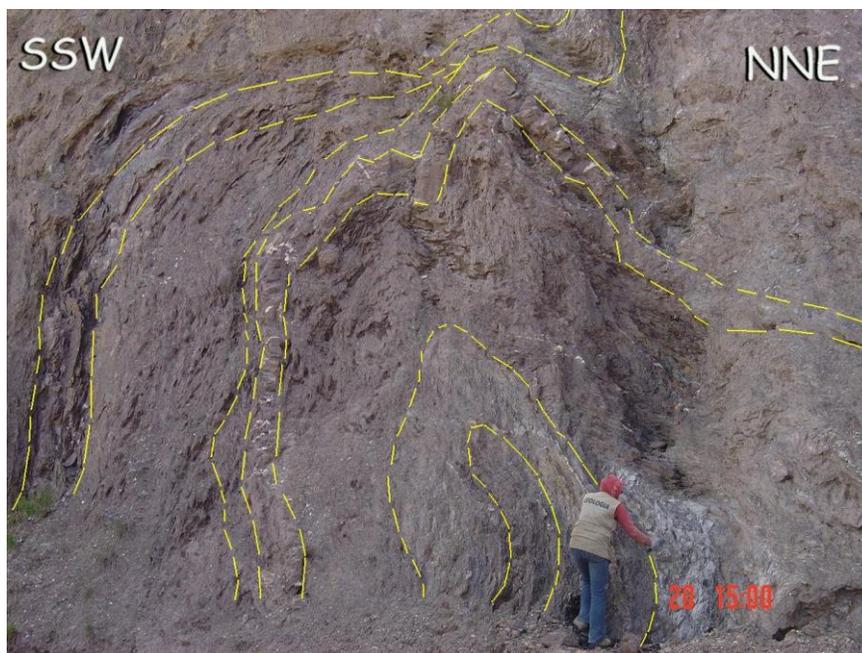


Figura 54. Carretera Tunja – Villa de Leyva (entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán), 500 metros antes del Alto del Arrayán. Pliegues convexos de estratos de arenitas finas rojas (con niveles concreciones de composición arcillolimososa en este estrato) y limolitas grises (placas de yeso no superiores a los 2 cms de espesor). Algunos estratos presentan pequeños replegamientos.

6.2.3. Lineamientos

Corresponde a un tipo de control estructural originado por la presencia de fallas, siendo evidente en los drenajes paralelos en el suroeste del Cerro San Marcos (figura 55) y drenajes rectos al noreste del mismo cerro en el curso de la Quebrada Chiquiza. Generalmente los lineamientos presentan dos direcciones preferenciales, una cuyo rumbo aparente tiende hacia el noreste y otro hacia el noroeste con buzamiento no determinado en campo. Algunos afloramientos presentan pequeñas fallas de tipo normal (figura 57) observadas fácilmente en las rocas de la Formaciones Paja y Ritoque, indicando régimen de esfuerzos distensivos y en menor proporción fallas de tipo inverso indicando esfuerzos compresivos (figura 56). Por otro lado los drenajes paralelos se manifiestan sobre las rocas de la formación Arcabuco y Rosablanca (al suroeste del cerro san Marcos) insinuando lineamientos producto del fallamiento en el sector. Finalmente la presencia de varias familias de diaclasas en las que dos de ellas se repiten con más frecuencia, permitiendo definir una familia con tendencias preferenciales en rumbo NW entre los 10 y los 30 grados y buzando entre los 60 y 70

grados y otra con tendencia NE (entre 18 y 22 grados en rumbo) y buzando hacia el SE 60 grados (figura 56).

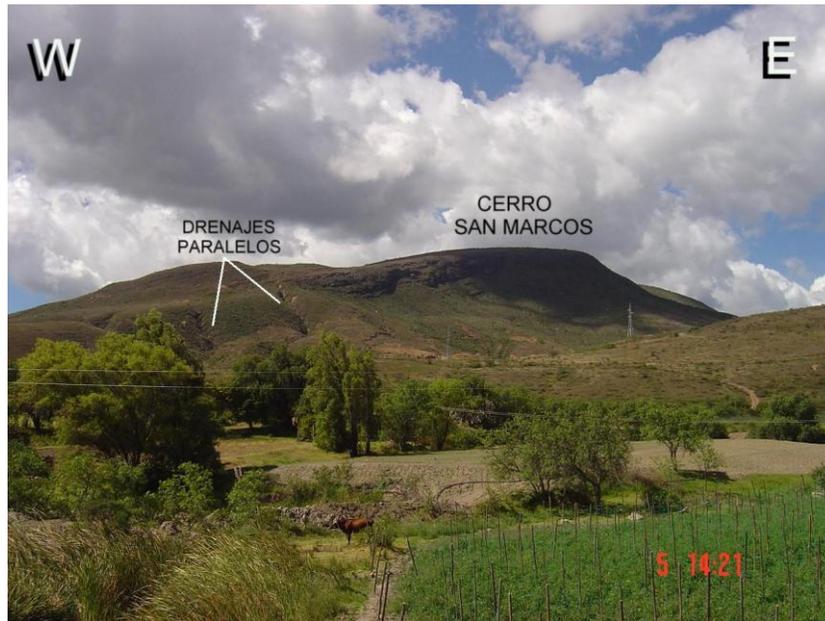


Figura 55. Vista panorámica desde el Peaje Sáchica en el que se observan drenajes paralelos al suroeste del Cerro San Marcos.

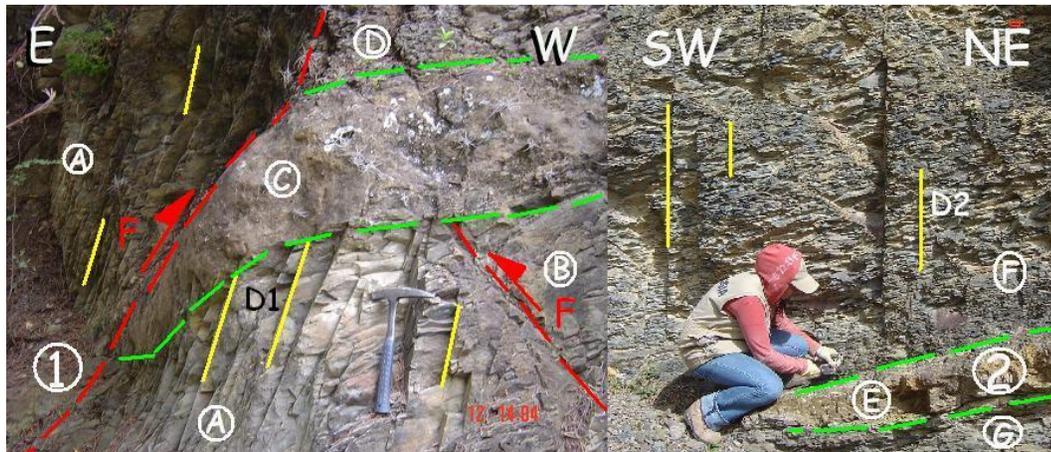


Figura 56. La foto 1 tomada en la margen izquierda aguas abajo del Río Samacá, 400 metros antes de las Pinturas Rupestres, al sureste del Cerro San Marcos. En ella se observa fallas inversas (F) que desplazan estratos de lodolitas grises silíceas (A), calizas arenosas (B), calizas fosilíferas (C) y lodolitas grises y diaclasas D1 dispuestas N10W / 67NE. La foto 2 sobre la Quebrada Ritoque. Estratos de lodolitas grises (F) diaclasadas (D2: N05E / 87NW) suprayaciendo estratos de arenitas limosas (E) y lodolitas grises (G).

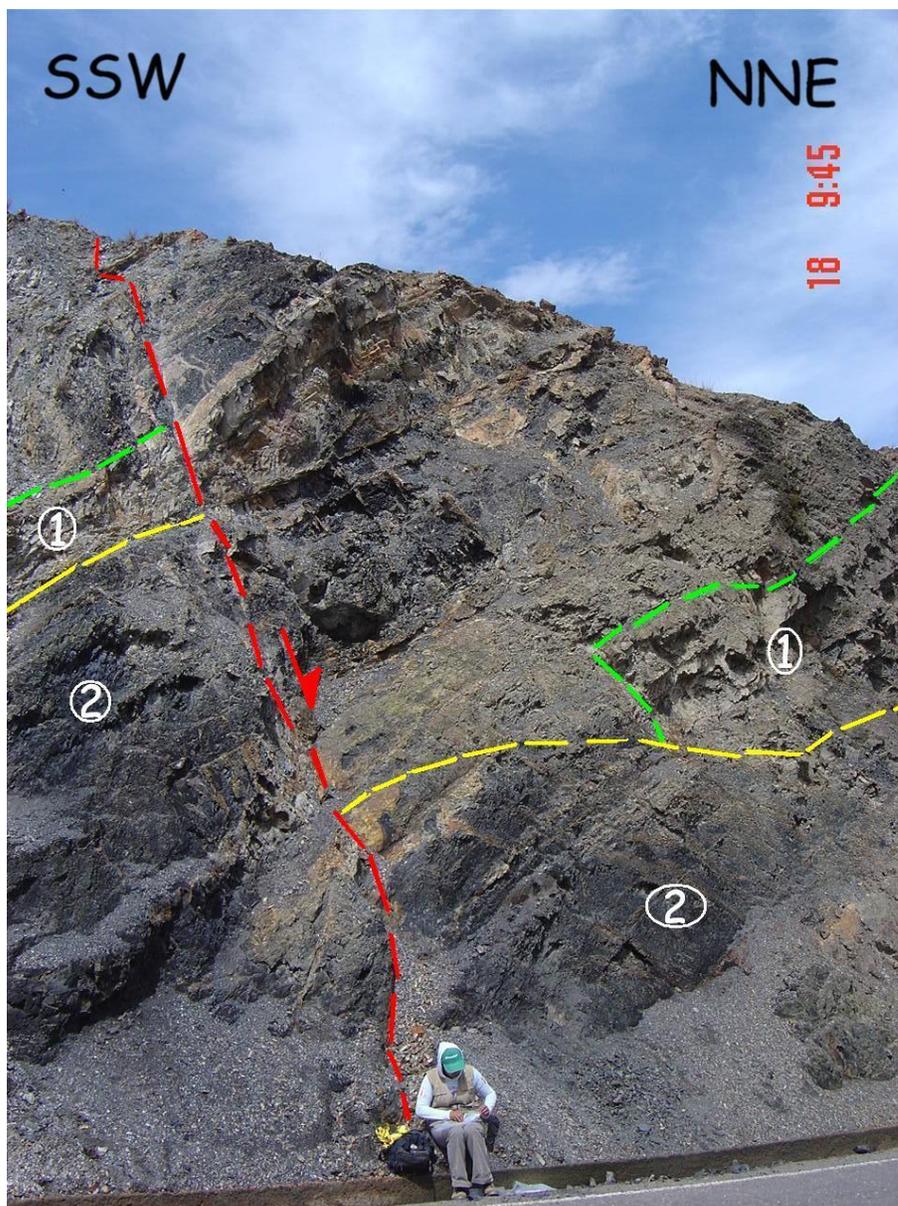


Figura 57. Vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, 300 metros arriba de la entrada por carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza. Falla de tipo normal por esfuerzos distensivos en la zona, que separa estratos de lodolitas negras (2) y arenitas limosas de color gris (1). Las líneas amarillas separan estratos de lodolitas negras de arenitas limosas. La flecha roja indica hacia donde se da el desplazamiento.



Figura 58. Carretera Tunja – Villa de Leyva, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, 200 metros antes del Alto del Arrayán. Estratos de lodolitas intercalados con limolitas arenosas de color verde. En el recuadro zona de falla con presencia de salvanda (textura arcillosa) y espejos de falla. Longitud del martillo: 32,5 cms.

7. ANÁLISIS FACIAL

7.1. Formación Arcabuco

En ella se observaron dos tipos de facies arenosas, una correspondiente a facies de arenitas masivas (Acm) y otra a facies de arenitas con estratificación inclinada festoneada (Aif).

7.1.1. Facies de arenitas masivas (Acm)

Conformada por arenitas de grano medio a fino, con apariencia masiva y con algunos niveles silíceos, en las que la gradación dentro de los estratos pasa de grano medio a fino. Adicionalmente representa la facies más abundante de los sitios muestreados, con una recurrencia mayor al 60 %. Este tipo de facies es observable al este de la Cuchilla Morro Negro y en la cabecera de la Quebrada Ritoque, en donde se observan posibles pisadas de Dinosaurios (comunicación oral Moreno-Sánchez & Gómez-Cruz, 2008). En esta facies algunas arenitas se tornan esporádicamente de grano grueso y en ocasiones son bioturbadas.

Este tipo de facies se interpreta como sedimento depositado en condiciones de baja velocidad de flujo, sin movimiento del sedimento ya depositado. Por otro lado la compactación de las arenas puede ser debida a la bioturbación.

7.1.2. Facies de arenitas con estratificación inclinada festoneada (Aif)

Representada por arenitas de grano medio a fino y en algunos estratos (no superiores a los 10 cm de espesor) de arena gruesa a media en donde están presentes estructuras sedimentarias de estratificación inclinada festoneada a pequeña y gran escala, en donde la escala disminuye hacia el techo de los estratos de la Formación al igual que el tamaño de grano (al oeste de la Cuchilla Morro Negro).

Esta facies se interpreta como corrientes que decrecen progresivamente siendo oscilatorias, en donde según Harms & Fahnestock (1965) son el producto de migración de dunas desarrolladas en un régimen de flujo bajo.

7.1.3. Secuencia de facies

Comprende las facies Acm y Aif, generalmente intercaladas (ver figura 60) las que indican acción de corrientes de régimen de flujo moderado con oscilaciones en el flujo de las mismas.

7.2. Formación Rosablanca

En las dos columnas levantadas para la Formación Rosablanca en la cabecera de la Quebrada Ritoque y en las Canteras de Calizas & Agregados Boyacá (al sur del Cerro San Marcos) se observan desde tenues a insipientes facies de Mud-stone y float-stone, en donde las dos secciones presentan facies dominantes de wacke-stones.

7.2.1. Facies de wacke-stones

Corresponden a calizas con fósiles esparcidos a empaquetados, grises en muestra fresca y amarillas crema por lavado de carbonatos, con bivalvos de concha hasta de 10 cm en el eje mayor de la valva (70 %), gasterópodos hasta de 4 cm de longitud (20%) y algunas partículas de cuarzo tamaño arena fina (10%).

Esta facies se interpreta como depositación de sedimento en aguas cálidas con baja acción de las corrientes permitiendo que algunos bivalvos presenten las dos valvas y en donde la presencia de organismos marinos (bivalvos y gasterópodos) era alta.

7.2.2. Facies de mud-stones, float-stones

Son exclusivas de las Canteras de Calizas & Agregados Boyacá en donde afloran dos estratos de no más de 70 cms de espesor. Se trata de lodolitas grises con bajo contenido de fósiles de bivalvos y con insipiente contenido de carbonatos.

Esta facies puede interpretarse como condiciones de sedimentación profundas y sin acción directa de las corrientes.

7.2.3. Secuencia de facies

Constituida por las facies wacke-stones, mud-stones, wacke-stones, float-stones y nuevamente wacke-stones (ver figura 61), indicando sedimentación bajo régimen de flujo bajo y en aguas bien oxigenadas con abundante fauna marina.

7.3. Formación Ritoque

Ballesteros & Nivia (1985) determinaron 3 tipos de facies principales (Terrígena, de carbonatos y mixtas) de acuerdo a los diversos tipos de rocas presentes en cada facies. En el presente trabajo se determinaron 3 tipos de facies: una facies limolítica (Lmq), una facies lodosa (Los) y una carbonatada (Cda).

7.3.1. Facies limolítica (Lmq)

Está incluida dentro de la facies terrígena descrita por Ballesteros & Nivia (1985) observada sobre la Quebrada Ritoque. Se trata de limolitas arenosas y con presencia de fósiles de bivalvos y equinodermos (en estos últimos se observan impresiones de algunas de sus placas). Generalmente en el tope de los estratos se observa costras de composición ferrosa de no más de 0.3 cm de espesor y de color pardo amarillento.

Esta facies indica acumulaciones de limos bajo condiciones de oleajes moderados, en donde la circulación de las aguas favoreció el desarrollo de diferentes tipos de organismos. Finalmente las costras ferrosas en el tope de algunos estratos indican exposición subaerea de los sedimentos.

7.3.2. Facies lodosa (Los)

Presente en la facies terrígena Ballesteros & Nivia (1985), observadas alrededor de la Cuchilla Morro Negro y con mayor presentación sobre la Quebrada Chíquiza. En las columnas levantadas Corresponden a lodolitas grises a negras con o sin fisilidad, con presencia moderada de fósiles de amonites y ostreídos. Adicionalmente se observan óxidos de hierro (5 – 10 %) con presentación de puntos dispersos en las muestras.

Se interpreta la facies como sedimentación en condiciones profundas pero con suficiente oxígeno que permitió la presencia de organismos marinos, por debajo de la acción del oleaje.

7.3.3. Facies carbonatada (Cda)

Relacionada con la facies de carbonatos descrita por Ballesteros & Nivia (1985), principalmente la denominada calcilimolitas. En éste trabajo se incluyen aquellas rocas carbonatadas con tamaño de grano arena fina a limo, de color gris en muestra fresca, con o sin presencia de fósiles de bivalvos y escasamente gasterópodos, en donde esporádicamente se observa pirita relleno algunas cavidades o líneas de crecimiento de las conchas de bivalvos. Modalmente las rocas de esta facies corresponden a wacke-stones.

Esta facies indica sedimentación en aguas cálidas, entre la acción de las olas, en donde la presencia de bivalvos de la misma especie indican condiciones restringidas en la presencia de organismos de otras especies.

7.3.4. Secuencia de facies

Conformada por las facies Lmq, Cda, Los y generalmente intercaladas (ver figura 62), se interpreta como sedimentación en aguas tranquilas, moderadamente cálidas y con posibles variaciones en las temperaturas de las aguas del medio de sedimentación.

