



CONTRATO N°511 DE 2013

ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE UN CONJUNTO DE PLANCHAS A ESCALA 1:100 000 UBICADAS EN CUATRO BLOQUES DEL TERRITORIO NACIONAL, IDENTIFICADOS POR EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

PLANCHA 173 - TÁMARA

Medellín, junio de 2015





CONTRATO N°511 DE 2013

DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE UN CONJUNTO DE PLANCHAS A ESCALA 1:100 000 UBICADAS EN CUATRO BLOQUES DEL TERRITORIO NACIONAL, IDENTIFICADOS POR EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

PLANCHA 173 - TÁMARA

Elaborado por:

CONSORCIO GSG (GEOMINAS-SERVIMINAS-GEMI)

*Humberto González Iregui. Ingeniero de Geología y Petróleo
Director de Proyecto.*

Jorge Duque Pineda. Ingeniero geólogo

Juan Pablo Rincón. Geólogo

Wilmar Castro Rodríguez. Geólogo

Alejandro Suárez Gómez. Geólogo.

Carolina Peláez Mejía. Geóloga

Wilson Vélez Giraldo. Ingeniero geólogo

Cristina Dávila Bolívar. Ingeniera geóloga

Medellín, junio de 2015

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	18
ABSTRACT	20
INTRODUCCIÓN	22
1 GENERALIDADES.....	23
1.1 LOCALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA	23
1.2 TRABAJOS ANTERIORES	25
1.3 METODOLOGÍA.....	27
1.3.1 Revisión de la información	27
1.3.2 Fotointerpretación.....	27
1.3.3 Socialización del proyecto	29
1.3.4 Trabajo de Campo.....	29
1.3.5 Elaboración del informe	30
1.4 PERSONAL PARTICIPANTE	30
1.5 AGRADECIMIENTOS	31
2 GEOMORFOLOGÍA	32
2.1 AMBIENTE ESTRUCTURAL	32
2.1.1 Estructural Plegado (Sp).....	32
2.1.2 Estructural plegado – fallado (Spf)	34
2.1.3 Estructural plegado denudacional (Spd)	34
2.2 AMBIENTE GLACIAR.....	35
2.2.1 Superficie de erosión glaciar (Gseg).....	35
2.3 AMBIENTE FLUVIAL.....	36
2.3.1 Terraza de acumulación (Fta) y Planicie de inundación (Fpi)	36
3 ESTRATIGRAFÍA	38
3.1 REGIÓN CENTRAL.....	40

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.1.1	Formación Lutitas de Macanal (K₁lm)	41
3.1.1.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	41
3.1.1.2	Litología	41
3.1.1.3	Contactos	46
3.1.1.4	Origen, edad y correlaciones	46
3.1.2	Formación Las Juntas (K₁lj)	46
3.1.2.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	47
3.1.2.2	Litología	47
3.1.2.3	Contactos	52
3.1.2.4	Origen, edad y correlaciones	52
3.1.3	Formación Fόμεque (K₁f)	52
3.1.3.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	53
3.1.3.2	Litología	53
3.1.3.3	Contactos	58
3.1.3.4	Origen, edad y correlaciones	58
3.1.4	Formación Une (K₁u)	59
3.1.4.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	59
3.1.4.2	Litología	60
3.1.4.3	Contactos	65
3.1.4.4	Origen, edad y correlaciones	65
3.1.5	Serie Las Juntas – Une (K₁sju)	65
3.1.5.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	66
3.1.5.2	Litología	66
3.1.5.3	Contactos	69
3.1.5.4	Origen, edad y correlaciones	69
3.1.6	Formación Chipaque (K₂ch)	70
3.1.6.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	70
3.1.6.2	Litología	71
3.1.6.3	Contactos	77
3.1.6.4	Origen, edad y correlaciones	78
3.2	REGIÓN OESTE - SUR	79
3.2.1	Formación Lidita Dura (K₂ld), Formación Plaeners (K₂p), Formación Arenisca Tierna (K₂at) – (Grupo Guadalupe)	79
3.2.1.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	79

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.2.1.2	Litología	79
3.2.1.3	Contactos.....	84
3.2.1.4	Origen, edad y correlaciones.....	84
3.2.2	Formación Guaduas (K₂E_{1g}).....	85
3.2.2.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	85
3.2.2.2	Litología	85
3.2.2.3	Contactos.....	86
3.2.2.4	Origen, edad y correlaciones.....	86
3.2.3	Formación Areniscas de Socha (E_{1ars}).....	86
3.2.3.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	86
3.2.3.2	Litología	86
3.2.3.3	Contactos.....	86
3.2.3.4	Origen, edad y correlaciones.....	87
3.3	REGION OESTE - NORTE	88
3.3.1	Formación La Luna (K_{2l}).....	88
3.3.1.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	88
3.3.1.2	Litología	88
3.3.1.3	Contactos.....	88
3.3.1.4	Origen, edad y correlaciones.....	89
3.3.2	Formación Los Pinos (K_{2lp})	89
3.3.2.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	89
3.3.2.2	Litología	89
3.3.2.3	Origen, edad y correlaciones.....	89
3.3.3	Formación Arenisca Tierna (K_{2at})	89
3.3.3.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	90
3.3.3.2	Litología	90
3.3.3.3	Contactos.....	90
3.3.3.4	Origen, edad y correlaciones.....	90
3.3.4	Formación Guaduas (K₂E_{1g}).....	90
3.3.4.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica.....	90
3.3.4.2	Litología	90
3.3.4.3	Contactos.....	92
3.3.4.4	Origen, edad y correlaciones.....	92
3.3.5	Formación Areniscas de Socha (E_{1ars})	92

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.4	REGIÓN ESTE.....	92
3.4.1	Intervalo Arenoso Indiferenciado Campaniano - Paleoceno (K₂E_{1p}) (Grupo Palmichal).....	92
3.4.1.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	92
3.4.1.2	Litología.....	94
3.4.1.3	Contactos	95
3.4.1.4	Origen, edad y correlaciones	95
3.4.2	Formación Arcillas del Limbo (E_{1al}).....	96
3.4.2.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	96
3.4.2.2	Litología.....	96
3.4.2.3	Contactos	96
3.4.2.4	Origen, edad y correlaciones	96
3.4.3	Formación Areniscas del Limbo (E_{2arl}).....	97
3.4.3.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	97
3.4.3.2	Litología.....	97
3.4.3.3	Contactos	97
3.4.3.4	Origen, edad y correlaciones	97
3.4.4	Formación San Fernando (E_{2E3sf}).....	99
3.4.4.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	99
3.4.4.2	Litología.....	99
3.4.4.3	Contactos	102
3.4.4.4	Origen, edad y correlaciones	102
3.4.5	Formación Diablo (N_{1d})	103
3.4.5.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	103
3.4.5.2	Litología.....	104
3.4.5.3	Contactos	106
3.4.5.4	Origen, edad y correlaciones	107
3.4.6	Formación Caja (N_{1c}).....	108
3.4.6.1	Distribución geográfica y expresión geomorfológica	108
3.4.6.2	Litología.....	109
3.4.6.3	Contactos	111
3.4.6.4	Origen, edad y correlaciones	111
3.5	DEPÓSITOS CUATERNARIOS	111
3.5.1	Depósitos aluviales antiguos (Q_{1al}).....	112

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.5.2	Depósitos fluvioglaciares (Q1fg).....	113
3.5.3	Depósitos aluviales recientes (Q _{2a} l)	113
4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	115
4.1	REGIÓN ANTICLINORIO DE PAYA.....	115
4.1.1	Sinclinal Cardón	116
4.1.2	Anticlinal El Carmen.....	117
4.1.3	Anticlinal La Horqueta	117
4.1.4	Anticlinal y Sinclinal de Tobasica	117
4.1.5	Sinclinal El Crisol	117
4.1.6	Sinclinal del Río Sunce	117
4.1.7	Anticlinal El Crisol	117
4.1.8	Sinclinal del Desespero	118
4.1.9	Anticlinal de Paya	118
4.1.10	Sinclinal de Paya	118
4.1.11	Anticlinal Villa Leiva.....	118
4.1.12	Sinclinal San Francisco	118
4.1.13	Anticlinal Cascajal	119
4.1.14	Anticlinal Quebrada Grande – Sinclinal San Cayetano.....	119
4.1.15	Anticlinal Las Delicias.....	119
4.1.16	Sinclinal Nunchía	119
4.2	FALLAS.....	119
4.2.1	Falla Laguna Limpia.....	119
4.2.2	Falla Santuario.....	120
4.2.3	Falla La Palma	120
4.2.4	Falla San Agustín.....	120
4.2.5	Falla de Paya.....	120
4.2.6	Falla Ilusión	120
4.2.7	Falla Catatumbo	121
4.2.8	Falla Colorada.....	121
4.2.9	Falla Puerto Nuevo	121
4.2.10	Falla Monterosa.....	121
4.2.11	Falla Guaicáramo	121
4.2.12	Falla Miraflores.....	121
4.2.13	Falla Alirios.....	122

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

4.2.14	Falla Lava	122
4.2.15	Falla de Sacama	122
4.2.16	Falla La Fragua	122
4.3	NEOTECTÓNICA.....	122
5	GEOLOGÍA ECONÓMICA	123
5.1	RECURSOS ENERGÉTICOS	123
5.1.1	Hidrocarburos	123
5.1.2	Carbón	126
5.2	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	128
6	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	130
7	SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO	132
8	CONCLUSIONES	134
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización, división política y vías principales en el área de la Plancha 173 – Támara.	24
Figura 2. Mapa de líneas de vuelo de fotografías aéreas de la Plancha 173 – Támara. .	28
Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas de la Plancha 173 – Támara.	33
Figura 4. Columna estratigráfica generalizada de la región Central de la Plancha 173 - Támara (tomada y simplificada del cuadrángulo K-12, Ulloa & Rodríguez, 1976).	40
Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la Formación Lutitas de Macanal (Kilm) observada en la quebrada Matadita.	42
Figura 6. Columnas estratigráficas de la Formación de Las Juntas en el cuadrángulo K-12 y en la Plancha 173 - Támara.	49
Figura 7. Columnas estratigráficas de la Formación Fómeque en los anticlinales de El Carmen y de Paya.	56
Figura 8. Columna estratigráfica de la Formación Une en la quebrada La Vega (F3, F4).	61
Figura 9. Columna estratigráfica de la Serie Las Juntas-Une, levantada en el flanco oriental del anticlinal de Paya.	67
Figura 10. Columna estratigráfica de la Formación Chipaque.....	71
Figura 11. Columna estratigráfica de las unidades Chipaque-Guadalupe-Guaduas y Arenisca de Socha, en el flanco oriental del sinclinal del Desespero, (D3).	87
Figura 12. Columna estratigráfica de las formaciones La Luna-Los Pinos-Arenisca Tierna-Guaduas, levantada en la parte noroccidental de la Plancha 173 - Támara (A3).	91
Figura 13. Columna estratigráfica generalizada de la región del Borde Llanero, Cordillera Oriental de Colombia (modificada de Ulloa & Rodríguez, 1979).	94
Figura 14. Columna estratigráfica compuesta-generalizada observada entre Támara y el río Pauto (G9-H9).....	109

Figura 15. Esquema estructural de la Plancha 173 – Támara. 116

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Morfología de la unidad Estructural plegado (Sp), vereda Pancotá, municipio de Pisba. Estación JDR-0087, 1 124 801 m.N y 837 140 m.E.....	34
Fotografía 2. Morfología de la unidad de estructural plegado denudado (Spd), vereda Sabaneta, municipio de Paya. Estación WCR-0043, 1 120 638 m.N y 860 950 m.E.	35
Fotografía 3. Unidad Superficies de erosión glaciár (Gseg), con la presencia de lago glaciár. Sector El Cardón, estación WCR-0001, 1 155 543 m.N y 837 453 m.E. 36	36
Fotografía 4. Terraza de acumulación (Fta) en la margen sur del río Pauto, vista desde la estación WCR-0038, 1 144 493 m.N y 857 093 m.E.	37
Fotografía 5. Lutitas carbonosas sobre areniscas cuarzosas de la Formación Lutitas de Macanal en la quebrada La Laja. Estación WCR-0038, 1 144 493 m.N y 857 093 m.E.	43
Fotografía 6. Lodolita con láminas de limolitas y cuarzoarenita, Formación Lutitas de Macanal.	44
Fotografía 7. Arcillolita rica en materia orgánica, Formación Lutitas de Macanal.	45
Fotografía 8. Cuarzoarenita, Formación Lutitas de Macanal, Muestra CPM-0078-R-A..	46
Fotografía 9. Afloramiento de areniscas de grano fino de la Formación Las Juntas con geometría externa tabular. Quebrada La Colorada, estación JDR-0024, 1 159 192 m.N y 876 516 m.E.....	48
Fotografía 10. Afloramiento de arcillolitas de la Formación Las Juntas en la quebrada Minas. Estación LTF-0014, 1 149 674 m.N y 855 700 m.E.....	48
Fotografía 11. Cuarzoarenita Formación Las Juntas, muestra DMA-0057-R-B. Se observan opacos (op) circón (Zr) y cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.....	50
Fotografía 12. Ortoconglomerado oligomíctico, Formación Las Juntas, muestra JDR-0022-R. Se observan cuarzo monocristalino (Qtzm), policristalino (Qtzp) y moscovita (Ms). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.....	50