7.4. Formación Paja

La sucesión estratigráfica aflorante sobre la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán fue dividida en 3 partes. Una parte superior (Sector Alto del Arrayán), una parte media (entre el Alto del Arrayán y la entrada al Corregimiento de Chíquiza) y finalmente una parte inferior (entre la entrada al Corregimiento de Chíquiza y el Peaje Sáchica) dentro de la cual se muestreo el segmento E de las lutitas negras inferiores propuesta por Etayo-Serna (1968). La parte media corresponde al denominado arcillolitas abigarradas de Etayo-Serna (1968) en la que se proponen 5 segmentos de acuerdo a las facies dominantes. De base a techo se diferenciaron como segmento 1, segmento 2, segmento 3, segmento 4 y segmento 5.

7.4.1. Facies de arcillolitas masivas (Arm)

Corresponde a rocas de color gris oscuro, con ausencia de estructuras sedimentarias presente en diferentes estratos a través de toda la columna estratigráfica y en algunas ocasiones se encuentra intercaladas con láminas de yeso. Hacia la base de la sucesión estas arcillolitas se presentan con concreciones elipsoidales ferrosas y en ocasiones huecas.

Se interpreta como facies de sedimentación bajo la acción de las corrientes.

7.4.2. Facies de arenitas masivas (Ssm)

Se trata de arenitas de colores rojos a pardos, con tamaños de grano que van desde muy fino a fino sin o con moderado contenido de carbonatos. Algunos niveles dentro de la columna presentan interestratificaciones con limolitas y lodolitas.

Esta facies indica sedimentación en aguas relativamente cálidas, tranquilas y con episodios de sedimentación en aguas agitadas (tormentas). Adicionalmente hacia la base de la sucesión las arenitas presentan nódulos de hierro que sugiere una formación en condiciones subáreas.

7.4.3. Facies de limolita masiva (Lmm)

Es la facies más predominante en toda la sucesión con variaciones de colores, entre gris, rojo y violeta. En algunos estratos se presentan intercaladas con lodolitas y arenitas. Algunos niveles concrecionales desde tamaño guijo a guijarros son observados. Adicionalmente presenta insipientes niveles de yeso en bajas cantidades.

La facies indica sedimentación en corrientes de régimen de flujo bajo con exposición de los sedimentos por variaciones en el nivel de las aguas.

7.4.4. Facies de calizas arenosas (Cam)

Son caliza de color gris, de tamaño de grano arena fina a media y presentes hacia la parte media de la columna.

Indican sedimentación en aguas cálidas con alto aporte de carbonatos.

7.4.5. Facies de lodolitas negras (Lc)

Esta facies es observada en gran parte de la columna pero con fuertes disminuciones en el espesor de los estratos, siendo mayores en la parte de lutitas negras inferiores y menores a nullos en las arcillolitas abigarradas de Etayo-Serna (1968). Las rocas presentan colores que van de gris oscuro a negro y en algunos sectores presentan tonos blanquecinos debido a la disolución de calizas suprayacentes. Hacia el techo de la sucesión, en el denominado segmento E referido por el mismo autor, se observan impresiones de amonites y bivalvos así como niveles concrecionales tamaño guijo, redondeados y con alta esfericidad. Adicionalmente se resalta que en algunos casos estas rocas presentan un ligero aumento de tamaño de grano que varía hasta arena muy fina.

La facies indica sedimentación de zonas profundas bajo la acción de las olas con presencia de oxígeno que favoreció la presencia de algunos organismos. La evidencia de arena indica eventos de tormentas.

7.4.6. Facies de limolitas (Lm)

Limolitas de color gris a gris verdoso a violeta con ligeras variaciones de tamaño de grano, de base a techo de grano limo a arena fina.

Las facies corresponden a sedimentación bajo régimen de flujo bajo y en ocasiones con variación a régimen de flujo alto en episodios de tormentas.

7.4.7. Facies de shales (Sh)

Se trata de lodolitas de color negro con fisilidad y con moderada presencia de concreciones ferrosas y lodosas de tamaño guijo.

La facies Sh se interpreta como depósitos en medios acuosos profundos y anóxicos.

7.4.8. Facies de arenitas (Ss)

Arenitas de color gris verdoso, de tamaño de grano fino, a menudo intercaladas con limolitas y lodolitas grises.

Esta facies corresponde a sedimentos generados bajo un régimen de flujo de corrientes alto, con posterior sedimentación en un medio de corrientes tranquilas, indicando oscilaciones en el flujo de las aguas.

7.5.1. Secuencia de facies presentes en la parte inferior

Corresponde a 162,30 mts de levantamiento estratigráfico correlacionado con el segmento E propuesto por Etayo-Serna (1968) en donde se observan las facies de arcillolitas (Ar) y hacia la parte media y superior del segmento las facies de lodolitas negras (Lc), que en algunos casos presenta impresiones de amonites y en donde en algunas niveles se encuentran intercaladas con facies de limolitas (Lm) y facies de arenitas (Ss) en menor proporción. Adicionalmente hacia la parte media del segmento se encuentran unos pequeños niveles no superiores a los 5 cms de espesor correspondientes a las facies de shales (Sh). Esta sección muestra en general una gradación inversa y sedimentos lodosos ocasionalmente fosilíferos y con algunos niveles arenosos. Según Etayo-Serna (1968) el segmento E de las lutitas negras inferiores que corresponde a la parte inferior levantada de la columna total, está conformado generalmente por shales o arcillolitas negras con algunas intercalaciones arenosas.

Esta asociación facial corresponde a sedimentación en aguas profundas por debajo de la acción de las olas, en medios anóxicos, con episodios de tormentas y con organismos marinos (amonites) presentes en medios oxigenados, probablemente cerca o en la zona de corrientes.

7.5.2. Secuencia de facies presentes en la parte media

Se levantaron 362,8 mts para este sector de la columna, siendo de base a techo diferenciados 5 segmentos.

7.5.2.1. Segmento 1

Este segmento con 58 mts de espesor, se encuentra compuesto hacia la base por la facies predominante de arcillolitas masivas (Arm) las cuales se encuentran intercaladas con limolitas (Lmm) y arenitas (Ssm) hacia el techo indicando gradación inversa de los depósitos.

Esta asociación de facies se interpreta como sedimentación en medios turbios durante episodios de tormentas.

7.5.2.2. Segmento 2

En este segmento de 108,7 mts de espesor los niveles medio e inferior se encuentran dominados principalmente por las facies de arenitas grises y rojas (Ssm) y facies de limolitas (Lmm) y el nivel superior que corresponde a la facies de arcillolitas (Arm) y ocasionalmente se presenta un pequeño nivel que corresponde a facies de calizas arenosas (Cam). La gradación es de tipo normal indicando corrientes que decrecen progresivamente en intensidad.

Estas facies asociadas se interpretan como sedimentación en corrientes que decrecen progresivamente en intensidad.

7.5.2.3. Segmento 3

Este segmento se caracteriza por los fuertes niveles concrecionales localizados hacia la parte superior de dicho segmento y que se encuentran envueltos por materiales arcillo-arenosos y limo-arcillosos; la facies predominante es la facies de limolitas (Lmm) y en menor proporción se presentan las facies de arcillolitas (Arm) y de lodolitas (Lc) las cuales se encuentran en diferentes estratos a través de todo el segmento. Es también evidente la presencia de algunos estratos de calizas (Cam) no superiores a los 30 cms así como placas de yeso no superiores a los 2 cms de espesor. Este segmento presenta el más alto contenido de yeso respecto a los demás segmentos así como los mayores espesores del mismo. Adicionalmente su espesor es de 91 mts.

Este segmento se interpreta como sedimentación bajo la acción de las olas en aguas cálidas con exposición de sedimentos por retroceso de las aguas (marea baja) con generación de zonas evaporíticas.

7.5.2.4. Segmento 4

Este segmento está constituido por principalmente por la facies de arcillolitas (Arm) y la facies de limolitas (Lmm) intercaladas con arenitas rojas (Ssm), aunque hacia el techo de este segmento es predominante un nivel concrecional fuertemente meteorizado. Por

otro lado es el segmento con menor espesor (17 mts) y en donde el contenido de yeso es más bajo con respecto al anterior; igualmente presenta contenido fosilífero (impresiones de amonites y bivalvos).

Se interpretan las facies en conjunto como variaciones de sedimentaciones tranquilas a sedimentaciones perturbadas (agitadas) durante tormentas.

7.5.2.5. Segmento 5

Este segmento de no más de 81 mts de espesor es dominado por la facies de arcillolitas (Ar) con alto contenido fosilífero (amonites y bivalvos); se encuentra intercalada con arenitas calcáreas (Ssm) y facies de limolitas (Lm) en menor cantidad, es también evidente un nivel concrecional hacia la base del segmento envuelto en material limo-arcilloso, y hacia el techo del mismo se observa un nivel con nódulos arcillosos oxidados y huecos envueltos en material arcilloso que nos indican una exposición subáerea. Inicialmente se tiene para la base del segmento una gradación normal por decaimiento de corrientes seguida de una gradación inversa en flujos densos.

El segmento es interpretado para la base como sedimentación mientras hay decaimiento de corrientes, seguida hacia el tope del segmento por sedimentaciones en corrientes agitadas (episodios de tormentas).

7.5.3. Secuencia de facies presentes en la parte superior

Corresponde a las facies de arcillolitas (Arm) con concreciones elipsoidales huecas hasta de 22 cms en el eje mayor, que según Etayo-Serna (1968) en este nivel corresponden adicionalmente a intercalaciones arcillosas blancas lustrosas, en donde hacia el techo devienen micáceas. Allí se levantó no más de 60 mts de espesor para esta parte de la columna total.

La facies de este segmento indica sedimentación tranquila, en una zona bajo la acción de las corrientes.

8. INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL

8.1. Formación Arcabuco

La Formación Arcabuco según Galvis-García y Rubiano-Ortiz (1985) es una megasecuencia de sedimentitas depositadas por un sistema fluvial entre los subambientes de corriente trenzada y una llanura deltáica, en donde el miembro San Marcos (segmento D de la Formación Arcabuco) descrito por estos autores corresponde a las columnas levantadas en el área de estudio y que hacen parte de una secuencia de orillal, en corrientes meandriformes por acreción lateral en un ambiente continental (zonas de playa) evidenciado por la presencia de posibles pisadas de Dinosaurios (comunicación oral Moreno-Sánchez & Gómez-Cruz, 2008) observadas en el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro y en la cabecera de la Quebrada Ritoque en cuarzoarenitas masivas a un ambiente transicional (llanuras deltáicas).

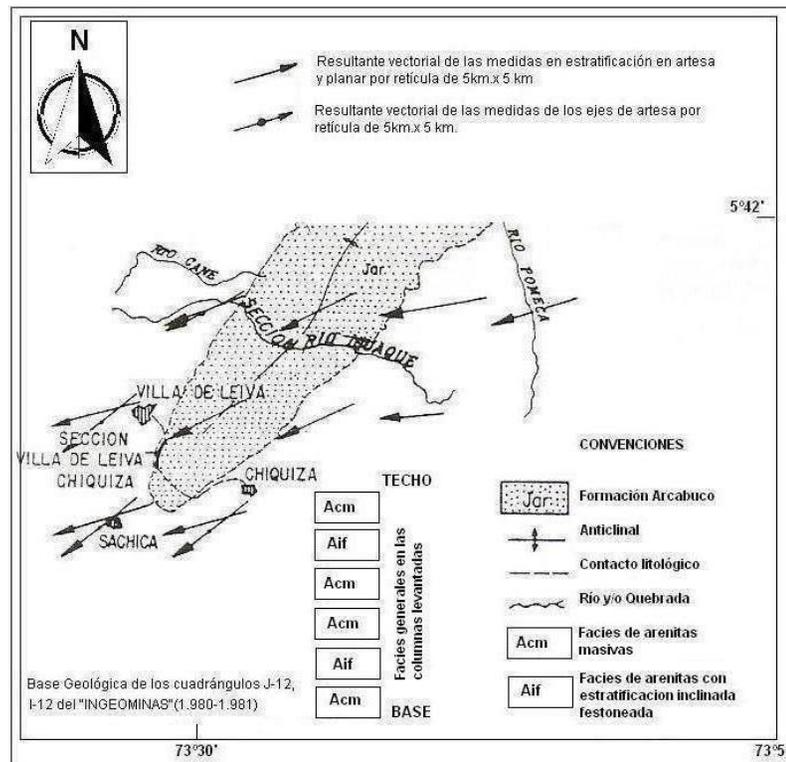


Figura 59. En la ilustración se observan las resultantes vectoriales de promedio móvil tanto de la estratificación en artesa e inclinada planar de gran escala como de los ejes de artesa para la zona de estudio y los alrededores inmediatos, así como las facies generales de las columnas levantadas. Tomada y modificada de Galvis-García & Rubiano-Ortiz (1985).

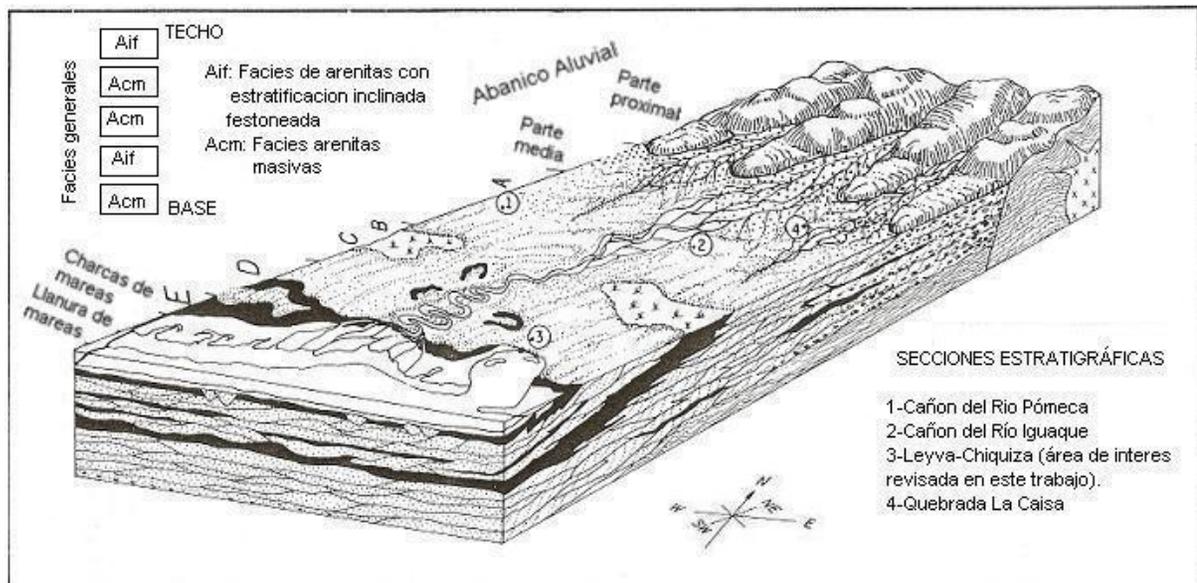


Figura 60. Modelo de sedimentación para la Formación Arcabuco donde se muestra el Miembro San Marcos (segmento D) que se relaciona en el área de estudio en éste trabajo y que corresponde a depósitos de orilla de una corriente meandriforme que incrementa su sinuosidad corriente abajo. Tomada y modificada de Galvis-García & Rubiano-Ortiz (1985). Adicionalmente se muestran las facies generales para este segmento de la formación Arcabuco.

8.2. Formación Rosablanca

Para esta formación el alto contenido fosilífero de bivalvos, la conservación en algunos casos de las dos valvas, la falta de continuidad y la forma de los depósitos, así como la falta de evidencia de estructuras de corriente, permite interpretar acumulaciones de rocas carbonatadas bajo condiciones de aguas tranquilas, cálidas en un clima tropical y por debajo de la acción de las corrientes en un ambiente inframareal de plataforma costera, que según Cardozo-Puentes & Ramirez-Quiroga (1985) corresponden a depósitos de barras de detritos calcáreos en donde la acumulación de micrita se vió favorecida por la ausencia de fuertes y constantes olas aunque con energía suficiente para desarticular y romper las conchas en episodios de aumento del régimen de flujo de las aguas (que es la tendencia general de presentación de las valvas, aunque como se mencionó se encontraron en pocas ocasiones las dos valvas, que indican la baja acción de las olas).

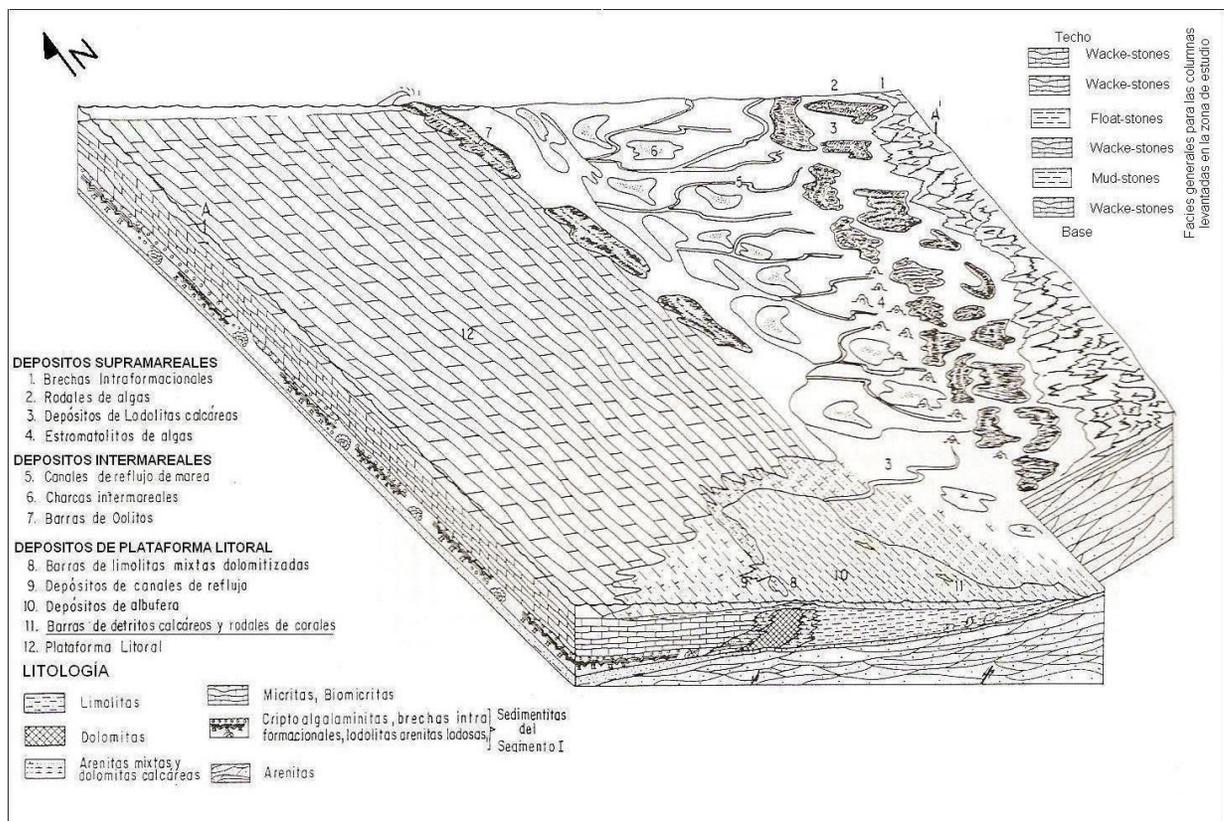


Figura 61. Esquema generalizado de los distintos ámbitos de depósito de la Formación Rosablanca en los alrededores de Villa de Leyva (sin escala). El numeral 11 corresponde al ambiente de sedimentación característico de la Formación Rosablanca para la zona de estudio. Tomada y modificada de Cardozo-Puentes & Ramirez-Quiroga (1985).

8.3. Formación Ritoque

Para el área estudiada, la Formación Ritoque indica una sedimentación en un ambiente de plataforma poco profunda con superficie irregular, lo que permitió sedimentaciones variables para algunos sectores, manifestado hacia el occidente de la Cuchilla Morro Negro en espesores mayores y facies características a diferencia de los observados al oriente de la misma cuchilla con facies variables, permitiendo deducir como lo indica Ballesteros-Torres & Nivia-Guevara (1985) la presencia de un alto topográfico correspondiente a la zona continental que delimita la cuenca de depósito para este costado. Adicionalmente se interpreta un ambiente restringido, definido por Ballesteros & Nivia (1985) como una albufera (lagoon).

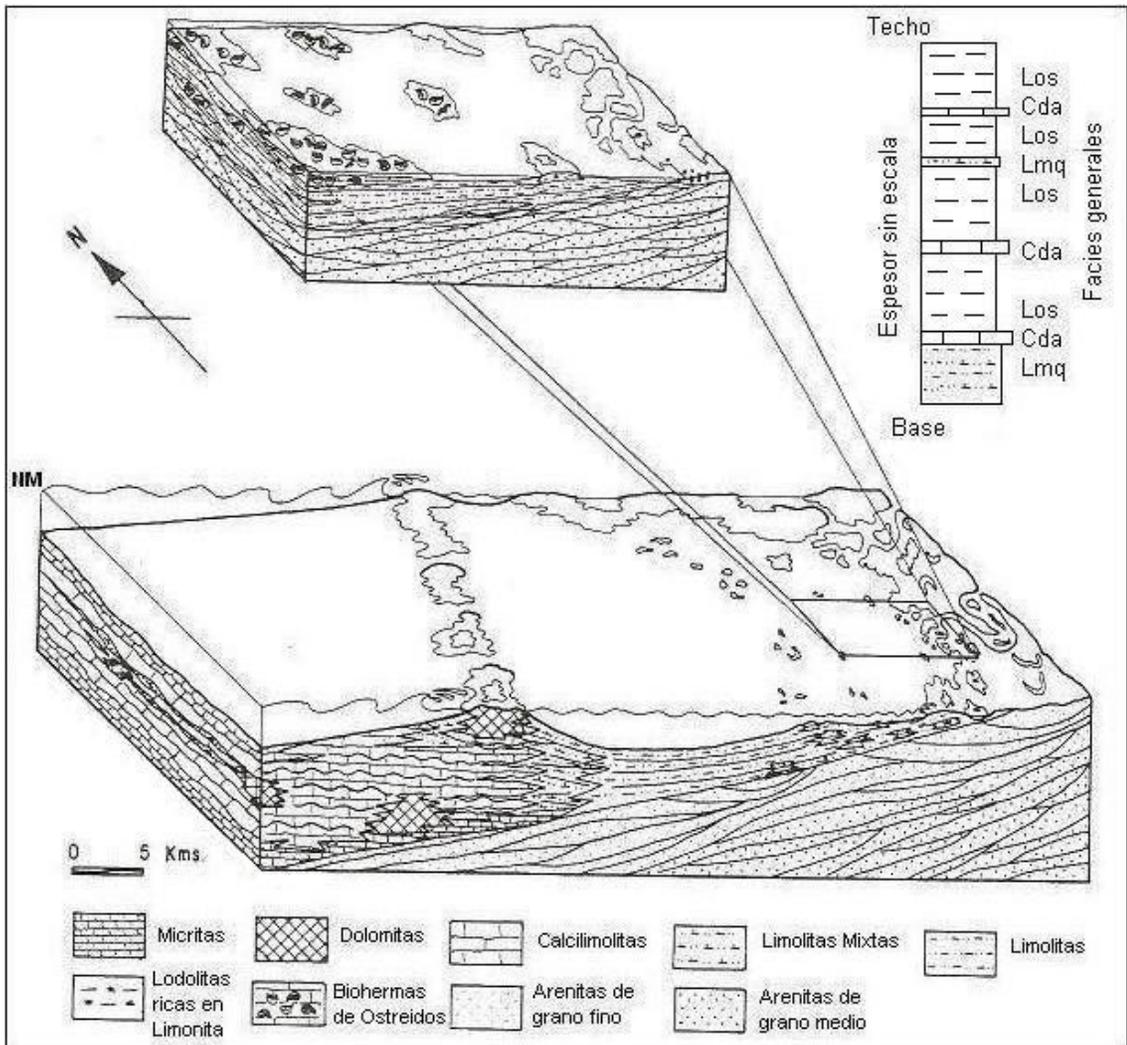


Figura 62. Bloque diagrama que muestra las facies de la Formación Ritoque en el área estudiada y sectores aledaños. Tomada y modificada de Ballesteros-Torres & Nivia-Guevara (1985).

8.4. Formación Paja

Generalmente la Formación Paja para la zona de estudio indica variaciones en el nivel de las aguas marinas, en donde se observan fluctuaciones entre ambientes de plataforma y ambientes de shoreface con periodos de regresiones y transgresiones marinas determinado a partir de los cambios litológicos observados en el área de trabajo. La presencia de rocas oscuras de grano fino a lodo correspondientes a la parte inferior de la columna levantada y la presencia de pirita rellenando algunos amonites

dentro de estos estratos permiten definir ambientes marinos con profundidad bajo el nivel de acción de las olas. Por otro lado la presencia abundante de placas de yeso (principalmente en el segmento 3) en la parte media de la columna permite definir ambientes restringidos, probablemente entre intermareales a supramareales.

Según Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985) para el sector de Villa de Leiva, la Formación Paja presenta una serie de facies en las que se encuentra una facies evaporítica que fue depositada bajo una llanura de marea salina protegida de la influencia del mar libre, originada por una oscilación local del mar durante el Barremiano-Aptiano. Adicionalmente indican una serie de facies que señala un retroceso del nivel del mar hacia el oeste y posteriormente un nuevo avance en el nivel del mar hacia el este.

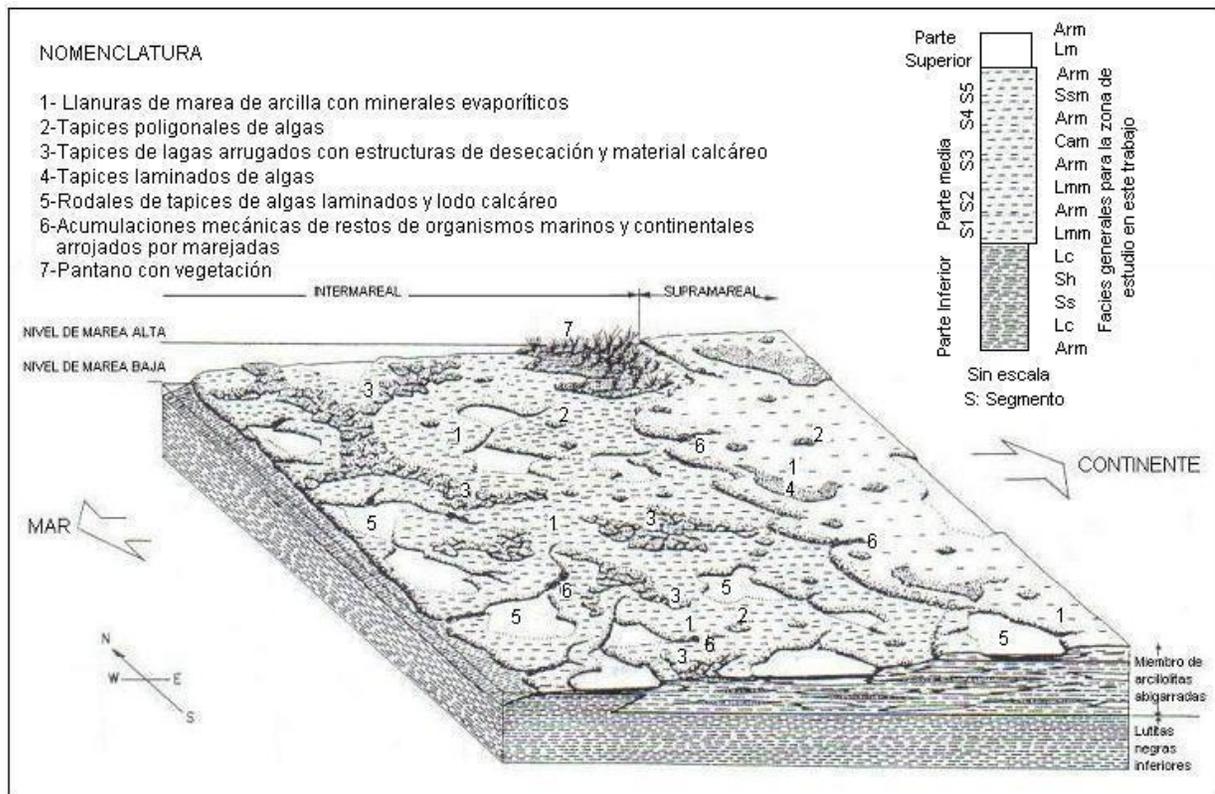


Figura 63. Bloque diagrama para el ambiente de sedimentación de la Formación Paja para el miembro de arcillolitas abigarradas (parte media en este trabajo) de Etayo-Serna (1968) esquematizado durante la marea baja. Tomada y modificada de Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985).

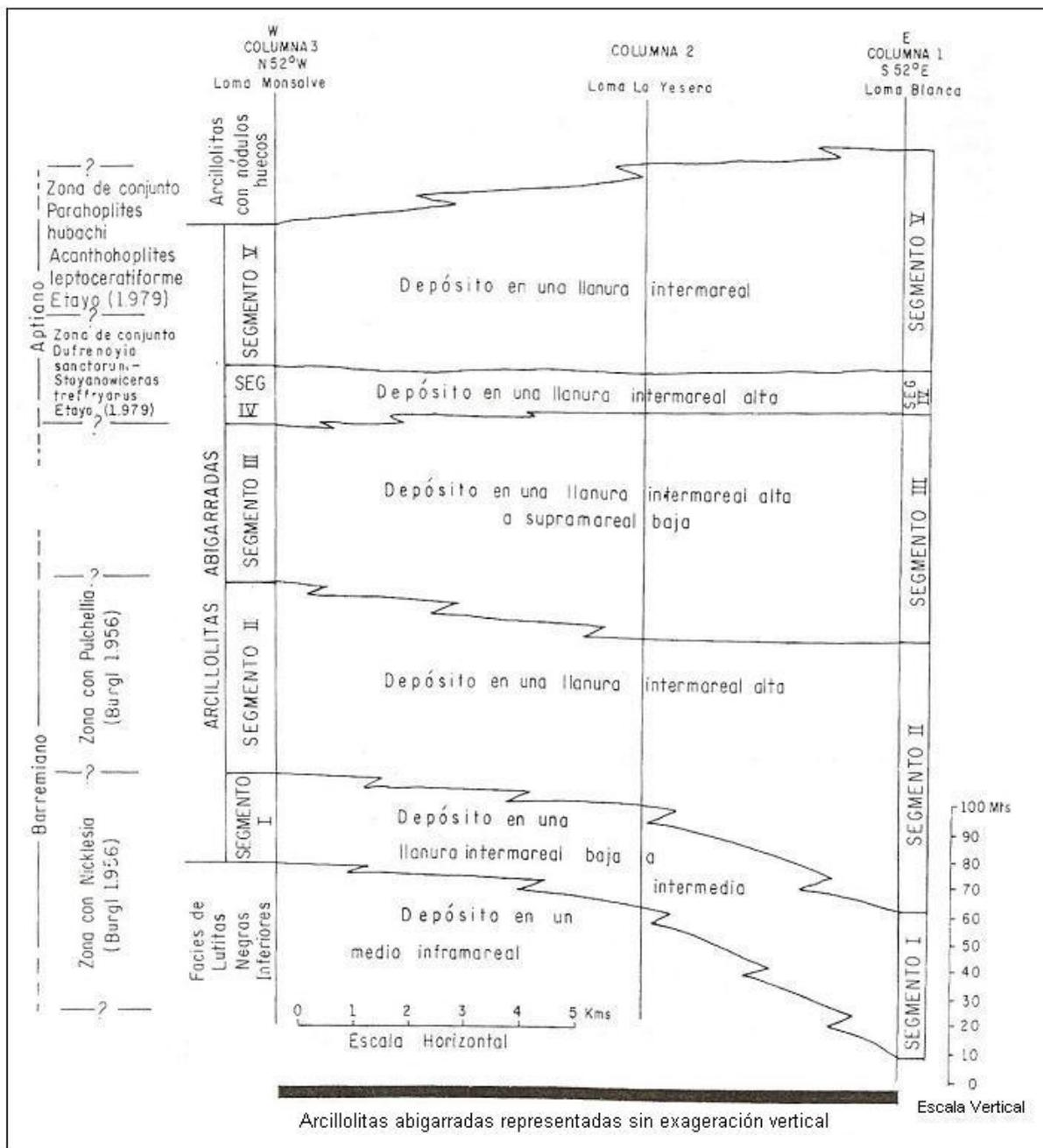


Figura 64. Representación esquemática de la sedimentación de la Formación Paja en el área de estudio. Tomada de Forero-Onofre & Sarmiento-Rojas (1985).

9. EVOLUCION GEOLOGICA

La evolución geológica del área se enmarca dentro de la historia geológica de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

El Mesozoico es un periodo donde se tuvo un ingreso del mar hacia el continente y está marcado por una característica sedimentación marina y continental representado principalmente por rocas sedimentarias como son las relacionadas a las Formaciones San Gil, Paja, Ritoque, Rosablanca y Arcabuco, incluidas en este caso en el área de estudio.

Se inicia la sedimentación para la Formación Arcabuco en el Jurásico tardío a través de un ambiente continental a transicional (llanura deltáica), que según Galvis-García y Rubiano-Ortiz (1985) corresponde a un subambiente de corriente trenzada, de abanico aluvial.

Posteriormente comienza la depositación de la Formación Rosablanca que según Cardozo-Puentes y Ramirez-Quiroga (1985) inicia en condiciones de suave circulación de las aguas y a una profundidad del mar de unos 200 mts como máximo. Allí se llevan a cabo los ambientes de plataforma sublitoral.

Ya en el Hauteriviano La Formación Ritoque se manifiesta por depositaciones en ambientes de plataforma poco profunda con zona de lagoon entre márgenes de altos topográficos preexistentes.

Contemporáneamente y pasando por el Barremiano – Aptiano inician los depósitos marinos correspondientes a la Formación Paja, formados generalmente en ambientes de cuencas cerradas con baja circulación de agua en donde se documentan fluctuaciones en el nivel de las aguas, mostrando por lo menos evidencias de una regresión marina y posteriormente una transgresión.

Seguidamente para la Formación San Gil inferior y de edad Aptiano – Albiano según Etayo-Serna (1968), la sedimentación corresponde a un ambiente poco profundo, por debajo de la acción de las olas.

Posteriormente en el Cretácico tardío inician los depósitos marinos de la Formación Churuvita de edad Cenomaniano – Turoniano, depositados tanto en ambientes poco profundos como en ambientes profundos con un régimen marino oscilatorio de transgresiones y regresiones.

Finalmente en el Cenozoico temprano se inicia el retiro del mar Cretácico y comienza la sedimentación Terciaria caracterizada por secuencias conglomeráticas y arenáceas como resultado de los movimientos tectónicos y orogénicos que venían afectando a la Cordillera Oriental.

10. CONCLUSIONES

Las características litológicas observadas en campo para las Formaciones Rosablanca, Ritoque, Paja y San Gil, permiten definir un ambiente marino con variaciones en el nivel del mar, pasando de áreas con marcada influencia de las olas a zonas profundas de aguas tranquilas, bajo condiciones anóxicas y por último a zonas con precipitación de carbonatos en donde estas variaciones fueron alternas y discontinuas.

Las estructuras sedimentarias observadas en la Formación Arcabuco (estratificación inclinada festoneada y estratificación plana paralela), las facies características (Acm, Aif), así como la presencia de bioturbación y las posibles huellas de Dinosaurios (comunicación oral Moreno-Sánchez & Gómez-Cruz, 2008) no definidas secuencialmente, indican un ambiente continental (zonas costeras a zona de playa) a transicional (llanuras deltáicas) en donde estaba presente la acción fluvial de ríos trezados y sistemas deltáicos.