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- Fotografía 13.** Lodolita, Formación Las Juntas muestra DMP-0008-R. Se observan cuarzo (Qtz) y moscovita (Ms) en matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados..... 51
- Fotografía 14.** Morrenas y pequeños lagos glaciares formados por el movimiento de casquetes de hielo sobre rocas de la Formación Fómeque. Sector Villa del Carmen – Peña Macetas, estación JDJ-0017 1 150 407 m.N y 837 907 m.E. ... 53
- Fotografía 15.** Afloramiento de areniscas y lodolitas de la Formación Fómeque, sector Loma Brava, vereda San Luis, municipio de Pisba. Estación DMA-0056, 1 121 029 m.N y 846 223 m.E. 54
- Fotografía 16.** a) Laminación ondulada b) nódulos y vetillas de carbonato en areniscas finas de la Formación Fómeque. Estación KBM-0019 (a), 1 151 688 m.N y 845 480 m.E y JDJ-0016 (b) 1 151 867 m.N y 843 860 m.E. 55
- Fotografía 17.** Areniscas y lodolitas con sulfosales, Formación Fómeque. Quebrada Enmedio. Estación KBM-0018, 1 151 687 m.N y 845 480 m.E..... 55
- Fotografía 18.** Cuarzoarenita, Formación Fómeque, muestra DMA-0056-R. Se observa laminación conformada por óxidos de hierro (Hem) y moscovita (Ms) y granos de cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados. 57
- Fotografía 19.** Cuarzoarenita carbonatada, Formación Fómeque, muestra JDJ-0016-R-C. Se observan granos orientados de calcita (Cal) y de cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) nícoles cruzados. 58
- Fotografía 20.** Montaña escarpada de la Formación Une (K_{1u}), vereda Eccehomo, hacia la base se observa la Formación Chipaque (K_{2ch}). Vista desde la estación KBM-0030, 1 128 707 m.N y 877 481 m.E. 60
- Fotografía 21.** Capas gruesas de areniscas cuarzosas, camino de la vereda El Cardón. Estación JDJ-0019, 1 154 732 m.N y 842 437 m.E..... 62
- Fotografía 22.** Afloramiento de areniscas en estratos tabulares en la quebrada El Guamal. Estación JDJ-0021, 1 153 200 m.N y 841 527 m.E. 62
- Fotografía 23.** Cuarzoarenita con bioclastos, Formación Une, muestra JDJ-0069-R..... 63
- Fotografía 24.** Sublitoarenita, Formación Une, muestra JDJ-0068-R. Se observan fragmentos líticos (Fr) y granos de cuarzo (Qtz) matriz arcillosa parda con algo de cemento silíceo (Csl). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados. 64
- Fotografía 25.** Limolita, Formación Une, muestra CPM-0019-R Se observan foraminíferos (Fo) y calcita (Cal) sobre cemento ferruginoso (Cf). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados..... 64
- Fotografía 26.** Lodolita con láminas de limolitas y cuarzoarenita, Serie Las Juntas-Une. 68

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Fotografía 27. Arcillolita rica en materia orgánica, Serie Las Juntas-Une.....	69
Fotografía 28. Morfología asociada a la Formación Chipaque. Estación JDJ-0002, 1 157 552 m.N y 839 600 m.E. Cuadrícula B1.....	70
Fotografía 29. Afloramiento de areniscas suprayaciendo lodolitas gris oscuras bioturbadas en el sector de El Cardón, Chita. Estación HLM-0003, 1 159 344 m.N y 839 672 m.E.....	72
Fotografía 30. Estrato con fósiles de moluscos en lutitas marrón entre lodolitas negras, b) Detalle de los moluscos. Vía Socha-Sácama, estación HLM-0002, 1 159 747 m.N y 841 805 m.E.....	73
Fotografía 31. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra JDR-0081-R-A. Se observan granos de cuarzo (Qtz) monocristalino, zircón (Zrn), turmalina (Tur) y limonita (Lm). (Op) Opacos. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.	74
Fotografía 32. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra WCR-0003-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) en láminas plano paralelas y láminas <i>negras</i> de material arcilloso con materia orgánica (Mo). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.	75
Fotografía 33. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra JDJ-0071-R-B en la que se observan glauconita (Gl) y cuarzo (Qtz). (Op) Opacos. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.	75
Fotografía 34. Arcillolita carbonosa, Formación Chipaque, muestra JDJ-0002-R.....	76
Fotografía 35. Limolita ferruginosa, Formación Chipaque. Muestra WCR-0024-R-B.	76
Fotografía 36. Lodolita, Formación Chipaque. Muestra HLM-0031-R-B.....	77
Fotografía 37. Biomicrita, Formación Chipaque, muestra DMA-0049-R-B. Se observa fósiles (Fo) en matriz micrítica (Mic). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.	78
Fotografía 38. Expresión geomorfológica de escarpes de ángulo alto de la Formación Arenisca Tierna (K2at). Quebrada La Buitrera, vista desde cercanías de la estación LTF-0007, 1 144 041 m.N y 850 802 m.E.....	80
Fotografía 39. Afloramiento en el que se observan intercalaciones de estratos delgados de arenisca, arcillolitas y mantos carbonosos del Grupo Guadalupe. Quebrada La Buitrera, estación LTF-007, 1 144 051 m.N y 850 803 m.E.....	81
Fotografía 40. Arcillolita Arenosa, Grupo Guadalupe, muestra LTF-0009-R.....	82
Fotografía 41. Bioesparita, Grupo Guadalupe, muestra JDJ-0006-R.	83
Fotografía 42. Cuarzoarenita, Grupo Guadalupe, muestra DMP-0017-R-B.....	83

Fotografía 43. Limolita, Grupo Guadalupe, muestra DMP-0021-R.....	84
Fotografía 44. Lodolitas débilmente meteorizadas del Intervalo Arenoso Indiferenciado Campaniano – Paleoceno, en la margen derecha del río Nunchía. Estación DMA-0063, 1 120 550.m.N y 870 639.m.E.....	94
Fotografía 45. Arcillolita laminada, Intervalo Arenoso Indiferenciado. Muestra DMA-0063-R. Se diferencia laminación planaparela marcada por cambios en el color de las arcillas. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.....	95
Fotografía 46. Areniscas de grano fino intercaladas con pequeñas capas de lodolitas de color gris, de la Formación Areniscas del Limbo. Estación ASG-0032, 1 121 847 m.N y 870 097 m.E.	98
Fotografía 47. Detalle de rodado de arenisca conglomerática en la que resaltan clastos de cuarzo en matriz de grano medio a fino. Estación CPM-0088, 1 120 109 m.N y 869 074 m.E.	98
Fotografía 48. Arenisca cuarzosa con láminas de materia orgánica. Muestra CPM-0026-R-D. Estación CPM-0026, 1 133 229 m.N y 877 829 m.E.	100
Fotografía 49. Intercalación de areniscas y lodolitas de la Formación San Fernando. Camino Támara – San Pedro, estación KBM-0027, 1 131 137 m.N y 878 909 m.E.....	100
Fotografía 50. Cuarzoarenita, Formación San Fernando, muestra KBM-0027-R. Se observan granos de tamaño arena fina de cuarzo (Qtz) y líticos de rocas sedimentarias (Ls). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.....	101
Fotografía 51. Lodolita cuarzosa. Formación San Fernando, muestra JDJ-0027-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz), opacos y óxidos predominantemente. a), Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.	102
Fotografía 52. Muestra KBM-0037-R-A, con presencia de palinomorfos <i>Cicatricosisporites aff. Dorogensis</i>	103
Fotografía 53. Morfología de cuevas y pequeños valles de la Formación Diablo. Vista desde la estación WCR-0017, 1 121 656 m.N y 873 028 m.E.	104
Fotografía 54. Intercalación de lodolitas grises con areniscas de color claro y laminación plana paralela en afloramiento de la estación HLM-0025, 1 134 038 m.N y 875 729 m.E.....	105
Fotografía 55. Limolita, Formación Diablo, muestra HLM-0026-R-B. Granos de cuarzo (Qtz) tamaño limo en matriz arcillosa (M). A) Nícoles paralelos, B) Nícoles cruzados.	106
Fotografía 56. Expresión geomorfológica de la Formación Caja.	108

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- Fotografía 57.** Arenisca meteorizada, teñida de óxidos de hierro, Formación Caja. Vereda Tamuría, estación CPM-0068, 1 120 508 m.N y 876 646 m.E..... 110
- Fotografía 58.** Cuarzoarenita, Formación Caja, muestra KBM-0041-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) y de líticos de rocas sedimentarias (Ls). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados. 111
- Fotografía 59.** Geomorfología de terrazas asociadas a depósitos aluviales antiguos. . 112
- Fotografía 60.** Depósito aluvial antiguo con morfología de terraza, detalle de la disposición horizontal y paralela de los fragmentos de bloques, gravas y cantos. Estación JDJ-0004, 1 145 580 m.N y 851 464 m.E. 113
- Fotografía 61.** Morfología en barras laterales longitudinales, fragmentos rocosos en superficie vistos en la vía Monserrate – La Florita, cercanías de la estación LTF-0014, 1 149 674 m.N y 855 701 m.E..... 114
- Fotografía 62.** Palinomorfos encontrados en la muestra HLM-0015-R-A; 2) *Alnus* spp.; 4) *Asteraceae*; 5) *Polypodiaceae*; 3) *Carophylliaceae*; 8) *Hedyosmum* spp.; 9) *Poaceae*..... 114
- Fotografía 63.** Interestratificación de lutitas, areniscas y carbón de la Formación Guaduas en el lecho de la quebrada Las Lajas. Estación LTF-0002, 1 145 441 m.N y 850 595 m.E..... 126
- Fotografía 64.** Manto de carbón en lodolitas de la Formación Guaduas, con rumbo NS, buzando 66° E. Estación DMP-0025, 1 149 401 m.N y 849 733 m.E. 127
- Fotografía 65.** Manto de carbón intercalado en areniscas de grano muy fino de la Formación San Fernando, en la vereda Santa Helena, Estación HLM-0022, 1 133 948 m.N y 875 670 m.E..... 127
- Fotografía 66.** Materiales de arrastre en la ribera del río Pauto en el sector de Las Brisas, Támara. Panorámica tomada desde la estación HLM-0030, 1 138 026 m.N y 874 991 m.E..... 128
- Fotografía 67.** Arcillas rojizas de la Formación Caja en la vereda Tamuría de Támara. Estación RAR-0089, 1 120 563 m.N y 877 836 m.E. 129
- Fotografía 68.** Afloramientos de la secuencia cretácica a lo largo de la quebrada Las Lajas. a) Estación CPM-0009, 1 145 378 m.N y 849 583 m.E; b) y c) Estación LTF-0002, 1 145 440 m.N y 850 593 m.E. 133

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Localización de la Plancha 173 – Támara. Sistema de referencia Magna Colombia, origen Este.	23
Tabla 2. Listado de fotografías aéreas en la Plancha 173 – Támara.	28
Tabla 3. Análisis realizados en la Plancha 173 – Támara.	30
Tabla 4. Correlación de nomenclatura, Plancha 173 – Támara.	39
Tabla 5. Resultados palinológicos y micropaleontológicos de la Formación Chipaque.	78
Tabla 6. Resultados de palinología para la Formación Diablo – Plancha 173 – Támara.	107
Tabla 7. Resultados de TOC, pirólisis y reflectancia de vitrinita de muestras de la Plancha 173 - Támara.	123
Tabla 8. Interpretación de resultados por formación.	125

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Inventario de recopilación bibliográfica

Anexo B. Informe de socialización

Anexo C. Libretas de campo

Anexo D. Libreta digital

Anexo E. Mapa de estaciones a escala 1: 100 000

Anexo F. Listado de muestras

Anexo G. Mapa de muestras a escala 1:100 000

Anexo H. Columnas estratigráficas

Anexo I. Mapa de muestras con secciones delgadas a escala 1:100 000

Anexo J. Mapa de muestras con paleontología y palinología escala 1:100 000

Anexo K. Mapa de muestras con TOC a escala 1:100 000

Anexo L. Reporte de análisis de laboratorio

Anexo M. Mapa geológico a escala 1:100 000

Anexo N. Mapa geológico y estaciones a escala 1:100 000

RESUMEN

La Plancha 173 - Támara está ubicada en la parte oriental de la Cordillera Oriental de Colombia y el Borde Llanero. Presenta alturas entre 3.800 y 700 msnm. Hace parte de los departamentos de Casanare y Boyacá.