Los afloramientos correspondientes a la Formación Rosablanca, la falta de continuidad suprayaciendo a la Formación Arcabuco y la forma de los depósitos indican acuñamientos de la unidad al menos para el noroeste y al sur del Cerro San Marcos (Canteras Calizas & Agregados Boyacá).

La presentación de pliegues, fallas locales, foliaciones y diaclasas indican una complejidad estructural moderada en el área, lo que probablemente generaría tenues sucesiones discontinuas y no tan consecutivas como se observaron en campo.

Las foliaciones son observadas en las lodolitas, siendo generalmente perpendiculares a la estratificación. Adicionalmente las diaclasas se notan tanto en calizas como en lodolitas. Por otro lado la generación de plegamientos se da entre interestratificaciones de lodolitas y arenitas calcáreas y/o calizas. Finalmente los esfuerzos dominantes en el sector son de tipo distensivo, evidenciado por la presencia de fallas y micro fallas de tipo normal. Se resalta la presencia minoritaria de fallas de tipo inverso.

La conservación de las dos valvas en algunos fósiles de bivalvos en la Formación Rosablanca, permite corroborar un ambiente marino de aguas tranquilas por debajo de la acción de las corrientes, en una zona inframareal en un clima tropical.

Finalmente la clasificación de los fósiles recolectados y las relaciones estratigráficas de las unidades involucradas, permiten delimitar edades entre el Jurásico tardío y el Cretácico temprano (con tendencia hacia mediados del Cretácico, Formación Churuvita).

11. RECOMENDACIONES

Se sugiere que a medida que sigan las explotaciones en las canteras de Calizas & Agregados Boyacá al occidente y continuo a las Pinturas Rupestres (parte sur del Cerro San Marcos), se podrá muestrear otros sitios en el sector, para recolectar posiblemente nuevos fósiles, permitiendo corroborar o corregir la edad de la formación aflorante (Formación Rosablanca) dependiendo de la exposición de la litología y fósiles característicos.

Utilizar las muestras recolectadas en las secciones levantadas para futuros estudios en la calibración de edades para las Formaciones involucradas.

Ya que la Formación San Gil no se levantó significativamente y la Formación Churuvita no se muestreó, se recomienda efectuar una sección representativa sobre la vía Tunja – Villa de Leyva, entre el Alto del Arrayán y el Puente Samacá para calibrar las edades de estas formaciones.

Puesto que entre la vía Peaje Sáchica y el Alto del Arrayán solo se levantó el 60 % al detalle y consecutivamente de la sección 3 (Parte inferior de la Formación Paja en este trabajo), se recomienda completar el 40 % restante (entre peaje Sáchica y 50 metros antes de la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza), ya que no se muestreo consecutivamente pero si con puntos de control litológico y marcación de muestras BL008 (muestras recolectadas: BL008-29, BL008-30, BL008-31, BL008-32).

Definir posibles repeticiones de las sucesiones litológicas generadas por dinámica estructural en el sector, principalmente sobre la vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán y que no fueron posibles de definir en el momento por la presentación de las rocas (rodados, alto grado de meteorización), zonas cubiertas y por formación de suelos.

En las rocas de la Formación Arcabuco se observaron posibles pisadas de Dinosaurios (comunicación oral Moreno-Sánchez & Gómez-Cruz, 2008), principalmente sobre el flanco oriental de la Cuchilla Morro Negro (Anticlinal de Arcabuco) y en la cabecera de la Quebrada Ritoque (al noroeste del Cerro San Marcos), siendo observadas en secuencia incompleta, por lo que se recomienda buscar secuencias que corroboren dicha hipótesis.

Ya que se realizó un muestro documentado enfocado a la recolección de tres tipos de muestras, en donde la primera toma se realizó con el fin de recuperar muestras de geoquímica, con el objeto de tener representatividad de toda la unidad y material no contaminado, la segunda, referente a muestras de tamaños relativos para muestras isotópicas (δC^{13} y Sr^{87}/Sr^{86}) de las cuales aun se esperan resultados de análisis

para posteriores estudios y la tercera, muestras ubicadas en los intervalos de composición calcárea para análisis petrográficos. Por lo tanto se recomienda completar la información obtenida con la presentada en el trabajo.

Finalmente la dinámica estructural que se observa alrededor de la zona de estudio es moderada pero no nula, con escasos afloramientos conservados en los que se evidencie claramente esta dinámica estructural. Motivo por el cual el contacto fallado entre la Formación Rosablanca y la Formación Arcabuco propuesto por Patarroyo & Moreno-Murillo (1997) no quedó claramente definido en el sector de las Canteras de Calizas & Agregados Boyacá. Allí las rocas de la Formación Rosablanca y sus fósiles no muestran deformaciones o en el caso de los estratos, desplazamientos, motivo por el cual se sugiere un estudio detallado para apoyar el planteamiento de los autores y que no quedó claramente definido en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUILERA, R. & LOPEZ. 1995. Modelo geométrico estructural en la vía Sáchica – Puente Samacá, sureste de Villa de Leiva, Boyacá. Rev. Facies Col., No 4, p. 22 – 34. Bogotá.

BALLESTEROS-TORRES, C & NIVIA-GUEVARA, J. 1982. Estratigrafía y facies de la Formación Ritoque en el área de Villa de Leiva – Monquirá, Boyacá. Trabajo de Grado. Departamento de Geociencias. Univ. Nal. de Colombia. 226 p. Bogotá.

BALLESTEROS-TORRES, C & NIVIA-GUEVARA, J. 1985. La Formación Ritoque: Registro Sedimentario de una Albufera de Comienzos del Cretácico. En Etayo y Laverde, editores. Proyecto Cretácico. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 16, Cap. XIV, p.1-17. Bogotá Colombia.

BROOKES J., et al. 1996. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part I. Ammonoidea Cretaceous. Vol. 1; 231 p. USA.

BURGL, H. 1954. El Cretácico inferior en los alrededores de Villa de Leiva (Boyacá). Bol. Geol., Inst. Geol. Nal. 22 p. Bogotá.

CARDOZO-PUENTES, E. & RAMIREZ-QUIROGA, C. 1985. Ambientes de depósito de la Formación Rosablanca: Área de Villa de Leiva. En Etayo y Laverde, editores. Proyecto Cretácico. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 16, Cap. XIII, pp.1-13. Bogotá Colombia.

COX L.R., et al. 1996. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part U. Echinodermata. Vol. 2; 247 p. USA.

DUNHAM, R. J. 1962. Classification of Carbonate Rocks according to depositional texture: 108-121. En: Ham. W.E. (ed). Classification of carbonate rocks a Symposium. Am. Assoc. Pet. Geol., Mem. 279 p. Oklahoma.

DURHAM W. J., et al. 1996. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part N. Bivalvia. Vol. 2; 307 p. USA.

ETAYO-SERNA, F. 1967. Apuntaciones a cerca de algunas amonitas interesantes del Hauteriviano y del Barremiano de la región de Villa de Leiva (Boyacá, Colombia). Boletín geológico No 24. p. 51-71. Bucaramanga.

- ETAYO-SERNA, F. 1968. Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas: Boletín de Geología UIS, v. 21, p. 19-32. Bucaramanga, Colombia.
- ETAYO-SERNA, F. 1979. Mapa geológico del departamento de Boyacá memoria explicativa p. 31.
- ETAYO-SERNA, F. et al. 1983. Mapa de Terrenos geológicos de Colombia. Ins, Nal. Inv. Gol-Min. Publ. Geol. Esp, Nº 14, 235 p. Bogotá.
- FORERO-ONOFRE, H. & SARMIENTO-ROJAS, L. 1985. La facies evaporítica de la Formación Paja. En Etayo y Laverde, editores. Proyecto Cretácico. Ingeominas, Publ. Esp. No 16, XVII, p. 1-16. Bogotá.
- GALVIS-GARCÍA, N. y RUBIANO-ORTIZ, J. 1985. Redefinición estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis facial. En Etayo y Laverde, editores. Proyecto Cretácico. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 16, Cap. VII, p.1-16. Bogotá Colombia.
- HARMS, J.C., FAHNESTOCK, R.K. 1965. Stratification, bed forms and flow phenomena, in: Middleton G.V. (ed). Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., spec. Publ. P. 84-115. USA
- HUBACH, E. 1953. Condiciones geológicas de las variantes de carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba, Serv. Geol. Nal., inf. No.952; p. 10-12. Bogotá.
- JULIVERT, M. 1968. Léxico Estratigráfico. Volumen V. Fascículo 4a, (Primera Parte), 651 p., París.
- JULIVERT, M. 1970. Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with Some Other Folded Chains. GSA (Geological Society of America). Bulletin; v. 81; No. 12; p. 3623-3646.
- MARTINEZ C, Diego, ARGUELLO G, Pedro. 2003. Documentación del yacimiento Rupestre de Sáchica Boyacá (Colombia). p. 1- 13. Santafé de Bogotá.
- MORALES, L.G. 1958. General geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. En Habitat of Oil, Am. Assoc. Pet. Geol. COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY. Symposium: p. 643-648. Oklahoma.
- PATARROYO, P. & MORENO-MURILLO, M. 1997. Nuevas consideraciones en torno al Cabeceo del Anticlinal de Arcabuco, en cercanías de Villa de Leyva – Boyacá. Rev. Geología Colombiana, No. 22; p.27-34. Santafé de Bogotá.

RENZONI, G., OSPINA, C. 1969. Geología del Cuadrángulo J-12. Serv. Geol. Nal., Informe 1546. 30 p. Bogotá.

RODRIGUEZ, E. ULLOA, C. 1979. Geología de la Plancha 170: Vélez. Ingeominas, Informe N° 1794; p. 42-45. Bogotá, Colombia.

ROLON, L.F. 2004. Structural Geometry of the Jura-Cretaceous Rift of the Middle Magdalena Valley Basin – Colombia. Thesis. College of Arts and Sciences. West Virginia University. 63 p. Morgantown, WV.

SCHEIBE, E. 1938. Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia. Min. Ind. Y Trab., Parte I. 58 p. Bogotá.

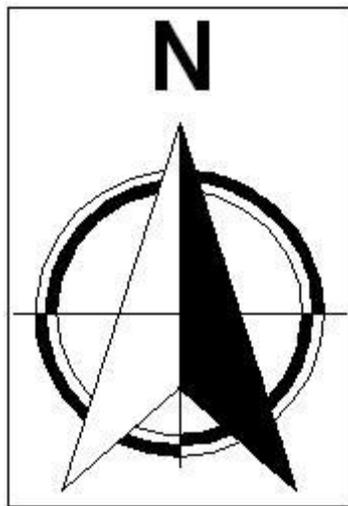
TOUSSAINT J.F. 1996. Evolución Geológica de Colombia - – Cretácico. Ed. Univ. Nal Medellín. Tomo 3: 277 p.

TRUMPY, D. 1943. The Pre-Cretaceous of Colombia. Geol. Soc. Am., Bull. P. 63-72. Boulder, Colorado.

VEGA et al. 2007. Upper Cretaceous Crustacea from México and Colombia: similar faunas and environments during Turonian time Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 24, núm. 3, 2007, p. 403-422.

WHEELER. 1929. Mapa geológico del departamento de Boyacá memoria explicativa, p. 28-30.

ANEXOS



ANEXOS

ANEXO 1

Mapa de poligonales levantadas para ubicación general de las zonas de muestreo con nomenclatura (BL00) para levantamiento de columnas estratigráficas de las formaciones involucradas a escala 1:10.000

ANEXO 2

Mapa geológico estructural a escala 1:20.000

ANEXO 3



Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, a 300 metros de la entrada hacia las Pinturas Rupestres (carretera destapada hacia el Corregimiento de Chiquiza) sobre la margen derecha de la carretera hacia Tunja. Molde de Amonites en concreción arcillosa. Longitud del martillo: 32,5 cms. Diámetro moneda: 2,4 cms.

Reino: Animalia

Phyllum: Mollusca

Clase: Cephalopoda

Subclase: Ammonoidea

Orden: Ammonitida

SubOrden: Ammonitina

Familia: Parahoplitidae

Genero: *Dufrenoyia*

Distribución Estratigráfica: Aptiano-Albiano.

ANEXO 4



Formación Paja, sector Quebrada Surcia, bajo el Puente Juan Suárez, Corregimiento de Chiquiza. Bivalvo en shale gris oscuro. Longitud del martillo: 32,5 cms. Diámetro de la moneda: 2,4 cms.

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Pterimorphia

Orden: Arcoida

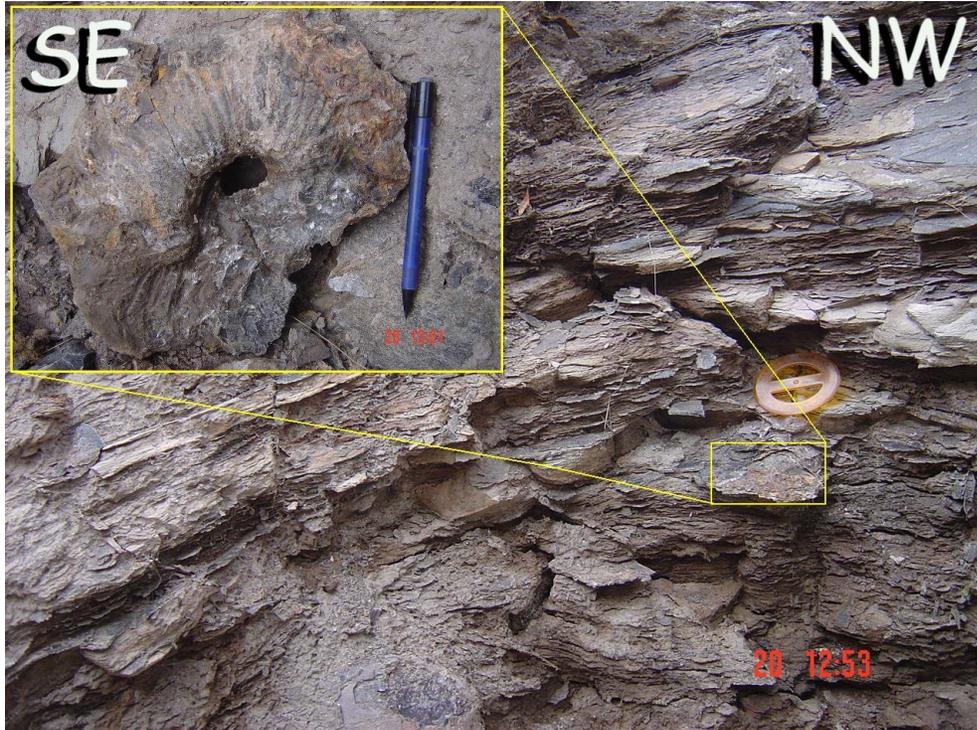
Distribución Estratigráfica: Ordovícico – reciente

ANEXO 5



Formación Paja, sector Quebrada Surcia, bajo el Puente Juan Suárez, Corregimiento de Chiquiza. Conchas de bivalvos en calizas arenosas grises. 1: Bivalvo, 2: Ostreas. Longitud del martillo: 32,5 cms. Longitud del portaminas: 16 cms.

ANEXO 6



Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, a 500 metros del Alto del Arrayán sobre la margen derecha de la carretera hacia Tunja. Amonites entre placas de yeso intercaladas con arenitas lodosas de color gris a rojizo ligeramente alteradas. Longitud del portaminas: 16 cms. Diámetro del transportador: 10 cms.

Phylum: Mollusca
Clase: Cephalopoda
Orden: Ammonitida
Distribución Estratigráfica: Albiano

ANEXO 7



Formación Rosablanca, Canteras Calizas & Agregados Boyacá. Bivalvo en caliza arenosa gris. Longitud del portaminas: 16 cms.

Reino: Animalia.
Phylum: Mollusca.
Clase: Bivalvia

ANEXO 8



Formación Ritoque. Sector, aguas arriba de la Quebrada Ritoque, a 600 metros de la carretera principal Peaje Sáchica – Villa de Leyva. Conchas de bivalvos en arenitas ligeramente calcáreas. Diámetro de la moneda: 2,3 cms.

Reino: Animalia.
Phyllum: Mollusca.
Clase: Bivalvia

ANEXO 9



Formación Rosablanca, Canteras Calizas & Agregados Boyacá. Gasterópodo en caliza arenosa gris. Diámetro de la moneda: 2,1 cms.

Reino: Animalia.
Phylum: Mollusca.
Clase: Gasterópoda.

ANEXO 10



Formación Paja, vía Peaje Sáchica – Alto del Arrayán. A 100 metros de la margen derecha de la carretera principal hacia Tunja. Fósil de Tallo Petrificado de Planta. Diámetro de la moneda: 2,4 cms.

REINO: Plantae.

ANEXO 11



Formación Paja, Vía Villa de Leyva - Tunja, entre Peaje Sáchica – Alto del Arrayán, margen derecha de la carretera en sentido SSE, frente a la entrada por carretera destapada al Corregimiento de Chiquiza. Fósil de *Chelonicerias*. Diámetro de la moneda: 2,4 cms.

Reino: Animalia.
Phylum: Mollusca.
Clase: Cephalopoda.
Orden: Amonitidae
Suborden: Ancyloceratina
Superfamilia: Douvilleicerataceae
Familia: Douvilleiceratidae
Subfamilia: Ephicheloniceras
Género: *Chelonicerias*
Edad: Aptiano tardío.

ANEXO 12

Columna estratigráfica para la Formación Paja, parte inferior y media, vía Tunja – Villa de Leyva (departamento de Boyacá) a escala 1:200. Sección 3: Peaje Sáchica – Alto del Arrayán (muestras BL008).

ANEXO 12A

Columna estratigráfica para la Formación Paja, parte media y superior, vía Tunja – Villa de Leyva (departamento de Boyacá) a escala 1:200. Sección 3: Peaje Sáchica – Alto del Arrayán (muestras BL008).

ANEXO 13

Columnas estratigráficas de la Formación Ritoque, a escala 1:200. Cuatro secciones: Sección 1. Intersección entre las Quebradas Chiquiza y La Negra (muestras BL002). Sección 2. Quebrada Chiquiza, entre las Quebradas La Compuerta y Soavita (muestras BL003). Sección 4. Sector Río Samacá, frente a las Pinturas Rupestres, suroriente del Cerro San Marcos (muestras BL005). Sección 6. Margen derecha de la carretera Peaje Sáchica – Villa de Leyva, aguas arriba de la Quebrada Ritoque (muestras BL007).

ANEXO 14

Columna estratigráfica Formación Rosablanca a escala 1:200, Sección 5: sector canteras Calizas & Agregados Boyacá (muestras BL006). Sección 8: Columna estratigráfica Formación Rosablanca a escala 1:200, cabecera Quebrada Ritoque, flanco occidental Cerro San Marcos (muestras BL009). Columna estratigráfica Formación San Gil escala 1:200, Sección: Alto del Arrayán. Secciones: cabecera Quebrada Ritoque y sector Pinturas Rupestres, Formación Arcabuco. Sección 7: Corregimiento de Chiquiza, sector Puente Juan Suárez, aguas abajo Quebrada Surcia. Formación Paja.

ANEXO 15

Columna estratigráfica generalizada para el Cretácico temprano sobre la vía Tunja – Villa de Leyva y sectores aledaños.

TABLA 1. DATOS DE POSICION EN COORDENADAS PLANAS REFERIDAS A BOGOTÁ, OBTENIDOS DEL GPS 12XL GARMIN Y NOMENCLATURA DE MUESTRAS RECOLECTADAS PARA EL CRETACICO TEMPRANO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, ENTRE LA VIA TUNJA – VILLA DE LEYVA (ALTO DEL ARRAYÁN – PEAJE SÁCHICA) Y SECTORES ALEDAÑOS

COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA
1063014,84800	1108319,91000	BL001-1
1063014,84800	1108319,91000	BL001-2
1063362,93200	1110982,77400	BL000-1
1063099,61000	1110392,22800	BL002-1
1063099,61000	1110392,22800	BL002-2
1063099,61000	1110392,22800	BL002-3
1063116,85700	1110385,13300	BL002-4
1063116,85700	1110385,13300	BLOO2-5
1063126,34900	1110399,97300	BL002-6
1063135,85200	1110403,54300	BL002-7
1063144,77500	1110399,99100	BL002-8
1063164,37700	1110409,49900	BL002-9
1063164,37700	1110409,49900	BL002-10
1063164,37700	1110409,49900	BL002-11
1065618,85100	1112446,81700	BL003-1
1065618,85100	1112446,81700	BL003-2
1065618,85100	1112446,81700	BL003-3
1065671,75400	1112437,37100	BL003-4
1065671,75400	1112437,37100	BL003-5
1065671,75400	1112437,37100	BL003-6
1065693,75800	1112426,72200	BL003-7
1065693,75800	1112426,72200	BL003-8
1065686,02900	1112433,23900	BL003-9
1065673,57100	1112404,74900	BL003-10
1065673,57100	1112404,74900	BL003-11
1065750,69800	1111380,26700	BL004-1
1065750,69800	1111380,26700	BL004-2
1065750,69800	1111380,26700	BL004-3
1065670,59100	1111250,26300	BL004-4

1065670,59100	1111250,26300	BL004-5
COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA
1065663,44800	1111257,37800	BL004-6
1065665,81800	1111258,56400	BL004-8
1065665,81800	1111258,56400	BL004-8.1
1062280,83700	1110120,91900	BL005-1
1062280,83700	1110120,91900	BL005-4
1062290,36700	1110108,46500	BL005-2
1062290,36700	1110108,46500	BL005-3
1062302,23100	1110122,72000	BL005-5
1061410,62700	1110163,39400	BL006-1
1061486,66300	1110215,66500	BL006-3
1061486,66300	1110215,66500	BL006-4
1061486,66300	1110215,66500	BL006-5
1061486,66300	1110215,66500	BL006-6
1061478,96100	1110194,30300	BL006-2
1061478,96100	1110194,30300	BL006-6
1060606,22200	1111671,27400	BL007-1
1060606,22200	1111671,27400	BL007-2
1060619,36100	1111601,88000	BL007-3
1060660,92100	1111648,77600	BL007-3.1
1060660,92100	1111648,77600	BL007-4
1060660,92100	1111648,77600	BL007-5
1060660,92100	1111648,77600	BL007-6
1060794,05400	1111660,18200	BL007-7
1060794,05400	1111660,18200	BL007-8
1060794,05400	1111660,18200	BL007-10
1060770,28700	1111649,47600	BL007-9
1061992,29400	1109774,77000	BL008-0
1061992,29400	1109774,77000	BL008-1
1062003,00200	1109769,43900	BL008-2
1062003,00200	1109769,43900	BL008-3
1062026,20200	1109748,10600	BL008-4
1062016,70700	1109735,64500	BL008-5
1062043,47400	1109714,90200	BL008-6
1062097,60900	1109658,59700	BL008-7

COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA
1062076,17700	1109697,13900	BL008-8
1062076,17700	1109697,13900	BL008-9
1062103,54500	1109674,03000	BL008-10
1062103,54500	1109674,03000	BL008-11
1062114,85200	1109656,83300	BL008-12
1062126,74400	1109652,68600	BL008-13
1062126,74400	1109652,68600	BL008-14
1062126,74400	1109652,68600	BL008-14.1
1062158,86200	1109633,14200	BL008-15
1062170,75800	1109625,44500	BL008-16
1062170,75800	1109625,44500	BL008-15.1
1062170,77500	1109608,23800	BL008-17
1062170,77500	1109608,23800	BL008-18
1062197,53600	1109593,43300	BL008-19
1062223,67900	1109599,38600	BL008-20
1062308,68900	1109583,45400	BL008-21
1062308,68900	1109583,45400	BL008-21.1
1062308,68900	1109583,45400	BL008-22
1062331,89500	1109554,99900	BL008-23
1062330,12600	1109539,57000	BL008-24
1062314,11500	1109506,33300	BL008-25
1062138,39400	1109277,76200	BL008-26
1062293,65400	1109145,02600	BL008-27
1062349,74700	1108919,64100	BL008-28
1061391,87900	1109253,32900	BL008-29
1061518,47400	1109258,78000	BL008-30
1061929,91300	1109752,17200	BL008-31
1061929,91300	1109752,17200	BL008-32
1062283,23300	1108862,03700	Fósil recolectado
1062098,42800	1108804,30900	BL008-33
1062339,81500	1108739,87800	BL008-35
1062347,57200	1108703,70000	BL008-36
1062294,13500	1108644,31700	BL008-37
1061422,32400	1111624,58000	BL009-1

COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA
1061396,14700	1111654,81300	BL009-2
1061365,81800	1111659,52800	BL009-3
1061344,40500	1111679,09400	BL009-4
1061338,45100	1111694,50400	BL009-5
1061338,45100	1111694,50400	BL009-6
1061338,45100	1111694,50400	BL009-7
1061593,13000	1110133,31000	BL006-10
1061399,38000	1110117,69900	BL006-7
1061399,38000	1110117,69900	BL006-8
1061399,38000	1110117,69900	BL006-9

NOTA 1: Las coordenadas planas de la planchas 191 (191- 1 -A y 191 – 1 - C) del IGAC están representadas de la siguiente manera:

X = Y

Y = X, es decir (X, Y) que es la notación convencional de una pareja ordenada están representadas en las planchas del IGAC como (Y, X).

NOTA 2: Se Barrio un Área aproximada de 28 km².

NOTA 3: Las coordenadas iniciales corresponden a (1`060.000, 1`108.000) y las finales a (1`070.000, 1`116.000).

TABLA 2. MUESTRAS RECOLECTADAS PARA ANALISIS DE ISOTOPOS DE CARBONO ($\delta^{13}\text{C}$) Y ESTRONCIO ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) PARA EL CRETACICO TEMPRANO EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, ENTRE LA VIA TUNJA – VILLA DE LEYVA (ALTO DEL ARRAYÁN – PEAJE SÁCHICA) Y SECTORES ALEDAÑOS.

MUESTRA RECOLECTADA	TIPO DE ROCA	TIPO DE ANALISIS DE ISOTOPO		SECCION DELGADA (SD)
BL006-7	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
BL009-7	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL002-5	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL009-2	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL006-9	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
BL006-4	CALIZA LUMAQ		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
BL009-3	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL006-1	CALIZA		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL009-1	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL009-4	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL004-3	LODOLITA FOSI	delta ^{13}C		
BL003-3	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL003-5	LODOLITA GF	delta ^{13}C		
BL008-21	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-0	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-3.1	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL009-6	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL001-2	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL002-3	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL006-8	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL003-2	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL006-6	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL008-18	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL006-3	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL003-8	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-11	SHALE	delta ^{13}C		
BL008-20	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-4	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-10	LIMOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL003-1	LODOLITA NF	delta ^{13}C		
BL008-32	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-1	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL008-14.1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL002-4	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL008-24	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL006-2	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL005-3	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
BL008-5	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-22	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-9	SHALE	delta ^{13}C		
BL007-9	LODOLITA GF	delta ^{13}C		

MUESTRA RECOLECTADA	TIPO DE ROCA	TIPO DE ANALISIS DE ISOTOPO		SECCION DELGADA (SD)
BL003-7	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL006-5	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL004-5	SHALE	delta ^{13}C		
BL008-34	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-8	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL005-4	LODOLITA GF	delta ^{13}C		
BL008-2	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL002-2	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL008-26	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL002-1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-15.1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-7	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL008-1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL003-2.1	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL004-8.1	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL003-6	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL004-8	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL002-8	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL004-6	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL002-8.1	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL001-1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-29	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-21.1	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL004-1	LODOLITA NF	delta ^{13}C		
BL005-1	LIMOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL008-30	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-19	SHALE	delta ^{13}C		
BL008-15	LODOLITA GIRS	delta ^{13}C		
BL004-7	SHALE FOSILIF	delta ^{13}C		
BL008-13	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-37	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-8	LODOLITA GF	delta ^{13}C		
BL008-36	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-14	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-28	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL003-11	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL002-6	LODOLITA GF	delta ^{13}C		
BL008-23	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL000-1	CALIZA FOSILIF		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
BL008-33	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-3	LODOLITA GRIS	delta ^{13}C		
BL008-6	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL007-5	LIMOLITA GF	delta ^{13}C		
BL008-27	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-31	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		
BL008-3	LODOLITA NEG	delta ^{13}C		

MUESTRA RECOLECTADA	TIPO DE ROCA	TIPO DE ANALISIS DE ISOTOPO	SECCION DELGADA (SD)
BL007-2	LODOLIA GRIS	delta ¹³ C	
BL008-35	SHALE	delta ¹³ C	
BL008-16	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	
BL007-4	LODOLITA GF	delta ¹³ C	
BL008-25	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	
BL005-5	LIMOLITA GRIS	delta ¹³ C	
BL008-12	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	
BL003-10	LODOLITA GRIS	delta ¹³ C	
BL008-7	SHALE	delta ¹³ C	
BL004-4	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	
BL008-10	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	
BL007-6	LODOLITA GF	delta ¹³ C	
BL000	CALIZA FOSILIF		⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
BL008-17	LODOLITA NEG	delta ¹³ C	SD

NOMENCLATURA USADA PARA ESTA TABLA:

CALIZA FOSILIF = CALIZA FOSILIFERA LIMOLITA GF = LIMOLITA GRIS CON FOSILES

LODOLITA NEG = LODOLITA NEGRA

LODOLITA GF = LODOLITA GRIS CON FOSILES

CALIZA LUMAQ = CALIZA LUMAQUELICA

LODOLITA NF = LODOLITA NEGRA CON FOSILES

SHALE = SHALE, LODOLITA NEGRA CON FISILIDAD

SHALE FOSILIF = SHALE FOSILIFERO

SD = MUESTRA PARA SECCION DELGADA

TOTAL DE MUESTRAS:

MUESTRAS DE LODOLITAS = 71 MUESTRAS / MUESTRAS PARA POLEN = 3 MUESTRAS

MUESTRAS DE CALIZAS = 30 MUESTRAS / MUESTRAS PARA SECCION DELGADA = 26 MUESTRAS

AGRADECIMIENTOS

A la **Agencia Nacional de Hidrocarburos**; empresa que brindó el soporte económico para la realización de este trabajo, al Profesor **Mario Moreno Sánchez** por su respectiva asesoría y debidas correcciones.

A mis padres, por el apoyo continuo que me brindaron durante el trayecto de mi carrera y a mi hermana **María Eugenia** por ayudarme a tejer las alas para alcanzar mi sueño.
Beatriz E. Galvis A.

A mi padre, por enseñarme a ser constante y a disfrutar del trabajo; a mi madre, por inculcarme la paciencia, la imaginación...la discreción. **Leonardo Valencia E.**

TABLA 4. DATOS DE WAY POINT EN ESTACIONES MARCADAS PARA LA ZONA DE TRABAJO.

WAY POINT (WP)	COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA	SECCION (S-0)	POSICION EN POLIGONAL
WP003	1064359,25500	1107223,71600			
WP004	1064755,68500	1109052,51800			
WP005	1062241,69200	1114346,03600			
WP006	1063471,06300	1107391,91400			
WP007	1062931,61500	1108340,59800			
WP008	1063047,55600	1108309,27000		SG	AMARRE
WP009	1063014,84800	1108319,91000	BL001-1, BL001-2	SG	
WP010	1062935,74600	1108365,51800		SG	CIERRE
WP011	1060704,10200	1109342,84500			
WP012	1063154,31300	1110367,96200			
WP013	1063362,93200	1110982,77400	BL000-1	----	
WP014	1062079,16200	1111539,19100			
WP015	1061906,06500	1111689,11800			
WP016	1061631,67400	1111473,50300			
WP017	1061615,18200	1111943,34200			
WP018	1061457,60900	1112012,01200			
WP019	1060925,92900	1112358,56200			
WP020	1060915,80800	1112375,16300			
WP021	1063847,94800	1110972,57900			
WP022	1063382,88400	1110634,55400		P-3	
WP023	1063398,97000	1110603,12900		P-3	
WP024	1063126,95200	1110395,81500			
WP025	1063104,37400	1110380,96300		S-1	AMARRE
WP026	1063183,39700	1110414,26200			
WP027	1063175,68700	1110401,20400		S-1	CIERRE

WAY POINT (WP)	COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA	SECCION (S-0)	POSICION EN POLIGONAL
WP028	1063099,61000	1110392,22800	BL002-1, BL002-2, BL002-3	S-1	ESTACION 1
WP029	1063116,85700	1110385,13300	BL002-4, BLOO2-5	S-1	ESTACION 2
WP030	1063126,34900	1110399,97300	BL002-6	S-1	
WP031	1063135,85200	1110403,54300	BL002-7	S-1	ESTACION 4
WP032	1063144,77500	1110399,99100	BL002-8	S-1	ESTACION 5
WP033	1063164,37700	1110409,49900	BL002-9, BL002-10, BL002-11	S-1	ESTACION 6
WP034	1065618,85100	1112446,81700	BL003-1, BL003-2, BL003-3	S-2	AMARRE
WP035	1065671,75400	1112437,37100	BL003-4, BL003-5, BL003-6	S-2	ESTACION 1
WP036	1065693,75800	1112426,72200	BL003-7, BL003-8	S-2	ESTACION 2
WP037	1065686,02900	1112433,23900	BL003-9	S-2	ESTACION 2
WP038	1065673,57100	1112404,74900	BL003-10, BL003-11	S-2	ESTACION 3
WP039	1065673,00600	1112372,12400		S-2	CIERRE
WP040	1065671,17800	1111249,67800			
WP041	1065603,97300	1111288,75900		S-7	AMARRE
WP042	1065750,69800	1111380,26700	BL004-1, BL004-2, BL004-3	S-7	ESTACION 1
WP043	1065639,05600	1111273,37800			
WP044	1065670,59100	1111250,26300	BL004-4, BL004-5	S-7	ESTACION 2
WP045	1065663,44800	1111257,37800	BL004-6, BL004-7	S-7	ESTACION 2
WP046	1065665,81800	1111258,56400	BL004-8, BL004-8.1	S-7	ESTACION 3
WP047	1065645,09200	1111189,13600		S-7	CIERRE
WP048	1060622,63800	1109382,52600			
WP049	1060480,52900	1109439,33600			
WP050	1060390,97500	1109860,46800			
WP051	1060409,55100	1109700,30700			
WP052	1061468,73500	1109691,21800			
WP053	1061511,63600	1109574,98400			
WP054	1061495,06600	1109499,62300			
WP055	1062280,83700	1110120,91900	BL005-1, BL005-4	S-4	AMARRE

WAY POINT (WP)	COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA	SECCION (S-0)	POSICION EN POLIGONAL
WP056	1062290,36700	1110108,46500	BL005-2, BL005-3	S-4	ESTACION 1
WP057	1062302,23100	1110122,72000	BL005-5	S-4	ESTACION 2
WP058	1062314,10400	1110138,74500		S-4	CIERRE
WP059	1060184,89200	1112236,25000	P-4		
WP060	1060558,16700	1112217,61100			
WP061	1060474,31600	1112266,18100			
WP062	1060490,29200	1112337,98000	HUESO FOSILIZADO MASTODONTE	NO RECOLECCION	
WP063	1060519,39600	1112362,92400			
WP064	1061410,62700	1110163,39400	BL006-1	S-5	AMARRE
WP065	1061486,66300	1110215,66500	BL006-3, BL006-4, BL006-5, BL006-6	S-5	
WP066	1061478,96100	1110194,30300	BL006-2, BL006-6	S-5	
WP067	1060392,75900	1109861,06700			
WP068	1060540,27500	1111649,26000			
WP069	1060606,22200	1111671,27400	BL007-1, BL007-2	S-6	AMARRE
WP070	1060619,36100	1111601,88000	BL007-3	S-6	ESTACION 2
WP071	1060660,92100	1111648,77600	BL007-3.1, BL007-4, BL007-5, BL007-6	S-6	ESTACION 4
WP072	1060663,27600	1111677,85300			
WP073	1060794,05400	1111660,18200	BL007-7, BL007-8, BL007-10	S-6	ESTACION 8
WP074	1060770,28700	1111649,47600	BL007-9	S-6	CIERRE
WP075	1060709,63800	1111671,96900			
WP076	1061962,58200	1109781,26700			
WP077	1061992,29400	1109774,77000	BL008-0, BL008-1	S-3	AMARRE
WP078	1062003,00200	1109769,43900	BL008-2, BL008-3	S-3	ESTACION 1
WP079	1062026,20200	1109748,10600	BL008-4	S-3	ESTACION 2
WP080	1062016,70700	1109735,64500	BL008-5	S-3	ESTACION 3
WP081	1062043,47400	1109714,90200	BL008-6	S-3	ESTACION 4
WP082	1062097,60900	1109658,59700	BL008-7	S-3	ESTACION 5