Geomorfológicamente se distinguieron unidades de ambiente estructural como estructural - plegado fallado, plegado y plegado denudacional, unidades de ambiente glacial como superficies de erosión glacial, y unidades de ambiente fluvial como terrazas de acumulación y planicies de inundación.

Estratigráficamente, la plancha se subdividió en las regiones central este, Oeste norte, oeste sur y este. En la región central este, se distinguieron las unidades Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une y Chipaque; en la región Oeste norte, las unidades La Luna, Los Pinos, Arenisca Tierna, Guaduas y Arenisca de Socha. En la región oeste sur, las formaciones Lidita Dura, Guaduas y Arenisca de Socha. En la región este, las unidades, Intervalo arenoso indiferenciado, Arcillas del Limbo, Arenisca del Limbo, San Fernando, Diablo y Caja.

Tectónicamente, el área corresponde a un gran anticlinorio, cuya región occidental se caracteriza por presentar estructuras de gran extensión, limitadas por fallas inversas, inclinadas hacia el occidente y hacia el oriente. Las estructuras más representativas corresponden al anticlinal del Carmen, anticlinal La Horqueta, anticlinal El Crisol y sinclinal del Desespero. El flanco occidental del anticlinorio se caracteriza por presentar pliegues amplios y de gran extensión como el sinclinal de Paya, el anticlinal de Villa de Leiva, sinclinal San Fernando y anticlinal Quebrada Grande. El anticlinorio se encuentra limitado al oriente por la falla de Guaicáramo que pone en contacto rocas del Cretáceo con rocas del Paleógeno, Neógeno. El área sur oriental se caracteriza por presentar fallas inversas, buzando hacia el occidente y fuera del área de estudio se entrelazan con la falla de Guaicáramo.

En las áreas cercanas a la plancha, durante el Berriasiano al Cenomaniano inferior, que correspondía a un gran miogeosinclinal, se depositaron sedimentos litorales a deltaicos y debido a leves levantamientos y hundimientos de la cuenca, se depositaron limolitas y arenitas de cuarzo. A finales del Cretáceo, la cuenca se colmato, sufrió movimientos compresionales que subdividieron la cuenca y en el área del Borde Llanero se depositaron sedimentos continentales a litorales. Durante el Neógeno, debió de ocurrir

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

el levantamiento, plegamiento y ruptura de grandes bloques de la Cordillera oriental, con desplazamientos hacia el occidente, lo cual quedó evidenciado por fallas inversas y de cabalgamiento, como la de Guaicáramo y varias asociadas a esta y durante el Pleistoceno debió ocurrir el último movimiento compresivo de la Orogenia Andina que se pudo evidenciar por el plegamiento de las sedimentitas de la Formación La Corneta.

Los principales recursos del área corresponden a recursos energéticos tales como petróleo, gas y carbón. En la parte sur oriental de la plancha se han efectuado varios estudios sísmicos y los resultados de TOC y vitrinita indicaron rendimientos de S1, S2 extremadamente bajos y los valores altos del TOC entre 0,1% y 10,82%, indican buenos contenidos de materia orgánica. Sin embargo, las condiciones de génesis no fueron las más adecuadas. En el área de Socotá, se observaron mantos de carbón vitrinitico entre 0,15 y 3 m de espesor. También se encontraron materiales industriales como gravas, arenas y arcillas.

ABSTRACT

The 173 Map - Támara is located at Eastern part of Cordillera Oriental de Colombia and Llanos foothills (Colombia). Topography rise elevations between 3800m and 700m above sea level and is part of Casanare and Boyaca provinces.

Three morphogenetic environments were differentiated: first one of structural affinity strongly folded and faulted; the second glacial environment with glacial erosion surfaces unit; and the third fluvial genesis formed by aggradation terrace and floodplain units.

Based on lithostratigraphic record, the map area was divided in central – east, north – west, south - west and east regions. In the central – east region outcrop Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une and Chipaque formations; at north – west region La Luna, Los Pinos, Arenisca Tierna, Guaduas y Arenisca de Socha units are exposed. At south - west region Guadalupe, Lidita, Dura, Plaeners, Tierna, Guaduas and Arenisca de Socha formations are exposed. At east region Sandy Undifferentiated Level, Arcillolitas del Limbo, Arenisca del Limbo, San Fernando, Diablo and Caja units are exposed.

Mapping area comprises a wide anticlinory, which its western – central zone is characterized by wide extension structures, restricted by west and east dipping reverse faults. Main structures are Del Carmen, La Horqueta and el Crisol anticlines, and El Desespero syncline. Western anticlinory flank shows wide folds as: Paya, San Fernando and San Cayetano synclines, Villa de Leiva and Quebrada Grande anticlines. The anticlinory is limited at east by Guaicaramo Fault that superposes cretaceous rocks with Paleogene and Neogene rocks. Southeastern area is characterized by reverse faults, dipping toward west and out of the map area these faults are conjugated with Guaicaramo Fault.

Neighboring the Map Area, during Berriasian to lower Cenomanian, was developed a large miogeosyncline in which deltaic and littoral sediments were deposited due to slight uplifts and subsidences, recorded in siltstones and quartz sandstones. At the end of Cretaceous the basin was silted and affected by compressional stresses that divide the basin, in the Llanos foothills were deposited continental and littoral sediments. During Neogene the uplifting, folding and rupture of huge blocks of Cordillera Oriental, with west displacement, this event has been recorded in reverse and thrust faults as Guaicaramo and its conjugates. Probably in the Pleistocene another phase of Andean

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Orogeny generated a compressive movement showed by folded rocks of La Corneta Formation.

Main area resources correspond to oil, gas and coal. At south area many seismic programs and sample collection for chemical and petrographic analysis was developed. As a result TOC and vitrinite indicate very low efficiency of S1 and S2, TOC values between 0,1% and 10,82% indicates high organic matter content. However the genetic conditions were not the best. Near Socota area, vitrinitic coal layers between 0,15 m to 3 m thick were observed. Also industrial and building materials as gravels, sands and clays present a good potential.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la naturaleza, distribución y potencial económico de los recursos naturales en el territorio colombiano, es fundamental para el planeamiento estratégico del desarrollo de la nación. Las unidades geológicas y los recursos minero-energéticos asociados a las mismas, se incluyen en esta categoría y su caracterización es necesaria, ya que con base en esta información se estructuran obras civiles de importancia nacional, se disponen los planes de ordenamiento territorial de cada municipio y se otorgan los contratos de concesión para la exploración y explotación de recursos minero-energéticos del país, entre otras aplicaciones.

Consciente de esta necesidad y como parte de su función, el Servicio Geológico Colombiano -SGC-, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, otorgó al Consorcio GSG, integrado por las empresas Geominas S.A., Serviminas S.A.S. y Gemi S.A.S., mediante el contrato No. 511 de 2013, el proyecto *“Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional”*, con el objetivo de realizar a escala 1:100 000 el levantamiento de la información geológica, estratigráfica, estructural, paleontológica, petrográfica y geocronológica de dichos bloques.

En la presente memoria explicativa se describen las principales características geológicas de la Plancha 173 – Támara – Bloque 3, identificadas tanto en recorridos de campo como a partir del análisis de imágenes de sensores remotos y de la información previamente generada por otros profesionales de las geociencias. La información presentada para algunos sectores que no pudieron ser evaluados directamente en campo ha sido interpretada a partir de los datos más cercanos y de fotografías aéreas y/o imágenes satelitales.

El mapa geológico a escala 1:100 000 que acompaña a esta memoria presenta gráficamente la información generada en los trabajos de campo y análisis de sensores remotos.

1 GENERALIDADES

La Plancha 173 – Támara está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Oriental y Piedemonte Llanero, localizada en la zona este del país entre los departamentos de Boyacá y Casanare (Figura 1).

Este capítulo presenta algunos aspectos referentes a la localización e infraestructura, trabajos anteriores, método de trabajo, personal participante y agradecimientos a las personas y entidades que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

1.1 LOCALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA

La plancha cubre áreas de los municipios de Támara (37 %), Sácama (4 %) y Nunchía (2 %) en el departamento de Casanare y Socotá (19 %), Pisba (14 %), Paya (12 %), Chita (11 %) y Labranzagrande (1 %) en el departamento de Boyacá.

Tiene una extensión de 1800 km² y está limitada por las coordenadas planas con Datum Magna-Sirgas origen Este, usando proyección Conforme de Gauss que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Localización de la Plancha 173 – Támara. Sistema de referencia Magna Colombia, origen Este.

Punto	Norte (m.N)	Latitud	Este (m.E)	Longitud
A	1 160 000	6° 02' 27,68"N	835 000	72° 34' 4,02" W
B	1 160 000	6° 02' 31,15"N	880 000	72° 09' 41,05" W
C	1 120 000	5° 40' 49,22"N	880 000	72° 09' 38,54" W
D	1 120 000	5° 40' 45,97"N	835 000	72° 34' 0,57" W

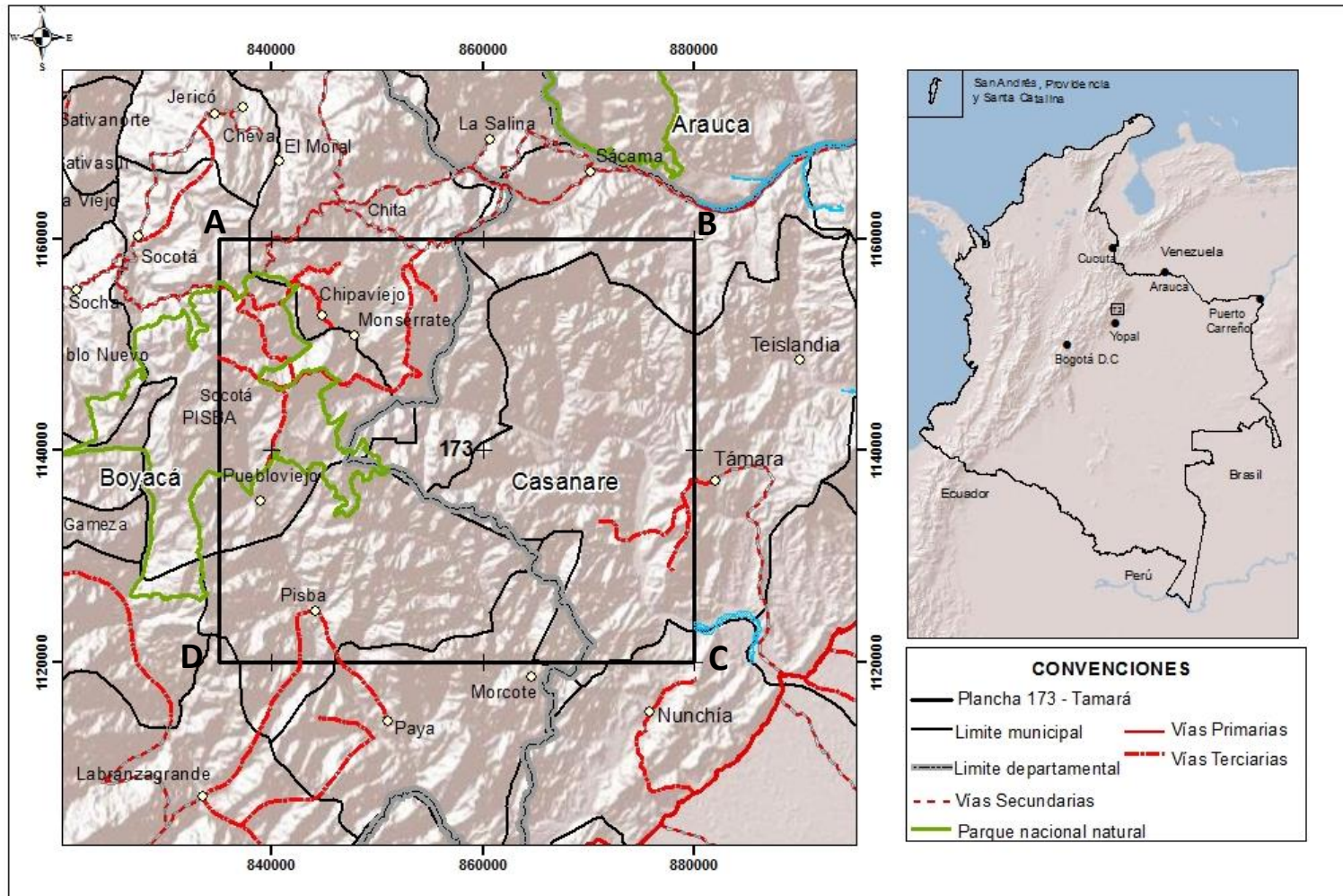


Figura 1. Localización, división política y vías principales en el área de la Plancha 173 – Támara.