WAY POINT (WP)	COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA	SECCION (S-0)	POSICION EN POLIGONAL
WP083	1062076,17700	1109697,13900	BL008-8, BL008-9	S-3	ESTACION 6
WP084	1062103,54500	1109674,03000	BL008-10, BL008-11	S-3	ESTACION 8
WP085	1062114,85200	1109656,83300	BL008-12	S-3	ESTACION 9
WP086	1062126,74400	1109652,68600	BL008-13, BL008-14, BL008-14.1	S-3	ESTACION 10
WP087	1062021,45600	1109740,39400			
WP088	1062158,86200	1109633,14200	BL008-15	S-3	ESTACION 11
WP089	1062170,75800	1109625,44500	BL008-16, BL008-15.1	S-3	ESTACION 11
WP090	1062170,77500	1109608,23800	BL008-17, BL008-18	S-3	ESTACION 12
WP091	1062197,53600	1109593,43300	BL008-19	S-3	ESTACION 14
WP092	1062223,67900	1109599,38600	BL008-20	S-3	ESTACION 15
WP093	1062291,42500	1109607,17000			
WP094	1062308,68900	1109583,45400	BL008-21, BL008-21.1, BL008-22	S-3	ESTACION 20
WP095	1062322,97900	1109563,29600			
WP096	1062331,89500	1109554,99900	BL008-23	S-3	ESTACION 22
WP097	1062330,12600	1109539,57000	BL008-24	S-3	ESTACION 23
WP098	1062314,11500	1109506,33300	BL008-25	S-3	ESTACION 24
WP099	1062124,71800	1109281,90700			
WP100	1062138,39400	1109277,76200	BL008-26	S-3	
WP101	1062293,65400	1109145,02600	BL008-27	S-3	
WP102	1062349,74700	1108919,64100	BL008-28	S-3	
WP103	1062364,01200	1108914,91100			
WP104	1061391,87900	1109253,32900	BL008-29	P-2	AMARRE
WP105	1061518,47400	1109258,78000	BL008-30	P-2	ESTACION 1
WP106	1061929,91300	1109752,17200	BL008-31, BL008-32	P-2	CIERRE
WP107	1062283,23300	1108862,03700	FOSIL RECOLECTADO	S-3	
WP108	1062098,42800	1108804,30900	BL008-33	S-3	ESTACION 69
WP109	1062339,81500	1108739,87800	BL008-35	S-3	ESTACION 72

WAY POINT (WP)	COORDENADA EN X	COORDENADA EN Y	MUESTRA RECOLECTADA	SECCION (S-0)	POSICION EN POLIGONAL
WP110	1062347,57200	1108703,70000	BL008-36	S-3	ESTACION 74
WP111	1062276,84100	1108711,34100			
WP112	1062294,13500	1108644,31700	BL008-37	S-3	CIERRE
WP113	1061010,91400	1111110,44300			
WP114	1061345,54800	1111105,41800			
WP115	1061816,39900	1111607,16200			
WP116	1061831,25300	1111610,73800		P-1	AMARRE
WP117	1061805,04700	1111659,36100		P-1	CIERRE
WP118	1061522,78900	1111595,01600			
WP119	1061479,42300	1111572,43600			
WP120	1061422,32400	1111624,58000	BL009-1	S-8	AMARRE
WP121	1061396,14700	1111654,81300	BL009-2	S-8	ESTACION 2
WP122	1061365,81800	1111659,52800	BL009-3	S-8	ESTACION 3
WP123	1061344,40500	1111679,09400	BL009-4	S-8	CIERRE
WP124	1061338,45100	1111694,50400	BL009-5, BL009-6, BL009-7	S-8	CIERRE
WP125	1061353,26000	1111746,13100			
WP126	1061292,46000	1110678,22400			
WP127	1061354,40500	1110540,64200			
WP128	1060498,16100	1112192,63900			
WP129	1061593,13000	1110133,31000	BL006-10	S-5	
WP130	1061658,52400	1110121,50600	CONTACTO CONCORDANTE FM ARCABUCO-FM ROSABLANCA	P-5	
WP131	1061399,38000	1110117,69900	BL006-7, BL006-8, BL006-9	S-5	

P-1: PUNTO DE CONTROL AL NOROESTE DEL CERRO SAN MARCOS, CABECERA QUEBRADA RITOQUE.

P-2: PUNTO DE CONTROL VÍA TUNJA - VILLA DE LEYVA, A 1500 METROS DEL PEAJE SÁCHICA.

P-3: PUNTO DE CONTROL 300 METROS ARRIBA DE LA INTERSECCION QUEBRADAS CHIQUIZA - NEGRA.

P-4: PUNTO DE CONTROL CANTERAS CEMENTOS TEQUENDAMA, A 200 METROS DE LA FINCA EL PARAISO.

P-5: PUNTO DE CONTROL CANTERAS CALIZAS & AGREGADOS BOYACÁ, SECTOR PINTURAS RUPESTRES.

TABLA 3. DATOS PARA LAS SECCIONES DE MUESTREO EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

SECCION (S-0)	LONGITUD HORIZONTAL DE LA POLIGONAL EN METROS		ESPESOR COLUMNA EN METROS		MUESTRAS DE CALIZAS ENVIADAS	MUESTRAS DE LODOLITAS ENVIADAS	NOMENCLATURA GENERAL PARA MUESTRAS EN ESTA ZONA
	CON AFLORAMIENTO	CUBIERTA	CON AFLORAMIENTO	CUBIERTA			
1	87,28 metros	0 metros	47,5 metros	0 metros	5	3	BL002
2	39,49 metros	26,5 metro	17,25 metros	13,25 metr	4	6	BL003
3	1202,33 metros	352,4 metr	451,55 metros	132,35 met	0	41	BL008
4	40,46 metros	0 metros	13,5 metros	4,5 metros	1	3	BL005
5	178 metros	150 metros	28 metros	16,8 metro	8	1	BL006
6	158,29 metros	35 metros	30,5 metros	2,5 metros	0	10	BL007
7	63,4 metros	10 metros	27,25 metros	7,25 metro	3	6	BL004
8	16,14 metros	32 metros	9,5 metros	5,5 metros	6	0	BL009
SG	80,67 metros	36 metros	23,15 metros	12 metros	1	1	BL001

SECCION 1 (S-1): Intersección Quebrada Negra Quebrada Chiquiza. Formación Ritoque

SECCION 2 (S-2): Corregimiento de Chiquiza, flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco, sobre la Quebrada Chiquiza, entre las quebradas Soavita y Compuerta. Formación Ritoque

SECCION 3 (S-3): Vía Tunja-Villa de Leyva, Entre Alto del Arrayán y Peaje Sáchica. Formación Paja.

SECCION 4 (S-4): Margen izquierda del flujo de las aguas del Río Samacá, frente a las pinturas rupestres, 500 metros aguas debajo de la intersección entre la quebrada Chiquiza y el Río Samacá. Formación Ritoque.

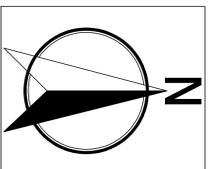
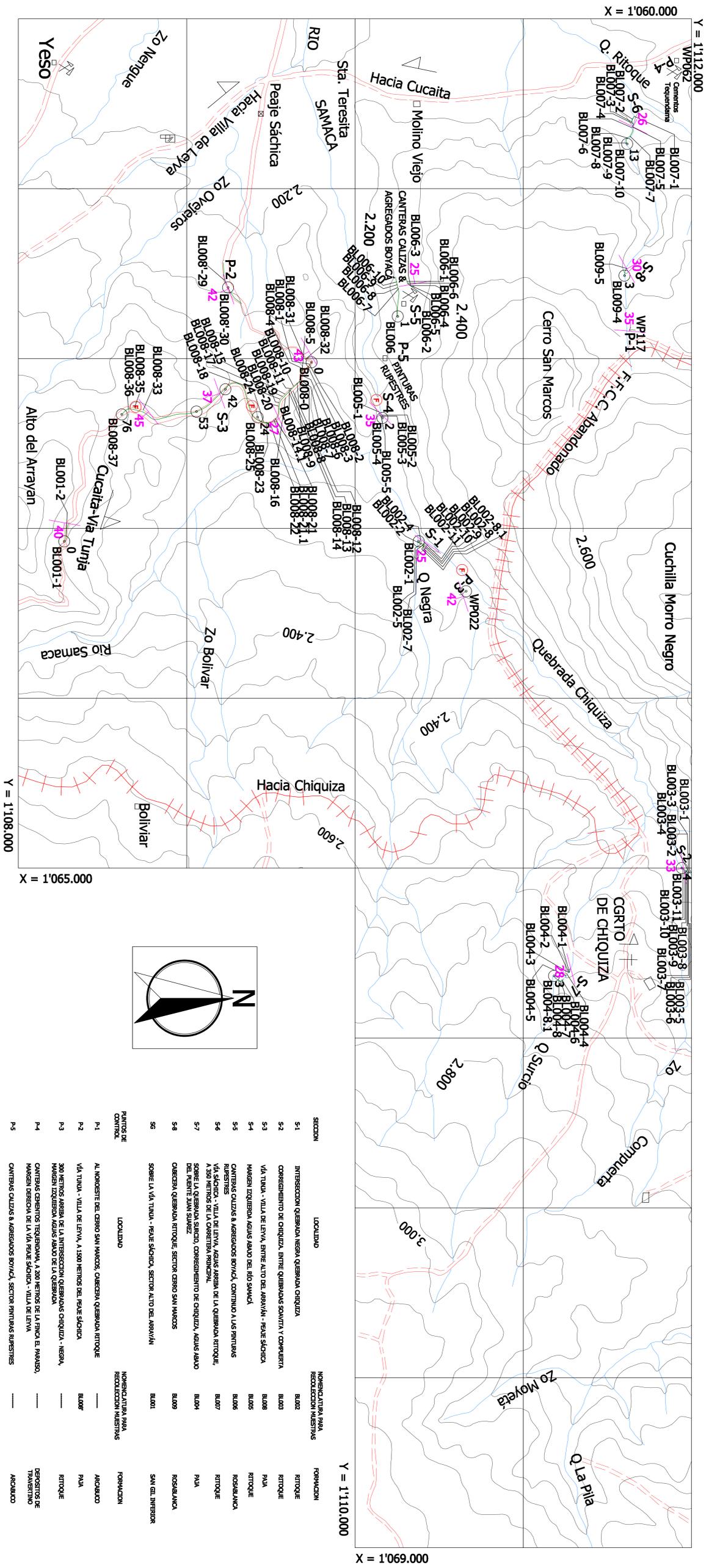
SECCION 5 (S-5): Cantera Calizas & Agregados Boyacá, continuo a las Pinturas Rupestres. Formación Rosablanca.

SECCION 6 (S-6): Vía Sáchica-Villa de Leyva, sector aguas arriba de la Quebrada Ritoque, a 350 metros de la carretera principal, al Noroccidente del Cerro San Marcos. Formación Ritoque.

SECCION 7 (S-7): Sobre la Quebrada Surcia, corregimiento de Chiquiza, aguas abajo bajo el puente Juan Suárez. Formación Paja.

SECCION 8 (S-8): Cabecera Quebrada Ritoque, sector Cerro San Marcos. Formación Rosablanca.

SECCION SG (SG): Sobre la vía Tunja - Peaje Sáchica, sector Alto del Arrayán. Formación San Gil.



SECCION	LOCALIDAD	NOVENCIATURA PARA RECOLECCION MUESTRAS	FORMACION
S1	INTERSECCION QUEBRADA NEGRA QUEBRADA CHIQUIZA	BL002	RIOTIQUE
S2	CORREGIMIENTO DE CHIQUIZA, ENTRE QUEBRADAS SOWITA Y COMPIERTA	BL003	RIOTIQUE
S3	VIA TUNJA - VILLA DE LEVIA, ENTRE AUTO DEL ARAYAN - PEJE SACHICA	BL008	PAJA
S4	MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO DEL RIO SAMACA	BL005	RIOTIQUE
S5	CANTERAS CALIZAS & AGRREGADOS BOYACA, CONTINUA A LAS PINTURAS RUFESTRES	BL006	ROSABLANCA
S6	VIA SACHICA - VILLA DE LEVIA, AGUAS ARRIBA DE LA QUEBRADA RIOTIQUE, A 300 METROS DE LA INTERSECCION QUEBRADA CHIQUIZA - NEGRA	BL007	RIOTIQUE
S7	SOBRE LA QUEBRADA SANCIO, CORREGIMIENTO DE CHIQUIZA, AGUAS ABAJO DEL PUENTE SAN SANCIO	BL004	PAJA
S8	CALLECERA QUEBRADA RIOTIQUE, SECTOR CERRO SAN MARCOS	BL009	ROSABLANCA
S6	SOBRE LA VIA TUNJA - PEJE SACHICA, SECTOR AUTO DEL ARAYAN	BL001	SAN GIL INTERIOR
P1	AL NOROESTE DEL CERRO SAN MARCOS, CALLECERA QUEBRADA RIOTIQUE	---	FORMACION
P2	VIA TUNJA - VILLA DE LEVIA, A 1500 METROS DEL PEJE SACHICA	BL008	ARCOLUBO
P3	300 METROS ARRIBA DE LA INTERSECCION QUEBRADA CHIQUIZA - NEGRA, MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO DEL RIO SAMACA	---	PAJA
P4	CANTERAS CEMENTOS TEQUENDAMA, A 200 METROS DE LA FINCA EL PARASO, MARGEN DERECHA DE LA VIA PEJE SACHICA - VILLA DE LEVIA	---	DEPOSITOS DE TRAVERTINO
P5	CANTERAS CALIZAS & AGRREGADOS BOYACA, SECTOR PINTURAS RUFESTRES	---	ARCOLUBO

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGIA

ELABORADO POR:
JOSE LEONARDO VALENZIA ESCOBAR
BETRIZ ELINA GALVIS ARENAS

DIGITALIZADO POR:
JOSE LEONARDO VALENZIA ESCOBAR

FECHA:
Febrero de 2009

MAPA DE POLIGONALES LEVANTADAS PARA UBICACION GENERAL DE LAS ZONAS DE MUESTRO CON NOMENCLATURA (BL00) PARA LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS FORMACIONES INVOLUCRADAS

PLANCHAS TOPOGRAFICAS DEL ICAJ

191 - 1 - A / 191 - 1 - C

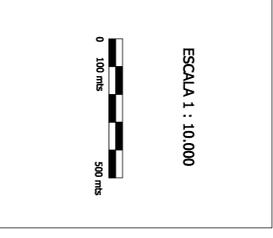
COORDENADAS

X = 1065.000 Y = 1110.000
X = 1066.000 Y = 1110.000
X = 1069.000 Y = 1112.000

VIA TUNJA - VILLA DE LEVIA, DEPT BOYACA, ENTRE ALTO DEL ARAYAN Y PEJE SACHICA, SECTORES ALDEANOS: RIO SAMACA, CERRO SAN MARCOS, CANTERAS CEMENTOS TEQUENDAMA, MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO DEL RIO SAMACA, RIOTIQUE Y CORREGIMIENTO DE CHIQUIZA.

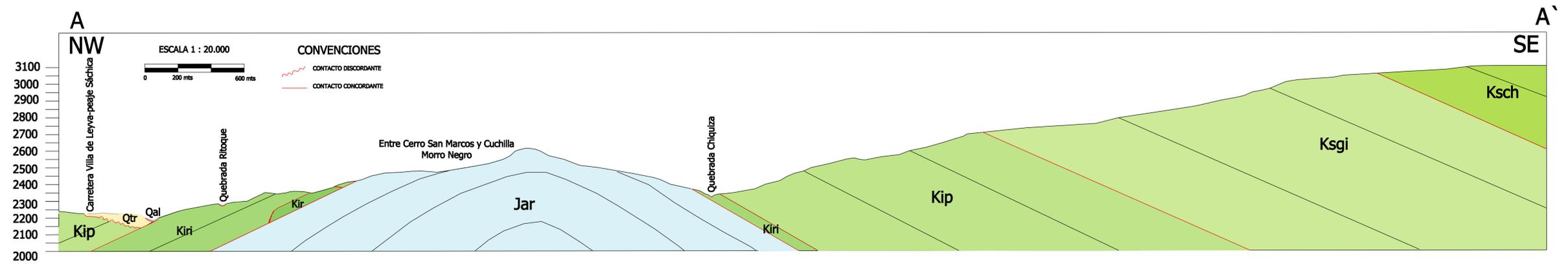
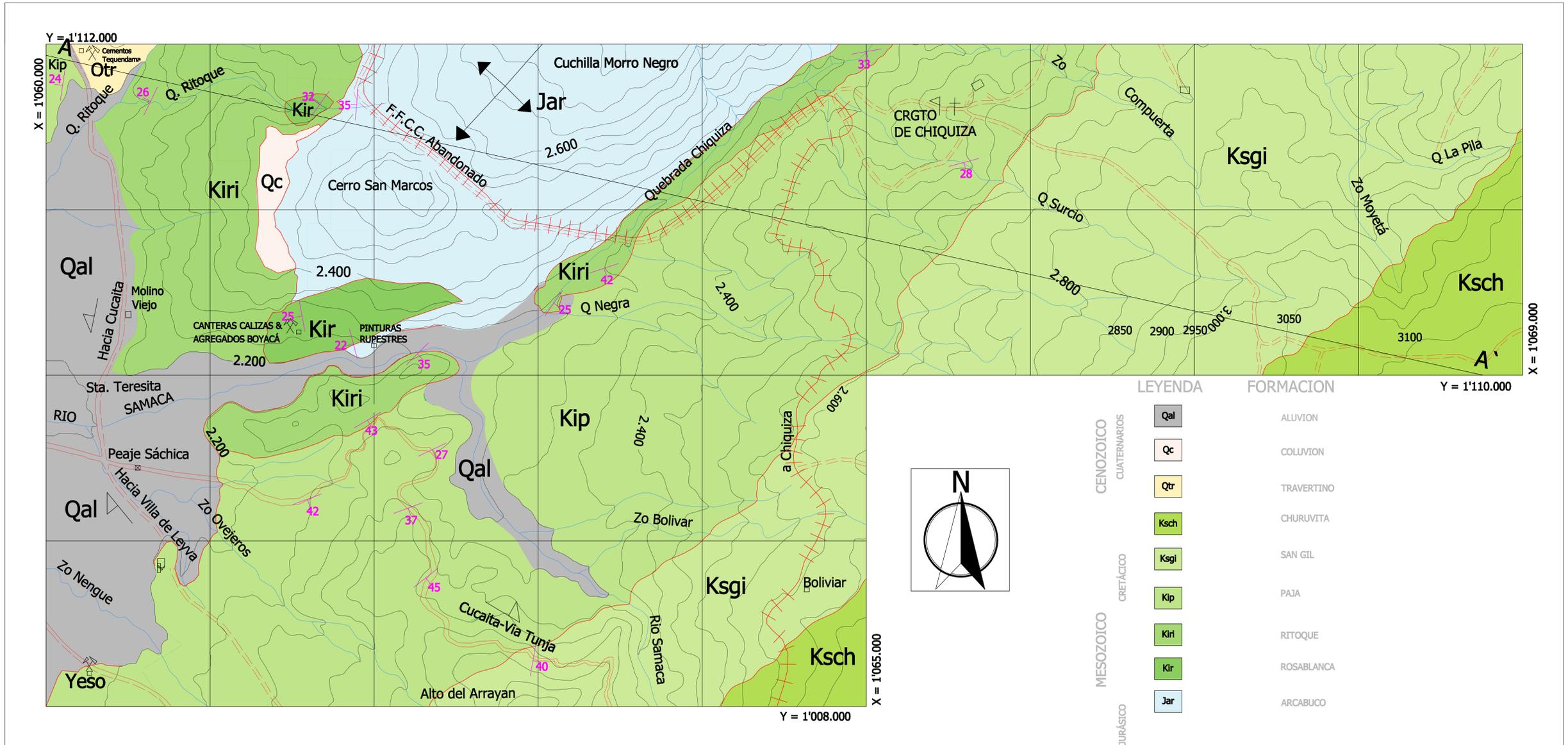
ANEXO

1

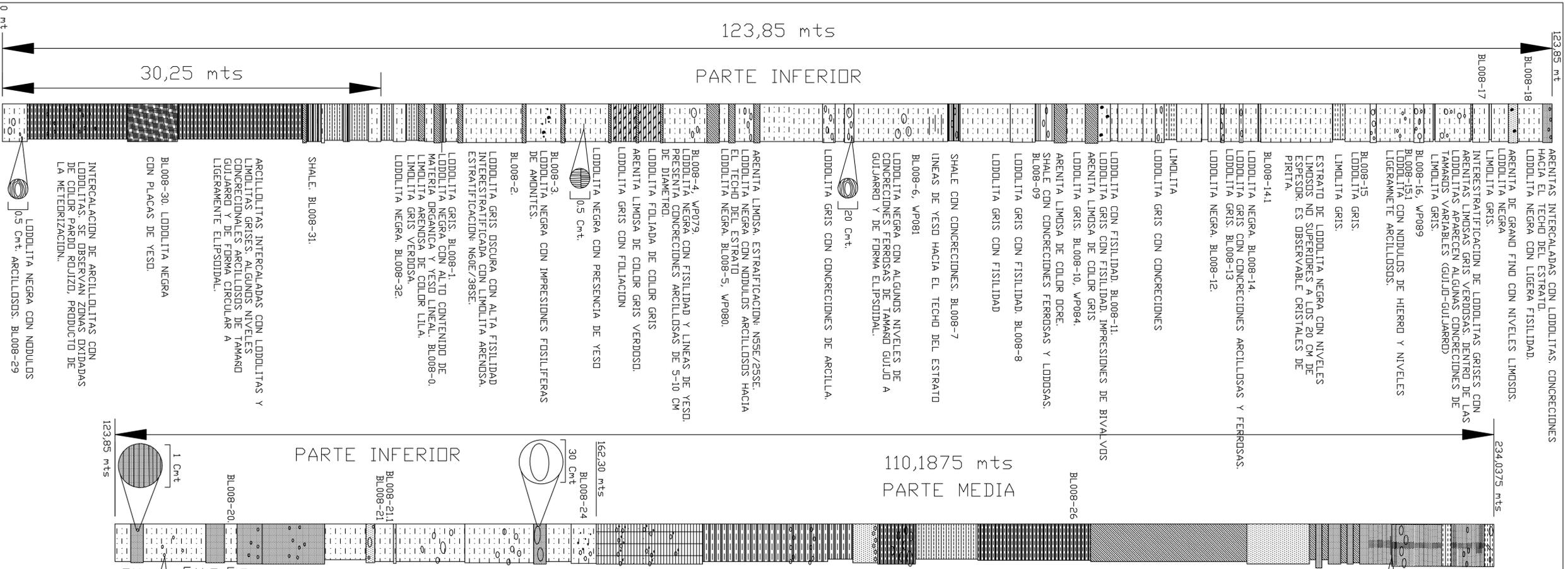


CONVENCIONES

	CARRETERA PAVIMENTADA		RIO O DISEÑE		BL00	LOCALIZACION NUESTRA RECOLECTIVA Y NOMENCLATURA PARA LA SECCION LEVANTADA
	CARRETERA SIN PAVIMENTAR		POLIGONAL		65	ESTACION EN POLIGONAL
	CARRETERABLE		CANTERA O MINA		37	PIUNO Y BAZAMIENTO
	FERROARRIL		PEAJE			FALLA OBSERVADA SIN DATOS COMPLETOS (NUMERO Y/O BAZAMIENTO)
	CURVA DE RIVIERA		WPT015			
			WMT POINT			



<p>UNIVERSIDAD DE CALDAS FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES PROGRAMA DE GEOLOGIA</p> <p>ELABORADO POR: JOSE LEONARDO VALENCIA ESCOBAR BEATRIZ ELENA GALVIS ARENAS</p> <p>DIGITALIZADO POR: JOSE LEONARDO VALENCIA ESCOBAR</p> <p>FECHA: Marzo de 2009</p>	<p>MAPA GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL</p> <p>PLANCHAS TOPOGRÁFICAS DEL IGAC 191 - I - A 191 - I - C</p> <p>COORDENADAS X = 1'060.000 Y = 1'108.000 X = 1'065.000 Y = 1'112.000 X = 1'065.000 Y = 1'110.000 X = 1'069.000 Y = 1'112.000</p> <p>VIA TUNJA - VILLA DE LEYVA, DEPT BOYACA, ENTRE ALTO DEL ARRAYAN Y PEAJE SACHICA, SECTORES ALEDAÑOS: RÍO SAMACÁ, CERRO SAN MARCOS, CANTERA CEMENTOS TEQUENDAMA, CALIZAS & AGREGADOS BOYACA, QUEBRADA RITOQUE Y CORREGIMIENTO DE CHIQUIZA</p>	<p>ANEXO</p> <p>2</p>	<p>UNIVERSIDAD DE CALDAS LUMINA SPARGO</p>	<p>ESCALA 1 : 20.000</p>	<p>CONVENCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> — CARRETERA PAVIMENTADA - - - CARRETERA SIN PAVIMENTAR - · - · - CARRETEABLE —+— FERROCARRIL ~ CURVA DE NIVEL — RÍO O DRENAJE — CANTERA O MINA ⊠ PEAJE ↖ NÚCLEO DE ANTICLINAL ↗ RUMBO Y BUZAMIENTO --- CONTACTO LITOLÓGICO
---	---	------------------------------	--	--------------------------	---



BL008-18: ARENITAS INTERCALADAS CON LODOILLITAS. CONCRECIONES HACIA EL TECHO DEL ESTRATO. LODOILLITA NEGRA CON LIGERA FISILIDAD.

BL008-17: ARENITA DE GRAND FINO CON NIVELES LIMOSOS. LIMOILLITA NEGRA.

BL008-16: INTERSTRATIFICACION DE LODOILLITAS GRISAS CON ARENITAS LIMOSAS GRIS VERDOSAS. DENTRO DE LAS TAMAROS VARIABLES (GULJO-GUIJARRO) LIMOILLITA GRIS.

BL008-15: LODOILLITA NEGRA. BL008-14. LODOILLITA GRIS CON CONCRECIONES ARCILLOSAS Y FERROSAS. LIMOILLITA NEGRA. BL008-13. LODOILLITA NEGRA. BL008-12.

BL008-14: LIMOLITA

BL008-13: LODOILLITA GRIS CON CONCRECIONES

BL008-12: LIMOLITA

BL008-11: LODOILLITA CON FISILIDAD. BL008-10. LODOILLITA GRIS CON FISILIDAD. IMPRESIONES DE BIVALVOS

BL008-10: ARENITA LIMOSA DE COLOR GRIS

BL008-9: ARENITA LIMOSA DE COLOR DORE.

BL008-8: SHALE CON CONCRECIONES FERROSAS Y LODOSSAS.

BL008-7: LODOILLITA GRIS CON FISILIDAD.

BL008-6: SHALE CON CONCRECIONES. BL008-7 LINEAS DE YESO HACIA EL TECHO DEL ESTRATO

BL008-5: LODOILLITA NEGRA CON ALGUNOS NIVELES DE CONCRECIONES FERROSAS DE TAMAÑO GULJO A GUIJARRO Y DE FORMA ELIPSOIDAL.

BL008-4: LODOILLITA GRIS CON CONCRECIONES DE ARCILLA

BL008-3: ARENITA LIMOSA. ESTRATIFICACION: NSSE/2SSSE. LODOILLITA NEGRA CON NODULOS ARCILLOSOS HACIA EL TECHO DEL ESTRATO

BL008-2: LODOILLITA NEGRA. BL008-5. WP080.

BL008-1: LODOILLITA NEGRA CON ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y YESO LINEAL. BL008-0. LIMOILLITA ARENOSA DE COLOR LILA. LIMOILLITA GRIS VERDOSA.

BL008-0: LODOILLITA NEGRA. BL008-32.

BL008-31: SHALE

BL008-30: ARENITAS INTERCALADAS CON LODOILLITAS Y LIMOLITAS GRISAS. ALGUNOS NIVELES CONCRECIONALES ARCILLOSOS DE TAMAÑO GULJARRO Y DE FORMA CIRCULAR A LIGERAMENTE ELIPSOIDAL.

BL008-29: INTERCALACION DE ARCILLULITAS CON LODOILLITAS. SE OBSERVAN ZONAS OXIDADAS DE COLOR PARDO ROJIZO, PRODUCTO DE LA METEORIZACION.

BL008-28: LODOILLITA NEGRA CON NODULOS

BL008-27: LODOILLITA NEGRA CON NODULOS

BL008-26: LIMOILLITA ARENOSA ROJA FUERTEMENTE OXIDADA.

BL008-25: ARENITA LIMOSA GRIS

BL008-24: ARENITA LIMOSA GRIS DE COLOR ROJO

BL008-23: INTERSTRATIFICACION DE ARCILLAS CON ARENAS LIMOSAS GRISAS. NOTORIA INTERCALACION DE NIVELES CONCRECIONALES DE FORMA ELIPSOIDAL (EJE MAYOR ENTRE LOS 20 Y LOS 30 Cmts) Y COMPOSICIONALMENTE ARCILLOSOS.

BL008-22: INTERCALACIONES DE ARCILLULITAS DE COLOR PARDO CON LODOILLITAS NEGRAS. LA PRESENCIA DEL ESTRATO ES DE MATERIAL SUELTO. SE OBSERVAN NIVELES CONCRECIONALES ARCILLOSOS (TAMAÑO GULJO A GUIJARRO Y DE FORMA ELIPSOIDAL) RODEADOS EN OcasIONES DE YESO. EL NIVEL LODOSSO ES MAS ESPESO HACIA EL TECHO (2 Mts).

BL008-21: INTERCALACION DE ARCILLULITAS CON LIMOILLITAS. ES OBSERVABLE NIVELES DE LODOILLITA GRIS CON MOSCOVITA. LOS ESTRATOS PRESENTAN ALTO GRADO DE DIACLASAMIENTO Y EL MATERIAL GENERALMENTE ESTA MUY SUELTO. DI: NS8W/90.

BL008-20: ARENITAS LODOSSAS CON CONCRECIONES ELIPSOIDALES (10-20 Cmts) ARCILLOSAS A LODOSSAS.

BL008-19: ARENITAS LODOSSAS NEGRAS CON MOSCOVITA. HACIA EL TECHO CONCRECIONES LODOSSAS TAMAÑO GULJO

BL008-18: INTERCALACIONES DE LODOILLITAS GRISAS CON ARCILLULITAS DE COLOR PARDO DIACLASAMIENTO, DIN80W/72SE, DIN80W/74SW.

BL008-17: INTERCALACION DE LIMOILLITAS CON ARCILLULITAS ARENOSAS Y NIVELES CONCRECIONALES ARCILLOSOS ((2 Cm de diametro). ALGUNAS CONCRECIONES SON FERROSAS

BL008-16: LODOILLITAS ARENOSA DE COLOR NEGRO. NIVELES CONCRECIONALES NO MAYORES A LOS 4 Cmts.

BL008-15: LODOILLITAS GRISAS

BL008-14: ARENITA GRIS CON CONCRECIONES FERROSAS TAMAÑO GULJARRO A BLOQUE.

BL008-13: LODOILLITAS GRISAS INTERCALADAS CON ARENITAS NEGRAS QUE PRESENTAN CONCRECIONES FERROSAS Y LIMOSAS DE TAMAÑO GULJARRO.

BL008-12: LODOILLITAS NEGRAS CON NIVELES LIMOSOS QUE PRESENTAN CONCRECIONES LODOSSAS Y FERROSAS QUE DEMARCAN NIVELES OXIDADOS.

BL008-11: LODOILLITA NEGRA LIGERAMENTE ARENOSA CON TALCO

BL008-10: ARENITA FINA DE COLOR NEGRO CON NODULOS FERROSOS TAMAÑO GULJO A GUIJARRO.

BL008-9: INTERCALACION DE ARENITAS LODOSSAS NEGRAS CON LIMOILLITAS GRISAS HACIA EL TECHO Y LIMOILLITAS AMARILLAS CON LODOILLITAS GRISAS HACIA LA BASE.

BL008-8: INTERCALACION DE ARENITAS GRISAS LODOSSAS CON ARCILLULITAS FUERTEMENTE METEORIZADAS. DANDO UN COLOR AMARILLO CREMA. SE OBSERVAN CONCRECIONES FERROSAS EN LA PARTE MEDIA DEL ESTRATO.

BL008-7: INTERCALACION DE ARENITAS NEGRAS DE GRAND FINO CON LODOILLITAS NEGRAS. CONCRECIONES HACIA EL TECHO DEL ESTRATO

BL008-6: LODOILLITA NEGRA CON FISILIDAD.

BL008-5: LODOILLITA ARENOSA DE COLOR GRIS.

BL008-4: LODOILLITA ARENOSA DE COLOR GRIS.

BL008-3: LODOILLITA NEGRA FISILIBLE. ALGUNAS CONCRECIONES HACIA EL TECHO DEL ESTRATO

BL008-2: INTERCALACION DE ARENITAS GRISAS CON LIMOILLITAS. SE OBSERVA ESTRATIFICACION PLANA-PARALELA.

LEYENDA GEOLOGICA	
	ARENITAS CON PLACAS DE YESO
	INTERCALACION DE LIMOILLITAS CON ARENITAS
	INTERCALACION DE LODOILLITAS CON ESPESORES DE LODOILLITAS
	LIMOILLITA GRIS
	LODOILLITA NEGRA Y/O GRIS
	CALIZA
	SHALE
	LIMOILLITA RICA EN MATERIA ORGANICA
	ARENITA
	ARCILLULITAS Y/O INTERCALACION DE LODOILLITAS CON ARCILLULITAS LIMOARENITA
	LIMOILLITAS FOLIADAS
	LIMOILLITA CON PLACAS DE YESO ELIPSOIDALES
	CALIZA FOSILIFERA CON FOSILES DE BIVALVOS
	LIMOILLITA LIMAUQUELETICA
	LIMOILLITA FOSILIFERA
	ZONA CUBIERTA
	MUESTRA RECOLECTADA
	FÓSIL DE AMONITE

123,85 mts

30,25 mts

0 mts

UNIVERSIDAD DE CALDAS, PROGRAMA DE GEOLOGIA
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION PAJA

Levantada hacia el suroccidente de la Cuchilla Morro Negro (Antichival de Arcobuco), departamento de Boyacá.