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificadas por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

La principal vía de comunicación terrestre es la carretera marginal de La Selva en el tramo de la Troncal del Llano, que une a la Uribe (Meta) con Saravena (Arauca). Tomando esta vía desde Yopal (Casanare), se llega al corregimiento de la Yopalosa que conecta con una vía secundaria que permite el acceso a Nunchía. Algunos kilómetros hacia el noreste, en el sitio conocido como el Tablón, existe otra vía secundaria que comunica al municipio de Támara (Figura 1). Al sur de la plancha, por la misma vía después de cruzar el puente sobre el río Cravo Sur, se desprende una vía pavimentada que conduce al corregimiento de El Morro, desde este punto la vía es destapada y se bifurca para dar acceso a los municipios de Paya y Labranzagrande. Desde el municipio de Labranzagrande se continúa por la carretera destapada en dirección norte hasta llegar al municipio de Pisba.

A la zona norte de la plancha, se accede por la ruta nacional 55 hasta el municipio de Duitama en el departamento de Boyacá, donde se toma la vía pavimentada que va hasta Paz del Río, de allí en adelante la carretera es destapada en regular estado y comunica con los municipios de Chita, Sácama y Socotá.

El acceso por vía aérea se puede realizar a través de los aeropuertos, El Dorado de la ciudad de Bogotá, a la zona norte de la plancha, El Alcaraván de la ciudad de Yopal, que es el más cercano a la zona y como otra alternativa el aeropuerto Gustavo Vargas del municipio de Tame (Arauca), ya que dentro del área de la Plancha 173 – Támara, no existe ningún aeropuerto.

1.2 TRABAJOS ANTERIORES

En el área de la plancha y en sus alrededores se han realizado varios trabajos de tipo geológico y geomorfológico entre los que se destacan los siguientes:

- Geología del Cuadrángulo K-13 (Tauramena), realizado por Ulloa & Rodríguez en 1976, donde se describe la geología del borde oriental de la Cordillera Oriental y del Borde Llanero.
- La Plancha 153 - Chita, fue elaborada por el Servicio Geológico Colombiano bajo la dirección de Antoine Fabre (1983), donde se busca corroborar información pre-existente de la plancha cubriendo dos tercios orientales, como la parte sur de la Sierra Nevada del Cocuy y los alrededores de los pueblos de La Salina y Sácama, cartografía geológica que había sido elaborada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en el año de 1981 por el mismo autor (Fabre), tomando como principal elemento las características estratigráficas y tectónicas de esta región y rasgos topográficos, así como el método de trabajo para campo y la oficina. De manera rápida se describen formaciones de origen cuaternario glaciar o fluvio-glaciar alrededor de la Sierra Nevada del Cocuy y se describen varias

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

formaciones con diferentes criterios para definir el ambiente en el cual se depositaron.

- Mapa fotogeológico de la Plancha 174 - Paz de Ariporo, escala 1:100 000. Suárez (1985), realizado por el INGEOMINAS, en el mapa se pueden observar unidades litológicas y estructuras geológicas, está acompañado de dos cortes geológicos que muestran en el subsuelo la posición y espesor relativo de las capas de las rocas y estructuras que las afectan.
- Sismotectónica de Colombia: deformación continental activa y subducción, realizado por INGEOMINAS (1998), donde se muestra como la distribución de la sismicidad delinea en el continente, los cabalgamientos con vergencia opuesta paralelos a los piedemontes que ponen en evidencia el levantamiento y frente de deformación asociados a la convergencia de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica.
- Mapa geológico del departamento de Boyacá, escala 1:250 000, elaborado por Rodríguez & Solano (2000), en el que se pueden observar las unidades litológicas y las estructuras geológicas que las afectan.
- Atlas geológico de Colombia Plancha 5-10, escala 1:500 000, realizado por INGEOMINAS (2007), donde se muestra sobre un mapa la distribución de las rocas y materiales superficiales no consolidados y las estructuras que los afectan.
- La Plancha 172 – Paz de Río elaborada por INGEOMINAS y dirigida por Ulloa *et al.* (2003), recoge información de cartografía geológica del Cuadrángulo J-13 que comprende las planchas 172 y 192 del IGAC. En la zona este del área afloran rocas sedimentarias depositadas en condiciones marinas y continentales, cuyas edades abarcan desde principios del Cretácico hasta el reciente, entre estas se destacan las formaciones Las Juntas y Lutitas de Macanal, propuestas por Ulloa & Rodríguez (1979), además se incluyen las descripciones de los depósitos cuaternarios.
- Memoria técnica Plancha 5-10, Mapa de Permeabilidades de Colombia en escala 1:500 000 realizado por INGEOMINAS (2010), donde se hace un análisis cualitativo de la permeabilidad de los sedimentos y rocas según su génesis, edad, litología y grado de fracturamiento.
- La Plancha 193 - Yopal, Servicio Geológico Colombiano, por Montoya *et al.* (2013), incluye la cartografía geológica, muestreo de sedimentos finos activos para estudio geoquímico y el levantamiento de columnas estratigráficas, identificando unidades como Formación Lutitas de Macanal, Formación Las Juntas y Formación Diablo, entre otras.

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- Geología del área de Yopal, Cocuy y Saravena, realizado por Ulloa & Arias (1998, documento interno, GEOSUR Ltda) donde se describe las unidades cretácicas y cenozoicas explicando los cambios faciales y los principales accidentes tectónicos del área.

1.3 METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa y las memorias explicativas de la plancha, se siguieron los estándares del SGC para este tipo de trabajos, como se describe a continuación:

1.3.1 Revisión de la información

Esta etapa contempló la compilación e investigación de la información referente al área de trabajo, enfocándose en la recopilación de información geológica para la parte técnica y estatal para la parte social.

La búsqueda de la información se apoyó en análisis de informes técnicos, artículos, tesis, proyectos de investigación, mapas, libros, publicaciones y páginas web de entidades estatales como el SGC, ANH, IGAC y universidades, entre otros. El soporte de la actividad de recopilación, se resume en un formato con los análisis de los trabajos revisados (Anexo A).

En ésta etapa se revisaron las planchas 1:25 000 para obtener las áreas sin información topográfica o hidrográfica donde se empleó el DEM oficial entregado por el SGC para la generación de curvas de nivel cada 25 m y a partir de éstas dibujar los drenajes, apoyado con la base cartográfica a escala 1:100 000.

1.3.2 Fotointerpretación

El mapa fotogeológico se obtuvo a partir de la información de cartografía geológica disponible y del análisis e interpretación de información espacial, incluyendo fotografías aéreas, modelos numéricos de terreno (DEM) e imágenes de sensores remotos.

Como apoyo para el proceso de fotointerpretación se adquirieron cartas geológicas departamentales y las planchas geológicas publicadas a escala 1:100 000 aledañas a la Plancha 173 – Támara así: Plancha 153 – Chita, Plancha 172 – Paz de Río y Plancha 193 – Yopal, las cuales permitieron verificar los empalmes entre las unidades y estructuras geológicas.

El área de la plancha cuenta con tres líneas de vuelo con 29 fotografías aéreas del año 1983 que cubren la zona este (Figura 2 y Tabla 2). Estas permitieron identificar contactos, unidades litológicas y delimitar las zonas de depósitos aluviales.

Tabla 2. Listado de fotografías aéreas en la Plancha 173 – Támara.

Vuelo	Dpto.	Región	Escala	Fotos	Total
C-2563	Casanare - Boyacá	Piedemonte Llanero	1: 30 000	35 a 42	8
C-2563-1	Casanare	Piedemonte Llanero	1: 30 000	43 a 52	10
C-2563-2	Casanare	Piedemonte Llanero	1: 30 000	68 a 78	11

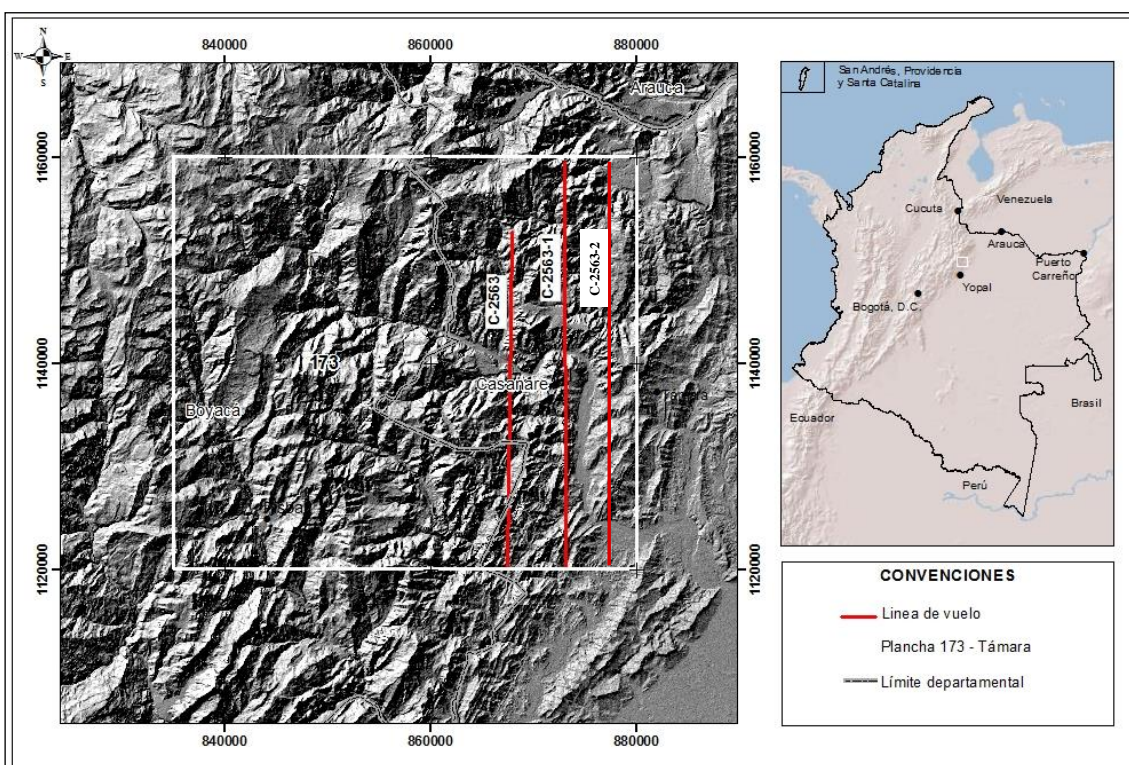


Figura 2. Mapa de líneas de vuelo de fotografías aéreas de la Plancha 173 – Támara.

El modelo numérico disponible para el área es la versión 2 del *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM* - obtenido por el *Space Shuttle Endeavour* en el año 2000, con una resolución de 90 m y 30 m.

Las imágenes satelitales utilizadas corresponden al programa Landsat y Aster, que permitieron realizar la delimitación de diferentes tipos de depósitos cuaternarios que se encuentran sobre las unidades de roca y observar algunos rasgos geomorfológicos y lineamientos de estructuras.

A partir del mapa fotogeológico y con la base cartográfica a escala 1:25 000 se realizó la planificación del trabajo de campo, programando los recorridos y transectas a lo largo

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

de quebradas, ríos y caminos, en sentido predominante E-W, de manera que se cruzaran las unidades aflorantes.

1.3.3 Socialización del proyecto

En el desarrollo de los trabajos en campo se realizaron socializaciones con los diferentes actores institucionales (autoridades civiles y militares), comunitarios (Juntas de Acción Comunal – JAC), resguardos indígenas y propietarios/mayordomos de predios. En el Anexo B se presenta una relación de los sitios donde se llevaron a cabo los talleres de socialización y de cada actividad realizada, se deja constancia de las cartas de invitación, actas de reunión, fotografías del evento y registros de asistencia.

Para conocer y entender la metodología implementada durante el proceso de socialización en la Plancha 173 – Támara, se debe tener en cuenta su diversidad geopolítica y cultural. Ya que para acceder a las zonas de estudio y llevar a cabo las diferentes actividades de socialización con las comunidades involucradas, fue necesario tener claridad desde un principio de las características socio-económicas, culturales e históricas de las mismas e implementar las adecuadas estrategias según sus procesos internos.

1.3.4 Trabajo de Campo

Las actividades de trabajo de campo se desarrollaron de acuerdo a la planeación realizada, siguiendo las transectas definidas en el mapa fotogeológico a escala 1:100 000. Durante el proceso fue necesario cambiar estrategias según las condiciones de campo (accesibilidad a zonas con actores sensibles, permisos de ingreso a predios).

La cartografía geológica se levantó sobre planchas topográficas del IGAC a escala 1:25 000, esta información luego fue llevada a planchas topográficas a escala 1:100 000.

Las estaciones fueron codificadas y su ubicación fue determinada mediante la utilización de GPS configurados con Datum Magna-Sirgas, origen Este. La información de la descripción cartográfica fue plasmada en libretas de campo (Anexo C) las cuales se resumen en la libreta digital (Anexo D) según los estándares del SGC, la ubicación de las estaciones se presenta en el mapa de estaciones a escala 1:100 000 (Anexo E).

La etapa de campo se desarrolló desde el 07 de enero hasta el 10 de abril de 2014, en tres comisiones de 20 días, se realizaron 442 estaciones de campo y se recolectaron 558 muestras, de las cuales se escogieron 487 para realizarles diferentes tipos de análisis (Tabla 3). El listado de muestras se presenta en el Anexo F el mapa con su ubicación es el Anexo G, en el Anexo L se presenta el reporte de los resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 3. Análisis realizados en la Plancha 173 – Támara.

Tipo de análisis		Cantidad
Petrografía	Sección delgada (SD)	320
	SD con montaje de granos impregnados	2
Contenido de materia orgánica total (TOC)		55
Pirólisis		17
Vitrinita		27
Palinología/Paleontología		66
Total		487

1.3.5 Elaboración del informe

Con el análisis de la información obtenida durante el trabajo de campo y los resultados de laboratorio, se redactó la memoria explicativa de la geología de la Plancha 173 – Támara, la cual tuvo en consideración la información de las etapas anteriores donde se describe la localización y accesos, geomorfología, unidades geológicas, geología estructural, geología económica y evolución geológica; así mismo se realizó el mapa geológico a escala 1:100 000 presentado en el Anexo M y en el Anexo N se presenta el mapa geológico con estaciones.

Para facilitar la localización de sitios específicos en el mapa, se utiliza un sistema de cuadrículas organizadas en orden alfabético en sentido NS (A, B, C,...) y en orden numérico en sentido WE (1, 2, 3,...) referenciados en el texto como A1, H3, etc.

1.4 PERSONAL PARTICIPANTE

La ejecución del proyecto por parte del Consorcio GSG para el SGC estuvo a cargo del siguiente personal profesional y de apoyo.

Ingeniero de geología y petróleo Humberto González Iregui en la dirección del proyecto así como en la elaboración de la evolución geológica, petrografía y revisión de los capítulos de estratigrafía, geología económica y geología estructural.

El ingeniero geólogo Wilson Vélez en la revisión, redacción y estructuración de la memoria explicativa. La geóloga Isabel Villada en la recepción y revisión de resultados de laboratorio y la ingeniera geóloga Cristina Dávila en la redacción de la memoria explicativa.

El ingeniero geólogo Jorge Duque y el geólogo Juan Pablo Rincón Grajales, en la coordinación específica de actividades.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Los geólogos Alejandro Suárez Gómez, Andrés Torres Jaramillo, Carolina Peláez Mejía, Harold Londoño Marín, Jorge Hernán Betancur, Juan Diego Jiménez, Wilmar Castro Rodríguez y los ingenieros geólogos Dayci Montero Puerta, Diego Molano Acelas, José David Restrepo, Karina Banques Meléndez, Luzmilio Tolosa Fernández y Rony Alejandro Rondón Sulbarán en las labores de campo.

El ingeniero geólogo Gustavo Alzate y los geólogos Julián Franco y Sandra Zuluaga, trabajaron en la generación de los mapas.

Como personal de apoyo, en las áreas social y técnica estuvieron la trabajadora social Ángela Giraldo y los geólogos Sebastián Molina Calderón, Leidy Paola Zorro Ríos y Liliam Ester Fuentes. Como guías de campo fueron contratados habitantes de la región.

1.5 AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente documento expresan sus agradecimientos a todas las entidades y personas quienes con su apoyo y acompañamiento, facilitaron el buen desarrollo de este proyecto.

Al personal de las alcaldías y concejos municipales de Chita, Labranzagrande, Paya, Pisba y Socotá del departamento de Boyacá, y Nunchía, Sácama y Támara del departamento de Casanare, a los miembros de ASOCOMUNAL y ASOJUNTAS por su aporte en la logística del trabajo de campo.

En general a todos los habitantes de las poblaciones involucradas, que con su colaboración y acompañamiento permitieron llevar a buen término la investigación.

A la Interventoría por su acompañamiento en el desarrollo del proyecto.

2 GEOMORFOLOGÍA

En este capítulo se presentan las geoformas que se identificaron aplicando una metodología de delimitación que consiste en la interpretación de imágenes satelitales, específicamente del Modelo de Elevación Digital, a partir del cual se definen áreas que de manera global muestran características similares y luego se detallan y refinan con los datos y las fotografías adquiridas en campo y de ser necesario con la interpretación de fotografía aéreas. Una vez identificadas estas geoformas se clasifican en Unidades Geomorfológicas de acuerdo a lo sugerido por Carvajal (2011), quien indica que esta es la unidad más adecuada para la escala de trabajo y que sugiere agrupar las unidades geomorfológicas en ambientes morfogenéticos de acuerdo al proceso más determinante en su forma actual.

La geomorfología de la Plancha 173 – Támara se enmarca dentro de la zona principalmente montañosa que conforma el flanco este de la Cordillera Oriental en donde los procesos endógenos y exógenos ocurridos a lo largo del tiempo y por diversos eventos, han generado zonas de características morfológicas particulares que se describen y se diferencian en este capítulo de acuerdo a la escala de la plancha y al alcance del trabajo. La Figura 3 muestra las unidades geomorfológicas definidas en la plancha.

2.1 AMBIENTE ESTRUCTURAL

La Falla Guaicáramo y el sistema de fallas asociado a esta generan geoformas que evidencian el grado de deformación que han sufrido las unidades rocosas que conforman esta zona de la cordillera. Específicamente cuatro unidades geomorfológicas muestran los efectos de este sistema y se describen a continuación.

2.1.1 Estructural Plegado (Sp)

La zona central y extremo sureste de la plancha (A5-A7, B3-B5- C3-C5 y E9, F9, G8-G9, H7-H8) se identifican 2 franjas con disposición alineada en dirección NE de las montañas de rocas sedimentarias que conforman esta zona de la cordillera y que corresponden a las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une y Chipaque. Aunque esta alineación coincide con la estratificación, la dirección y buzamiento de las capas es el resultado de los esfuerzos que han actuado en el área y la han modificado, por lo tanto se considera a esta porción de 460 km² en la plancha como una unidad geomorfológica de ambiente estructural.

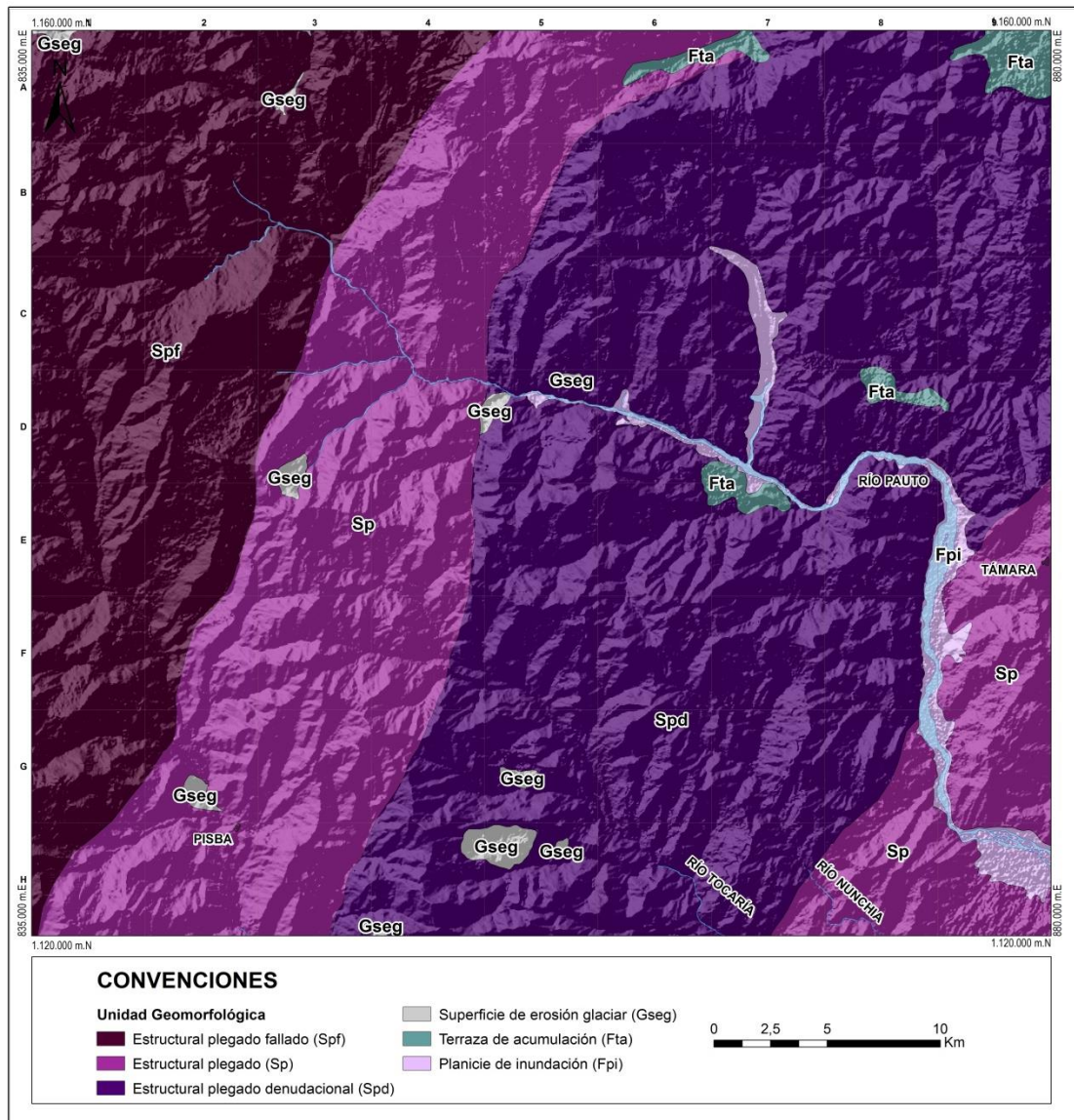


Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas de la Plancha 173 – Támara.

El relieve es montañoso de contraste muy alto y extremadamente alto, las laderas son abruptas y en algunos sectores escarpadas, extremadamente largas, de forma recta e irregular, las cimas son agudas y alineadas en la dirección del sistema de fallas (Fotografía 1). Los drenajes en esta unidad son paralelos debido tanto al fallamiento como a la estratificación, la densidad de estos es alta y los más caudalosos recorren largos y profundos valles en V.



Fotografía 1. Morfología de la unidad Estructural plegado (Sp), vereda Pancotá, municipio de Pisba. Estación JDR-0087, 1 124 801 m.N y 837 140 m.E.

2.1.2 Estructural plegado – fallado (Spf)

En el sector Este de la plancha (A1-A4, B1-B4, C1-C3, D1-D3, E1-E2, F1-F2, G1-G2, H1) se reconocen el núcleo de los sinclinales El Crisol, Cardón, de Tobásica y anticlinales de Tobita, El Carmen, La Horqueta producto del plegamiento de las secuencias de roca de las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une y Chipaque. Las fallas La Palma, Santuario, Cadillal tienen clara expresión geomorfológica con drenajes alineados, silletas de falla. Aunque en la plancha sólo se identifica en un 20% del área total (390 km²), este continúa hacia el Sur y Este cubriendo una extensa zona. En esta unidad se reconocen colinas alineadas que conforman los flancos de los sinclinales y anticlinales; en estas colinas de pendiente inclinada se observa la estratificación de las secuencias en dirección NE y los drenajes paralelos a esta dirección; el otro relieve es de loma plana a cóncava en el núcleo de las estructuras plegadas.

2.1.3 Estructural plegado denudacional (Spd)

La zona central-este de la plancha (A6-A9, B5-B9, C5-C9, D5-D9, E5-E9, F4-F8, G4-G8 y H3-H7) con una extensión de 820 km², muestra una disposición alineada en dirección NE de rocas sedimentarias que conforman esta zona de la cordillera y que corresponden a la Serie Areniscas de Las Juntas-Une y la Formación Chipaque. Esta alineación coincidente con la estratificación, dirección y buzamiento de las capas es el resultado de los esfuerzos que han actuado en el área y la han modificado, se presentan afectadas por procesos erosivos de moderada a baja intensidad y se caracterizan por su

relieve montañoso a colinado de pendientes abruptas y escarpadas localmente, de forma recta e irregular, las cimas son agudas y alineadas en la dirección del sistema de fallas (Fotografía 2) por lo tanto se considera a esta porción de la plancha como una unidad geomorfológica de ambiente estructural plegado denudativo.



Fotografía 2. Morfología de la unidad de estructural plegado denudado (Spd), vereda Sabaneta, municipio de Paya. Estación WCR-0043, 1 120 638 m.N y 860 950 m.E.

2.2 AMBIENTE GLACIAR

La acción del movimiento asociado a los bloques de hielo que cubrieron los topos de las montañas durante el último periodo glacial, dejó huellas en el terreno que pueden reconocerse hoy en día, las áreas afectadas por este proceso se clasifican dentro de este ambiente morfogenético.

2.2.1 Superficie de erosión glacial (Gseg)

En las partes más altas de las unidades cretácicas que dominan la geología de la región, pueden reconocerse superficies con evidencia de erosión causada por el hielo. En estas superficies es común encontrar morrenas, circos glaciares, valles en U, lagos glaciares, depósitos fluvio-glaciares y otros rasgos característicos de superficies trabajadas por bloques de hielo (Fotografía 3). Se identifica en algunos sectores puntuales con laderas suavemente inclinadas e inclinadas, muy largas, rectas y onduladas a suaves (A3, D3-E3, D5, G2, G5 y H4-H5).



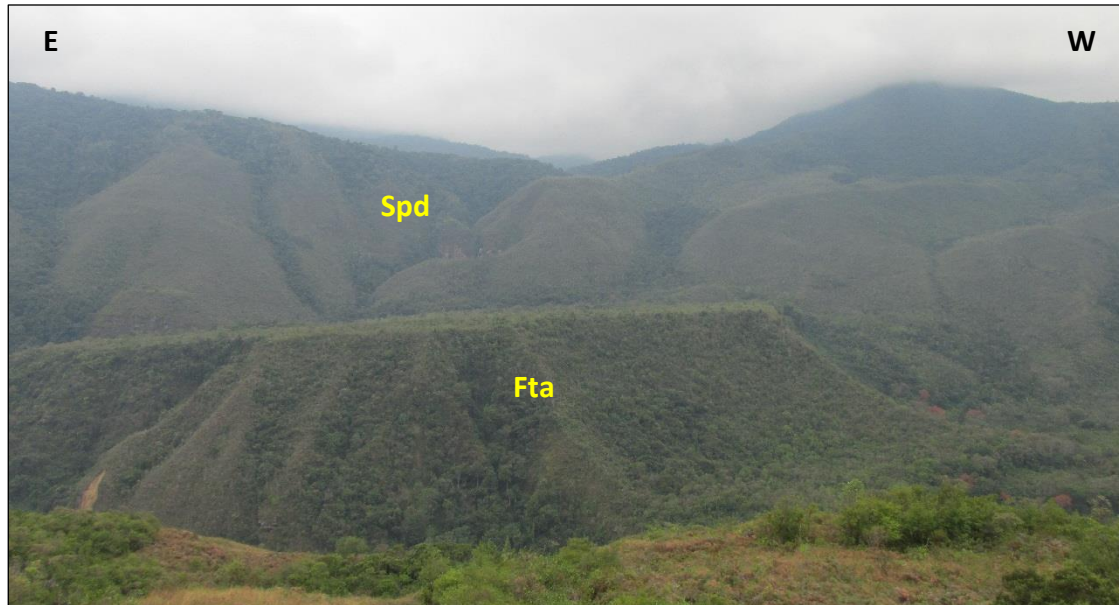
Fotografía 3. Unidad Superficies de erosión glaciario (Gseg), con la presencia de lago glaciario. Sector El Cardón, estación WCR-0001, 1 155 543 m.N y 837 453 m.E.

2.3 AMBIENTE FLUVIAL

La cobertura de las áreas clasificadas en este ambiente es muy poca en la Plancha 173 – Támara pues no supera los 60 km² de área; sin embargo se incluye su descripción ya que pueden reconocerse algunos sectores con características típicas de este ambiente.

2.3.1 Terraza de acumulación (Fta) y Planicie de inundación (Fpi)

El principal drenaje del área es el río Pauto y en su recorrido ha generado un área estrecha ligeramente plana que se constituye como su planicie de inundación (D5-D9, E7-E10, F9-F10, G9-G10, H10). La fluctuación del nivel del agua ha permitido que se formen pequeñas terrazas de altura considerable (hasta 200 m) en algunos puntos a lo largo del cauce (D6-D7, E6-E7), estas terrazas pudieron formarse durante periodos de represamiento del río Pauto (Fotografía 4) y del río Aripori (D8-D9). En el extremo norte y noreste de la plancha también pueden identificarse terrazas más amplias formadas por la acumulación de sedimentos arrastrados por el río Casanare (A6-A7 y A9).



Fotografía 4. Terraza de acumulación (Fta) en la margen sur del río Pauto, vista desde la estación WCR-0038, 1 144 493 m.N y 857 093 m.E.

3 ESTRATIGRAFÍA

La Plancha 173 - Támara se encuentra ubicada en la parte centro-oriental de la Cordillera Oriental. En dicha área se han efectuado varios trabajos de cartografía geológica a escala 1:100 000 entre las cuales se encuentran las planchas 172 - Paz de Río, (Ulloa *et al.*, 2003) al Oeste; 153 - Chita (Fabre, 1983) al Norte; al sur 193 - Yopal (Renzoni, 1985; Montoya *et al.*, 2013). La nomenclatura de éstas planchas se ha correlacionado con la empleada en éste trabajo (Tabla 4).

La descripción de las unidades en la plancha se dividirá en las siguientes regiones: Region Central-Este, Región Oeste-Norte, Región Oeste-Sur y Región Este.

En la región Central-Este, colinda con la Plancha 137 - El Cocuy al Norte y con la Plancha 193 - Yopal al Sur, afloran rocas del Cretácico Inferior y de la parte baja del Cretácico Superior, agrupadas en las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une (Serie Las Juntas - Une) y Chipaque.

En la región Oeste - Norte, colindante con la Plancha 172 - Paz de Río y Plancha 153 – Chita, afloran las formaciones La Luna, Los Pinos, Arenisca Tierna, Guaduas y Arenisca de Socha.

En la región Oeste-Sur, colindante con la Plancha 172 - Paz de Río y Plancha 193 - Yopal, aflora el Grupo Guadalupe, con las formaciones Lidita Dura, Plaeners, Arenisca Tierna, Guaduas y Arenisca de Socha.

En la región Este, colindante con la Plancha 174 - Paz de Ariporo, se adopta la nomenclatura definida por Montoya *et al.* (2013), en las formaciones Intervalo Arenoso Indiferenciado Campaniano – Paleoceno, Arcillolitas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando, Diablo y Caja.

En las regiones Suroccidental y Suroriental existen diferencias entre la nomenclatura utilizada por Renzoni (1985) y Montoya *et al.* (2013), lo cual se debe a que los autores de dichas planchas tomaron diferentes niveles de referencia de las formaciones. El problema anterior no ha sido resuelto en el presente trabajo y se recomienda al SGC, efectuar trabajos de correlación estratigráfica para resolverlo. Sin embargo, en el presente trabajo se ha seguido la nomenclatura de Montoya *et al.* (2013), por ser la más reciente.

Tabla 4. Correlación de nomenclatura, Plancha 173 – Támara.

Periodo	Plancha 153 - Chita (Fabre 1983)	Plancha 173 - Tamara				Plancha 193 - Yopal (Montoya, 2013)		Cuadrángulo K-13 (Ulloa & Rodríguez, 1976)	Plancha 174 - Paz de Ariporo	
	Zona Sur	Región Oeste-Norte	Región Oeste - Sur	Región Central	Región Este	Al Oeste de la Falla Chámeza-Pajarito	Al Este de la Falla Chámeza-Pajarito			
Mioceno A1						Intervalo Arenoso no Diferenciado (Grupo Palmichal)		Fm La Cometa	La Cometa	
					Fm Caja		Fm Caja	Fm Caja	Fm Caja	
					Fm Diablo		FmDiablo	Fm Diablo	Fm Diablo	
	Fm Concentración				San Fernando		Fm San Fernando (Carbonera + León)	Fm San Fernando	San Fernando	
	Fm Picacho				Fm Areniscas del Limbo		Fm Areniscas del Limbo (Mirador)	Fm Areniscas del Limbo	Fm Areniscas del Limbo	
PALEOGENO	Fm Arcillas de Socha				Fm Arcillas del Limbo	Fm Arcillas del Limbo (Los Cuervos)	Fm Arcillas del Limbo	Fm Arcillas del Limbo		
	Fm Arenisca de Socha	Fm Arenisca de Socha	Fm Arenisca de Socha			Fm. Arenisca de Socha	Intervalo Arenoso no Diferenciado	Areniscas de El Mono	Intervalo Arenoso no Diferenciado (Grupo Palmichal)	
	Fm Guaduas	Fm Guaduas	Fm Guaduas			Fm. Guaduas				
						Arenisca Tierna				
		Fm Arenisca Tierna	Fm Arenisca Tierna	Grupo Guadalupe	Arenisca Tierna					
	Fm Los Pinos	Fm Los Pinos	Planers							
	La Luna	La Luna	Lidita Dura							
CRETACICO	Fm Chipaque			Fm. Chipaque		Fm Chipaque		Fm Chipaque (Capacho)	Fm Chipaque	
	Fm Une			Fm. Une	Serie Las Juntas - Une	Fm Une		Fm Une (Aguardiente)		
	Fm Apón			Fm. Fomeque		Fm Fomeque	Fm Fomeque		Fm Fomeque	
	Fm Areniscas de Las Juntas			Fm Las Juntas		Fm Las Juntas	Fm Las Juntas		Fm Arenisca de Las Juntas	
	Fm Lulitas de Macanal			Fm Lulitas de Macanal		Fm Lulitas de Macanal	Fm Lulitas de Macanal		Fm Lulitas de Macanal	

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

3.1 REGIÓN CENTRAL

En la región Central afloran rocas con edades del Cretácico Inferior (Berriasiano) a la base del Cretáceo Superior (Cenomaniano), con las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque, Une y Chipaque, las cuales se describirán a continuación (Figura 4), tomada y simplificada de Ulloa & Rodríguez (1976).

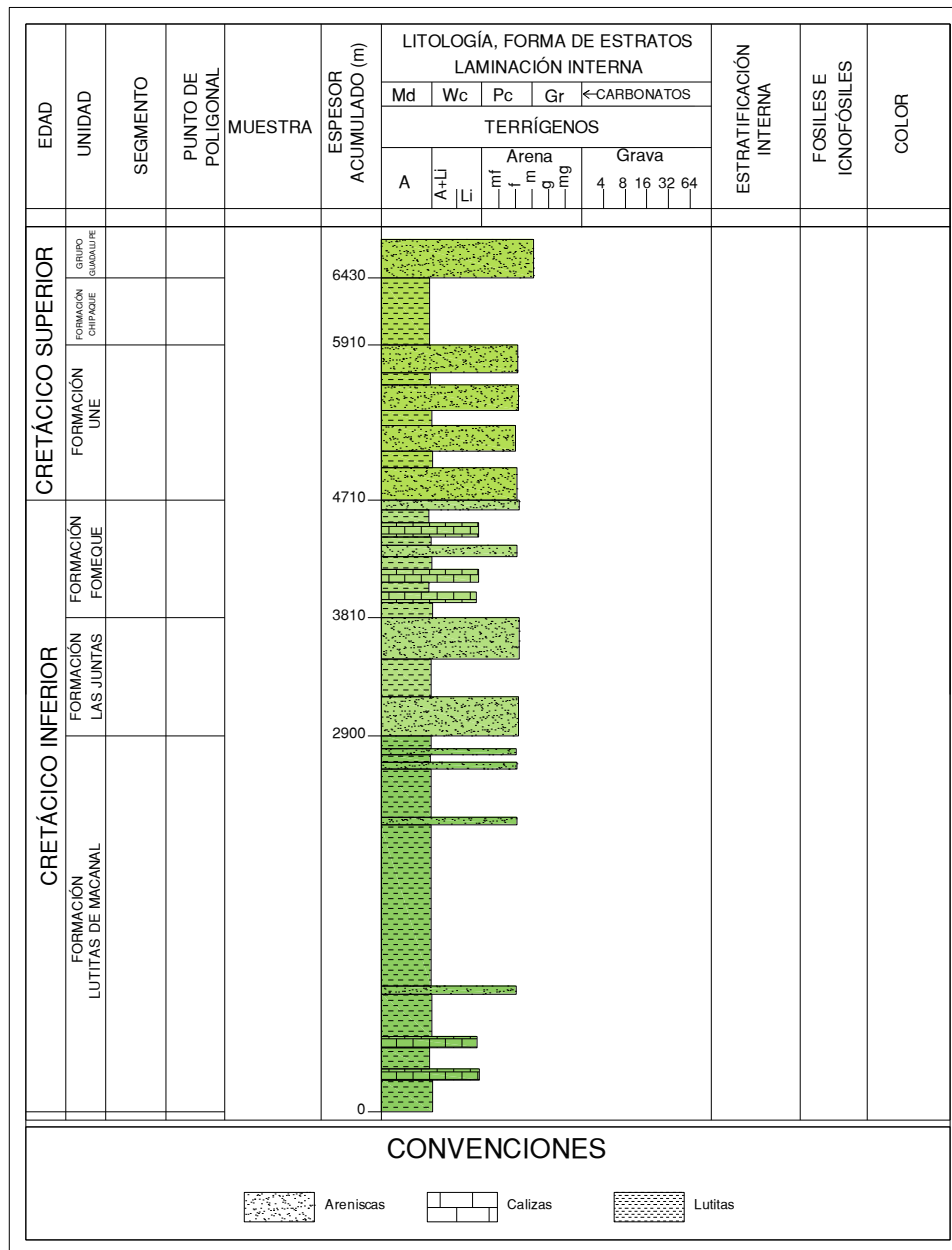


Figura 4. Columna estratigráfica generalizada de la región Central de la Plancha 173 - Támara (tomada y simplificada del cuadrángulo K-12, Ulloa & Rodríguez, 1976).

3.1.1 Formación Lutitas de Macanal (K₁lm)

El nombre de esta unidad fue propuesto por Ulloa & Rodríguez (1976), para designar un conjunto de lutitas con esporádicas intercalaciones de calizas y areniscas que afloran en el cañón del río Batá, donde se estableció su localidad tipo entre las quebradas El Volador y La Esmeralda.

3.1.1.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Lutitas de Macanal se reconoció en el centro de la plancha en una franja con dirección NE de Sur a Norte, (H3, H4, G4, F4, E4, D5, C5, B5 y A1), haciendo parte del Anticlinal de Paya; los mejores afloramientos se localizaron en la cuadrícula H2 en donde presenta morfología deprimida y laderas abruptas.

3.1.1.2 Litología

Esta unidad se observó con detalle en la quebrada Matadita (H4), donde se distinguieron tres conjuntos que se describen de base a techo a continuación (Figura 5):

- Conjunto A: constituido por limolitas y arcillolitas de color gris a negro con capas plano paralelas ricas en materia orgánica, algunos niveles carbonosos y micáceos. A este conjunto se le calculó un espesor de más de 500 m sin observar su base.
- Conjunto B: constituido por areniscas de color gris a blanco, en paquetes hasta de 40 m de espesor, en capas gruesas a muy gruesas, de grano fino a medio, de composición cuarzosa y cementos silíceos, con intercalaciones de lutitas gris oscuras, en paquetes hasta de 10 a 20 m de espesor. Este conjunto se observa en el terreno, dando una morfología de un filo escarpado y se le calcula un espesor de 350 m.
- Conjunto C: constituido por lutitas grises claras a gris oscuras, en paquetes gruesos a muy gruesos y estratificación plano paralelas a onduladas; también se presentan pequeñas intercalaciones de 60 a 80 cm de capas delgadas de areniscas de grano fino a medio en capas plano paralelas. En general, las lutitas presentan niveles carbonosos, micáceos y restos de materia carbonosa (Fotografía 5). Este conjunto se observó reposando concordantemente a la Formación Areniscas de Las Juntas y se calculó un espesor de 600 m.

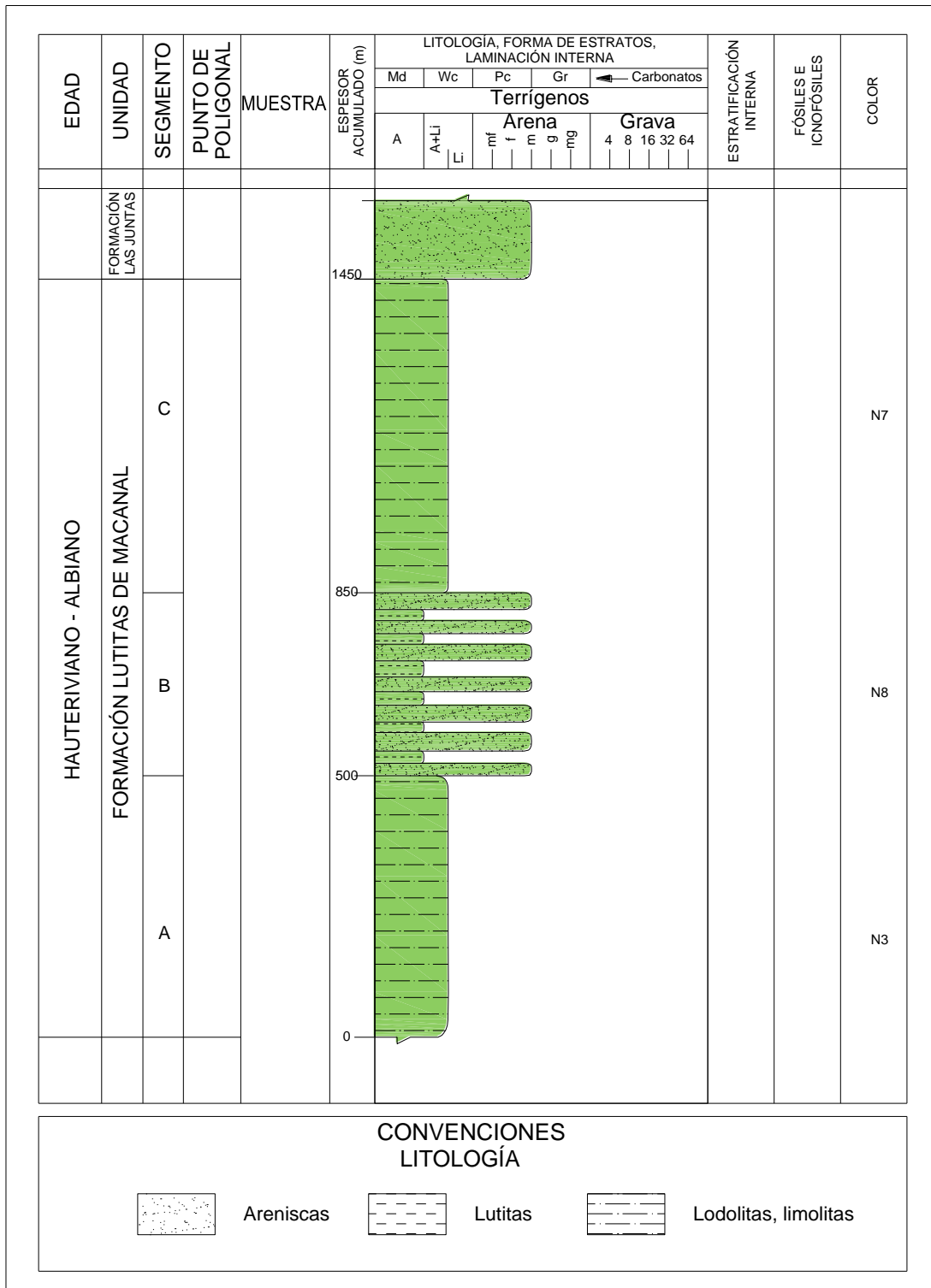


Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la Formación Lutitas de Macanal (Kilm) observada en la quebrada Matadita.



Fotografía 5. Lutitas carbonosas sobre areniscas cuarzosas de la Formación Lutitas de Macanal en la quebrada La Laja. Estación WCR-0038, 1 144 493 m.N y 857 093 m.E.

Petrográficamente se analizaron varias secciones delgadas las cuales permitieron diferenciar arcillolitas, cuarzoarenitas, cuarzoarenitas lodosas, lodolitas, ortoconglomerados oligomícticos y subarcosas en la Formación Lutitas de Macanal; para la clasificación textural y composicional se emplearon los diagramas de Folk (1954 y 1974).

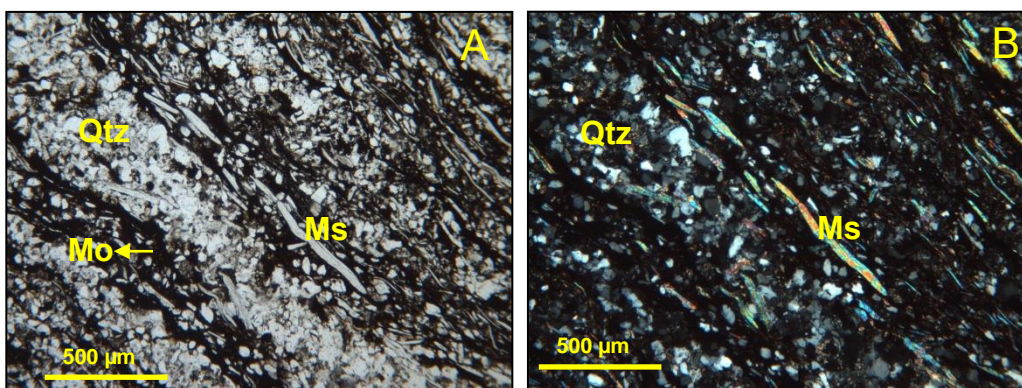
Las lodolitas se caracterizan por presentar variaciones en el tamaño de grano desde limo hasta arcilla, con predominio de este último, son de color gris oscuro, con laminación plana paralela marcada por el cambio en el tamaño de grano que muestran contacto flotante; composicionalmente se diferencian minerales arcillosos de color pardo cuarzo predominante en la láminas limosas y fragmentos de mica incolora.

Las arcillolitas se componen de material tamaño limo y arcilla bien seleccionado, de color gris medio a oscuro, con contenido de materia orgánica, presentan laminación ondulada paralela continua y discontinua, los granos son subredondeados a subangulosos y subesféricos a subelongados. Algunas se observan con bioturbación destruyendo la laminación y ocasionalmente se encuentran homogéneas en estructura.

El principal componente son minerales arcillosos y materia orgánica de colores negros y grises, ocasionalmente pardos por presencia de óxidos de hierro. El cuarzo se constituye como el componente secundario de estas rocas, este se encuentra como granos generalmente mal seleccionados con extinción ondulatoria y plana, de concentración no uniforme; también se encuentran moscovita marcando la laminación, abundante materia orgánica y trazas de circón y líticos sedimentarios.

La composición y características de las lodolitas no difieren mucho de las arcillolitas, excepto por el dominio de granos en el rango de tamaño limo que generalmente corresponden a cuarzo. Es frecuente que muestren laminación plana paralela discontinua, también son de colores grises determinados principalmente por el contenido de materia orgánica. Las lodolitas pueden estar compuestas también por trazas de circón, turmalina, epidota, chert, opacos y líticos de arcillolitas pardas. (Fotografía 6).

Algunas lodolitas han sido identificadas como componentes de esta unidad, su color es variable de gris oscuro a gris claro, exhiben laminación plana paralela continua y discontinua, los granos son subredondeados y subesféricos. Composicionalmente se diferencian proporciones variables de cuarzo y minerales arcillosos, tienen baja a moderada porosidad primaria (hasta 6%).



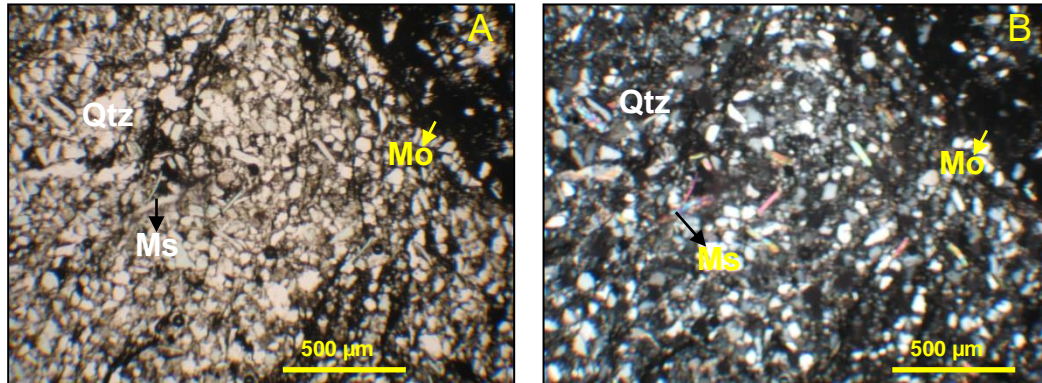
Fotografía 6. Lodolita con láminas de limolitas y cuarzoarenita, Formación Lutitas de Macanal. Muestra RAR-0099-R-A, se observa laminación ondulada paralela marcada por cuarzo (Qtz), minerales micáceos (moscovita Ms), arcillosos y materia orgánica. A) Nícoles paralelos, B) Nícoles cruzados.

Las arcillolitas se componen de material tamaño arcilla, de color gris medio a oscuro, con contenido de materia orgánica, presentan laminación ondulada paralela continua y discontinua, los granos son subredondeados a subangulosos y subesféricos a subelongados. Algunas se observan con bioturbación destruyendo la laminación y ocasionalmente se encuentran homogéneas en estructura (Fotografía 7).

Las cuarzoarenitas son de color amarillo claro a gris claro, de grano fino a medio, algunas veces presentan laminación plana paralela y en muestra de mano se identifica pirita, los granos son subredondeados a subangulares y subelongados a subesféricos, generalmente estas rocas son maduras.

No hay mucha diferencia entre las cuarzoarenitas y cuarzoarenitas lodosas, excepto la proporción de cuarzo y minerales arcillosos que en las segundas rocas se distribuye

aproximadamente en partes iguales, pero sin mostrar orientación de la fracción arcillosa, esta se presenta flotante entre los granos de cuarzo.



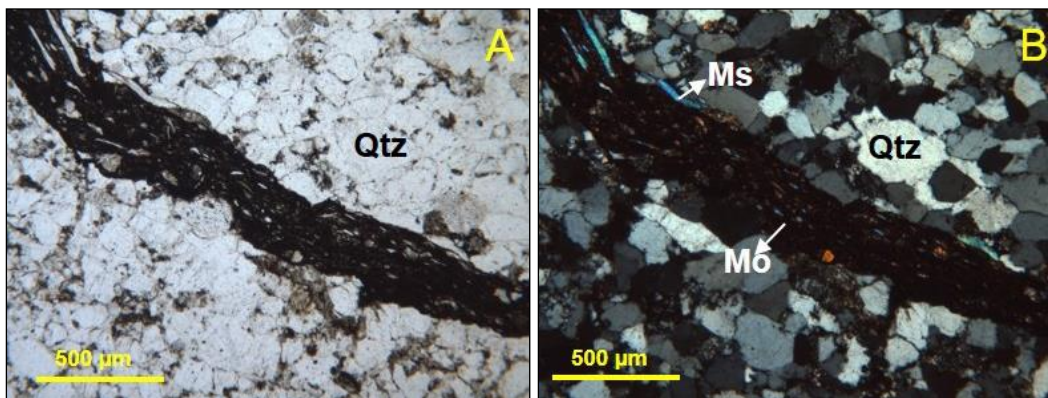
Fotografía 7. Arcillolita rica en materia orgánica, Formación Lutitas de Macanal.

Muestra ASG-0044-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) flotando en matriz arcilla rica en materia orgánica y con láminas de moscovita (Ms). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las cuarzoarenitas tienden a ser homogéneas en textura y composición, maduras, de color gris claro a blanco crema, compuestas por granos de cuarzo mal seleccionados, estos se presentan subangulosos a subredondeados, subelongados a subesféricos, algunos granos desarrollan recristalización a subgranos y pueden contener trazas de cemento ferruginoso. Ocasionalmente presentan laminación paralela marcada por algo de material arcilloso y carbonoso; es posible identificar laminación ondulada en muestras con mayor contenido de finos, en algunas muestras se identifican trazas de chert, de circón y de opacos, algunas veces se identifican granos de turmalina; además aparecen micas, principalmente moscovita, frecuentemente producto de recristalización de la matriz. Presentan menos del 4 % de porosidad primaria y también porosidad secundaria como microfracturas inferior al 2 %.

Es posible encontrar vetillas de cuarzo atravesando las cuarzoarenitas, éstas son generadas por procesos posteriores a la litificación (Fotografía 8).

Composicionalmente predomina cuarzo que algunas veces se observan como parte de cemento silíceo y con estructuras de deformación metamórfica, también se presentan micas como moscovita y una mica incolora generada por diagénesis que se presenta filiforme, en algunas muestras se observan líticos metamórficos y volcánicos, otros componentes son trazas de circón, de chert, de turmalina y de opacos, probablemente pirita.



Fotografía 8. Cuarzoarenita, Formación Lutitas de Macanal, Muestra CPM-0078-R-A. Se observa granos de tamaño arena y fina de cuarzo (Qtz), laminación ondulada marcada por de moscovita (Ms) y materia orgánica (Mo), a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

3.1.1.3 Contactos

La unidad, con base en la información de planchas aledañas y la interpretación del corte geológico del Anexo M, puede estar reposando discordantemente sobre la Formación Girón, del Jurásico Superior, aunque en la Plancha 173 – Támara, no se encuentran evidencias en superficie de esta unidad; la Formación Lutitas de Macanal infrayace en contacto neto y concordante con la Formación Las Juntas.

3.1.1.4 Origen, edad y correlaciones

Ulloa & Rodríguez (1979), proponen para las Lutitas de Macanal un “ambiente marino, de aguas someras en una cuenca cerrada”. Por su parte Fabre (1983), en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, sugiere con base en análisis sedimentológicos-estratigráficos que las facies más finas de la Formación Lutitas de Macanal representan depósitos de la parte superior de un prodelta, mientras que las facies de grano relativamente más grueso representan barras distales formadas delante del frente deltaico, debido a que no se encontraron fósiles que diagnosticaran su edad, sino solamente se puede especular el ambiente por el tipo de estratificación y su composición litológica que nos indicaría un ambiente marino de aguas poco profundas. La edad de la unidad de acuerdo con Montoya *et al.* (2013) la parte superior una edad del Berriasiano a Valanginiano.

3.1.2 Formación Las Juntas (K₁lj)

Esta unidad fue descrita inicialmente como Formación Areniscas de Las Juntas por Ulloa & Rodríguez (1976), para designar un conjunto potente de areniscas que forma la parte superior del Grupo Cáqueza, lo definen como dos miembros arenosos, separados por uno lutítico, que aflora en la carretera Guateque - Santa María de Batá, entre las

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

cuchillas de El Volador y El Dátil (cuadrángulo K-12) y denominaron al nivel arenoso inferior como Miembro Arenisca de El Volador y al superior como Miembro Arenisca de Almeida. Terraza *et al.* (2008), denominaron al nivel intermedio, de manera informal, como Miembro Lutitas Intermedias.

Terraza *et al.* (2008), sugieren la supresión del término “Arenisca” tanto del nombre formacional como de sus miembros, denominándola Formación Las Juntas y en el presente trabajo se utiliza en este sentido aunque no se realizó la diferenciación de sus miembros.

En la localidad tipo de esta formación se presentan intercalaciones de lutitas en los miembros Arenisca de El Volador y Arenisca de Almeida y en la región de Gachalá, Ubalá y Gama, el carácter arenoso de estos miembros se subordina al arcilloso.

3.1.2.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Esta unidad aflora en la Plancha 173 – Támara en el flanco occidental del Anticlinal de Paya en una franja alargada, (H3, G3, G4, F4, E4, D4, C4, B5 y A5) así como en ambos flancos del Anticlinal La Horqueta (C1, D1, E1 y F1).

La expresión geomorfológica se asocia con cerros alineados que forman escarpes pronunciados que contrastan con la expresión morfológica de la unidad infrayacente Lutitas de Macanal y suprayacente Fómeque.

3.1.2.2 Litología

La descripción de la unidad se hace teniendo en cuenta las observaciones efectuadas en el flanco occidental de Anticlinal de Paya, en los sectores de Buenavista e Italia, (G3 y H3), y en la quebrada Las Minas (C5); su espesor es aproximadamente 700 m, con base en cortes geológicos. La formación está constituida por potentes conjuntos de arenitas de 20 m a 30 m de espesor, separados por paquetes de lutitas, lodolitas en conjuntos de 8 m a 12 m de espesor.

Los conjuntos consistentes están compuestos por areniscas en estratos gruesos a muy gruesos, presentan estratificación plano paralela, tangencial y cruzada, con tamaño de grano medio a grueso y es frecuente encontrar dentro de las areniscas láminas de material orgánico; también se observaron lentejones de conglomerados dentro de las areniscas, con fragmentos de cuarzo, feldespato y líticos.

Los conjuntos de lutitas, lodolitas y arcillolitas presentan estratificación plano paralela y colores gris oscuro y frecuentemente son micáceas (Fotografía 9 y Fotografía 10). Al comparar la unidad en su localidad tipo, Cuadrángulo K-12 y en el flanco oriental del Anticlinal de Paya, se puede observar que esta se vuelve más arenosa, dado que el miembro intermedio es sustituido por areniscas en el área de Paya (Figura 6).



Fotografía 9. Afloramiento de areniscas de grano fino de la Formación Las Juntas con geometría externa tabular. Quebrada La Colorada, estación JDR-0024, 1 159 192 m.N y 876 516 m.E.



Fotografía 10. Afloramiento de arcillolitas de la Formación Las Juntas en la quebrada Minas. Estación LTF-0014, 1 149 674 m.N y 855 700 m.E.

Muestras analizadas en sección delgada permiten identificar para esta unidad cuarzoarenitas, cuarzoarenitas lodosas, conglomerados oligomícticos, subarcosas, arcillolitas y lodolitas. Estas rocas han sido clasificadas texturalmente y composicionalmente de acuerdo con Folk (1954- 1974).

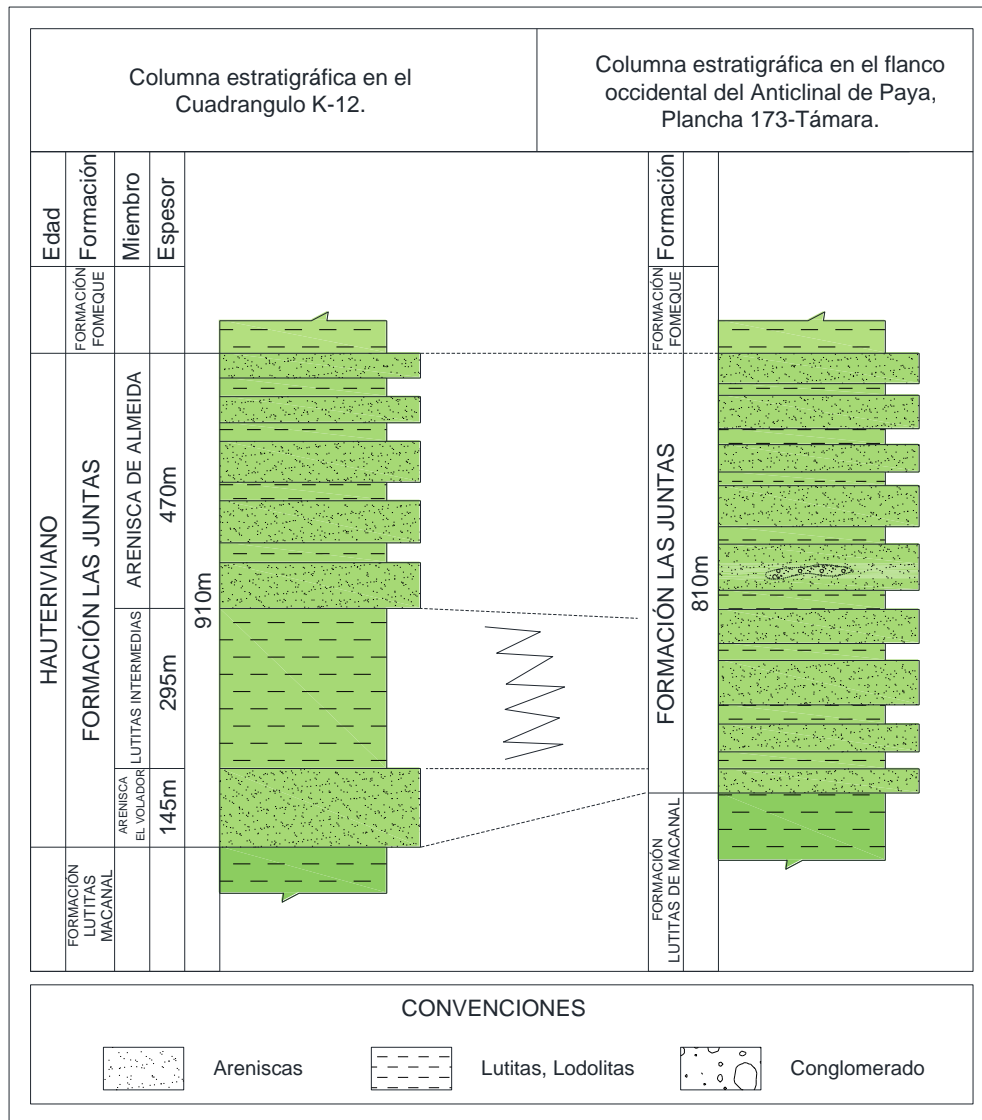
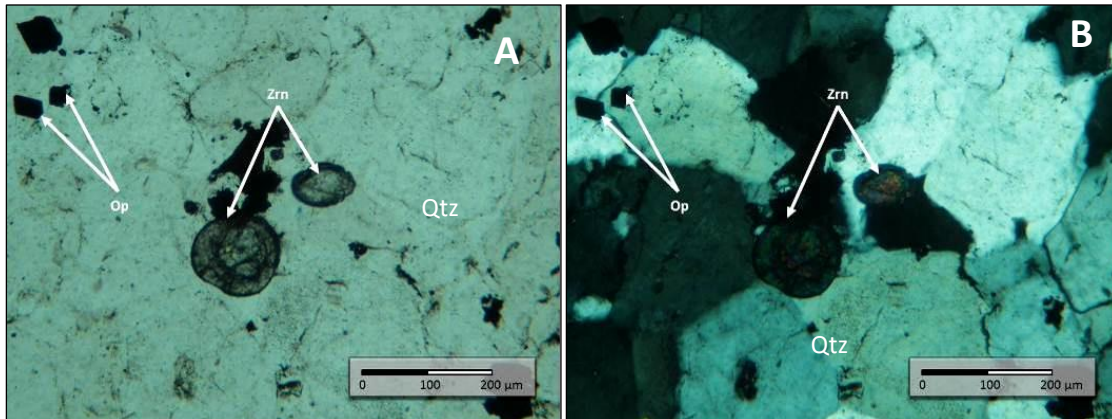


Figura 6. Columnas estratigráficas de la Formación de Las Juntas en el cuadrángulo K-12 y en la Plancha 173 - Támara.