SECCION 3. CARRETERA PRINCIPAL. VIA TUNJA-PEAIE SACHITA. ENTRE EL ALTO DEL ARRAYAN Y LA ENTRADA A LA CARRETERA DESTAPADA DE LAS PINTURAS RUPESTRES QUE CONDUCEN ADEMAS AL CORREGIMIENTO DE CHIQUEZA (DESDE EL WP077 (ESTACION: 0)) AL WP112 (ESTACION: 76). SENTIDO DEL RECORRIDO N-SE

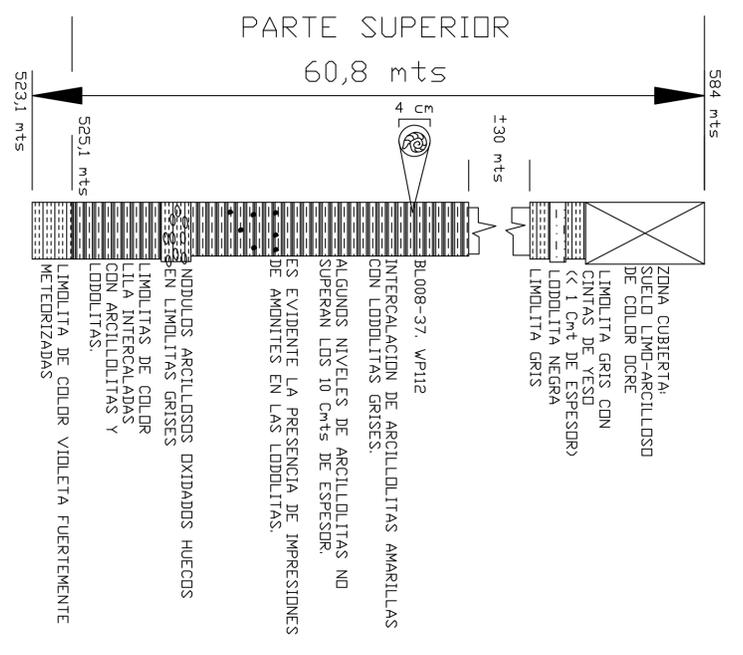
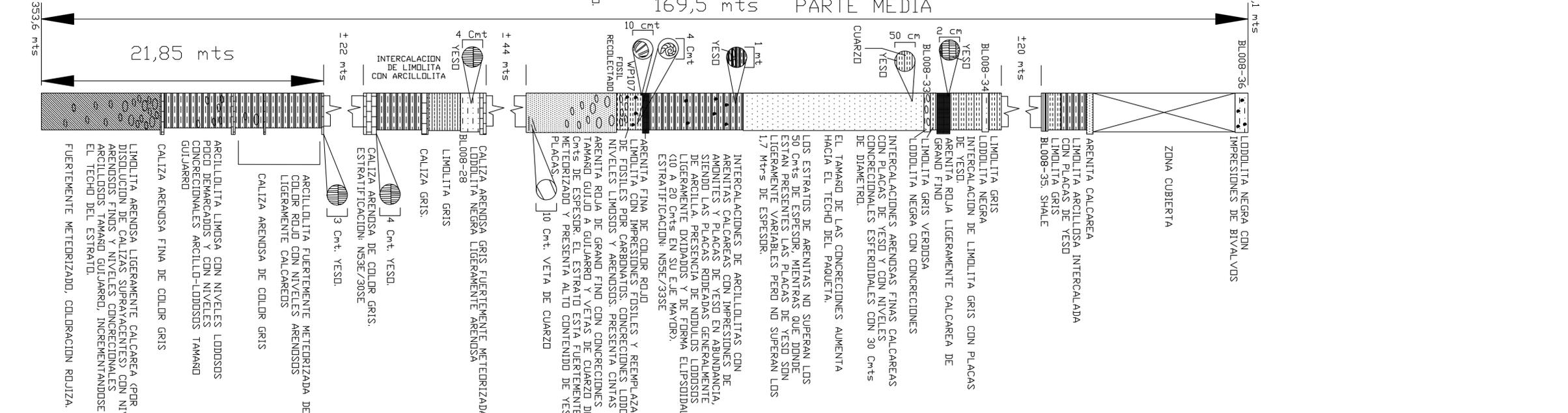
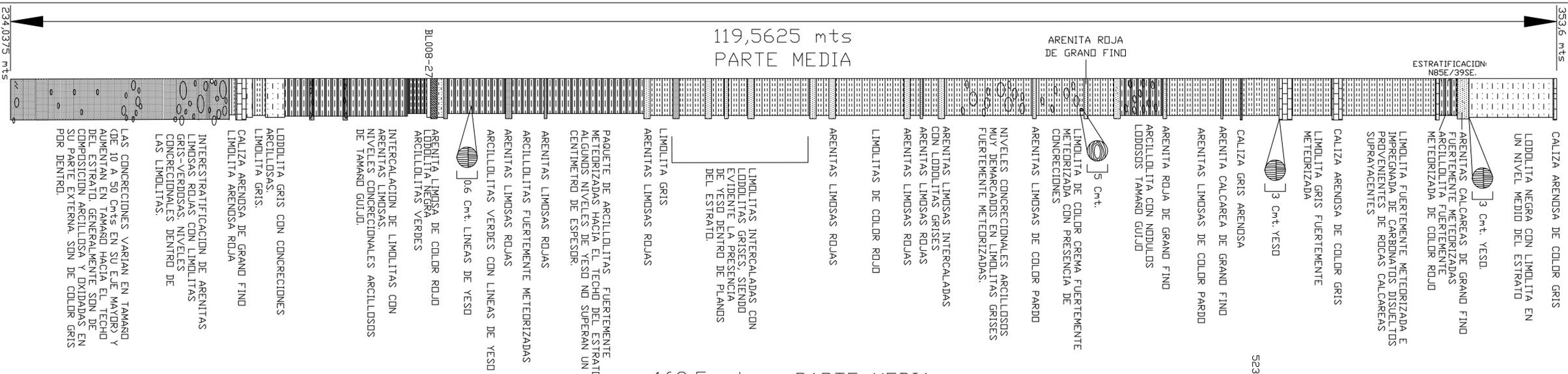
CONVENCIONES: WP037. WAY POINT - cmts. centímetros - mts. metros.

COORDENADAS: Base: x: 1061.929.91300 Y: 1109.752.17200
TPE: x: 1062.294.13500 Y: 1108.644.31700

elaborado por: JOSE EDUARDO VALENCIA E BEATRIZ ELENA GALVIS A
Digitalizado por: JOSE EDUARDO VALENCIA

Escala: 0 2mts 8mts

fecha: Noviembre de 2008



LEYENDA GEOLOGICA

	INTERCALACION DE LIMOLITAS CON ARENITAS
	INTERCALACION DE LODOBITAS CON ESPESORES DE LODOBITAS
	LIMOLITA GRIS
	LODOBITA NEGRA Y/O GRIS
	CALIZA
	SHALE
	ARENITA
	ARCILLOLITAS Y/O INTERCALACION DE LODOBITAS CON ARCILLOLITAS
	LIMONITA
	LIMOLITA CON PLACAS DE YESO
	LIMOLITA CON CONCRECIONES ELIPSOIDALES
	CALIZA FOSILIFERA CON FOSILES DE BIVALVOS
	CALIZA LUNAQUELICA
	LIMOLITA FOSILIFERA
	ZONA CUBIERTA
	FOSIL DE AMONITE

UNIVERSIDAD DE CALDAS, PROGRAMA DE GEOLOGIA
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION PAJA

(levantada hacia el sur/oriente de la Cuchilla Morro Negro (Antichival de Arcobuco), departamento de Boyacá.

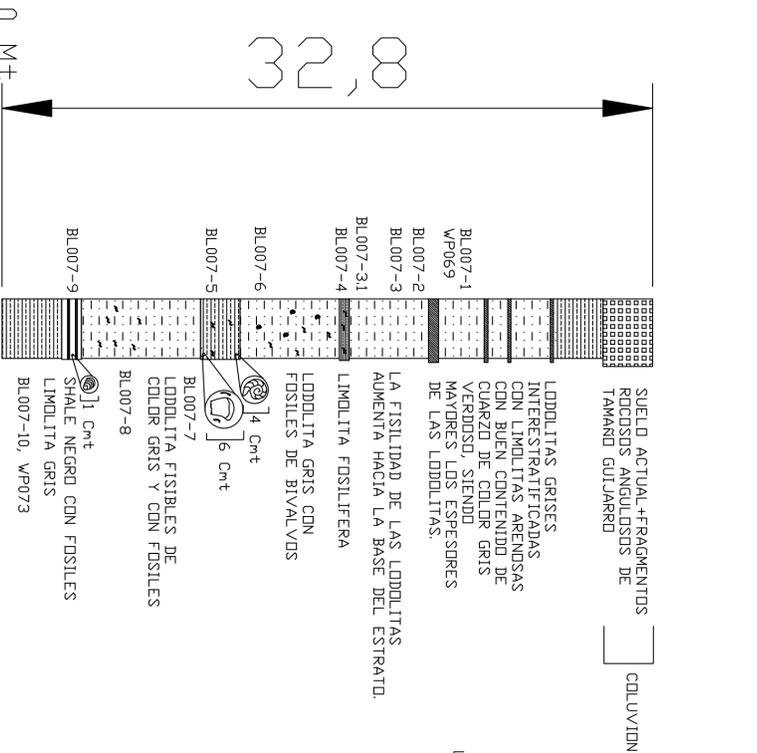
SECCION 3. CARRETERA PRINCIPAL VIA TUNJA-PEAJE SACHITA, ENTRE EL ALTO DEL ARRAYAN Y LA ENTRADA A LA CARRETERA DESTAPADA DE LAS PINTURAS RUPESTRES QUE CONDUCEN ADEMAS AL CORRETIMIENTO DE CHICUIZA (DESDE EL WPO77 (ESTACION: 0) AL WPI12 (ESTACION: 76). SENTIDO DEL RECORRIDO N-SE

CONVENCIONES: WPO37, WAY POINT - cmts: centímetros - mts: metros.

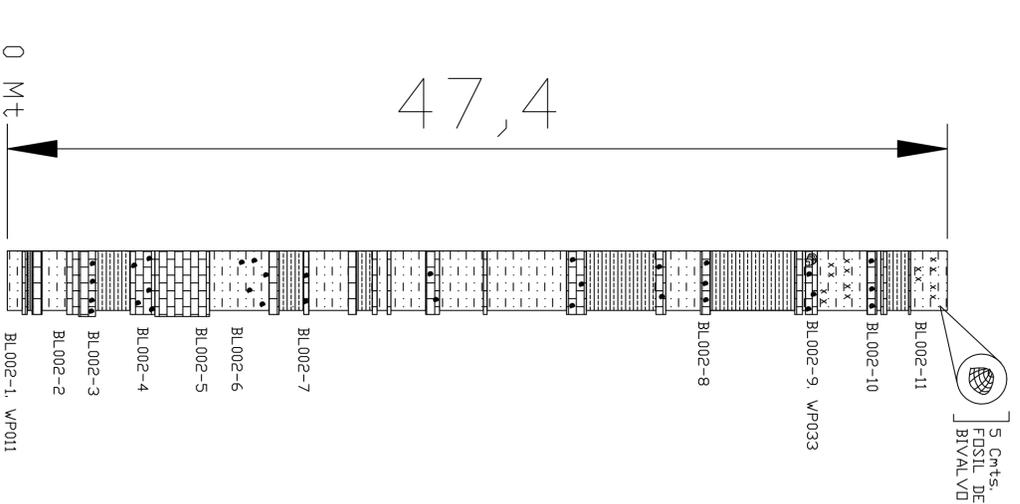
CODIFICACIONES:
 elaborado por: JOSÉ LEONARDO VALENCIA E BEATRIZ ELENA GALVIS A Escala: 0 2mts 8mts

TPE: x: 1062 294,1350 y: 1108 644,3170
 TPE: x: 1061 929 91300 y: 1109 752,17200

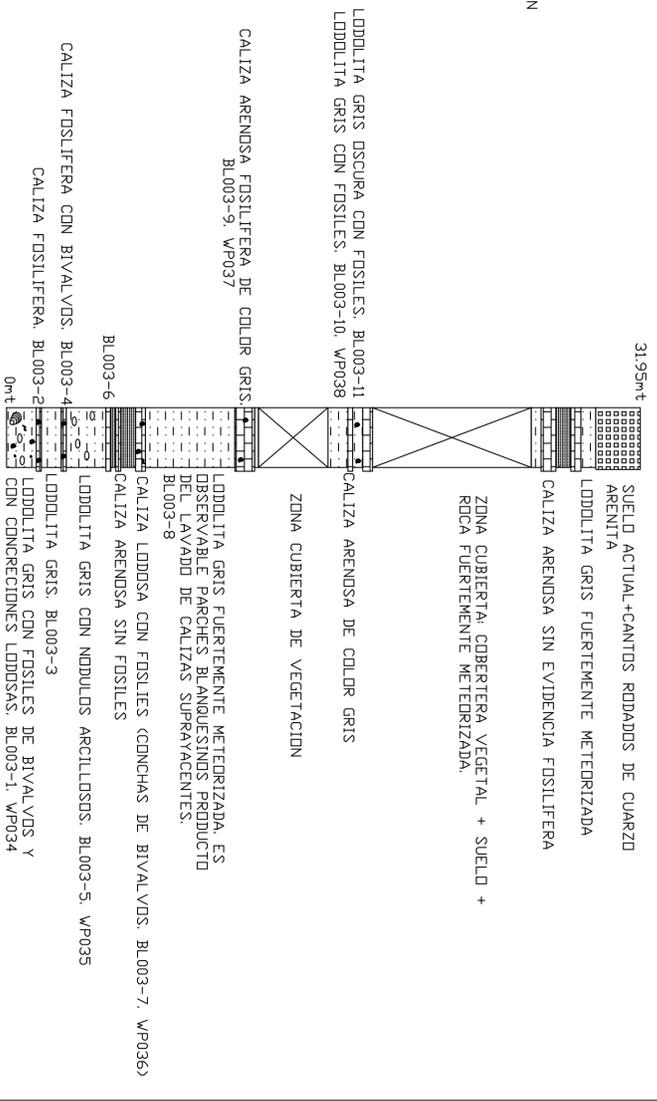
Digitalizado por: JOSÉ LEONARDO VALENCIA
 Fecha: Diciembre de 2008



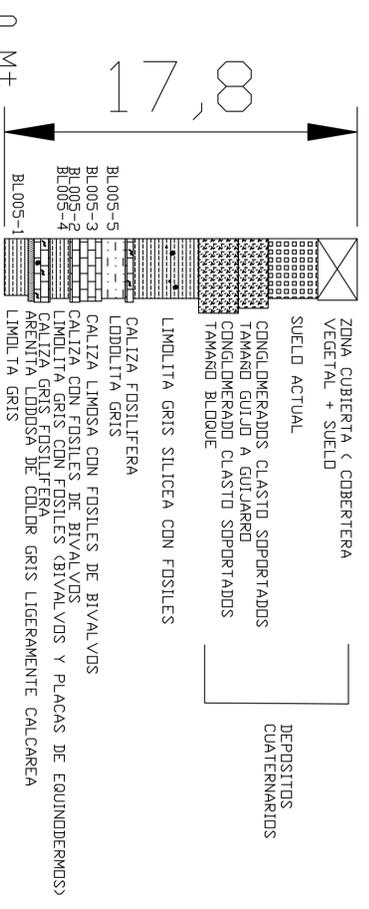
SECCION 6: COLUMNA ESTRATIGRAFICA PARA LA FM RITDOUE SOBRE LA QUEBRADA RITDOUE, AL NOROCCIDENTE DEL CERRO SAN MARCOS, AGUAS ARRIBA. DESDE EL WP069 AL WP074, SENTIDO DEL RECORRIDO: N-SEE



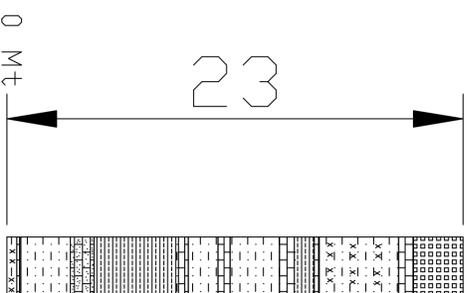
SECCION 1: SECTOR INTERSECCION QUEBRADA NEGRA - QUEBRADA CHIQUIZA, DESDE EL WP025 AL WP027, SENTIDO DEL RECORRIDO: S-NE



SECCION 2: SECTOR CORREGIMIENTO DE CHIQUIZA, FLANCO ORIENTAL DE ANTICLINAL DE ARCABUO, SOBRE LA ODA CHIQUIZA, ENTRE OADAS SDAVITA Y LA COMPUESTA, < DESDE EL WP034 < ESTACION: 0 > AL WP039 < ESTACION: 4 >. SENTIDO DEL RECORRIDO N-SW



SECCION 4: SECTOR RIO SAMACA < AL FRENTE DE LAS PINTURAS RUPESTRES > DESDE EL WP055 AL WP058.



SECTOR MARGEN IZQUIERDA QUEBRADA CHIQUIZA, DESDE EL WP022 AL WP023. NOTA: NO SE RECOLECTARON MUESTRAS.

LEYENDA GEOLOGICA	
	LODDLITA NEGRA Y/O GRIS
	CALIZA
	ARENITA
	LODDLITA FOSILIFERA
	LIMOLITA
	CALIZA FOSILIFERA CON FOSILES DE BIVALVOS
	LODDLITA FOSILIFERA
	ZONA CUBIERTA
	SUELO ACTUAL
	CONGLOMERADOS
	CALIZA LUMAQUELICA
	LODDLITA CON CONCRECIONES ELIPSOIDALES
	LODDLITA FUERTEMENTE DIACLASADA
	CALIZA ARENOSA
	INTERCALACIONES DE LIMOLITAS Y ARENITAS LIMOSAS
	SHALE
	FOSIL DE AMONITE
	MUESTRA RECOLECTADA

UNIVERSIDAD DE CALDAS, PROGRAMA DE GEOLOGIA

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LA FORMACION RITDOUE

Levantadas alrededor de los flancos de la Cuchilla Morro Negro (Anticlinal de Arcabuco), Departamento de Boyacá.

SECCION 1: Intersección Quebrada Chiquiza-La Negra, al oriente de la Cuchilla Morro Negro.
 SECCION 2: Quebrada Chiquiza, entre Quebrada Soavita y La Compuesta, al oriente de la Cuchilla Morro Negro.
 SECCION 4: Río Samacá, al suroriental del cerro San Marcos.
 SECCION 6: Quebrada Ritouque, al Noroccidente del Cerro San Marcos.

CONVENCIONES: WP037: WAY POINT
 cmt: centímetros
 mts: metros.

Elaborado por: JOSE LEDNARDO BEATRIZ ELENA GALVIS A
 Escala: 0 2mts 8mts
 Digitalizado por: JOSE LEDNARDO VALENCIA
 fecha: Septiembre de 2008

ANEXO:

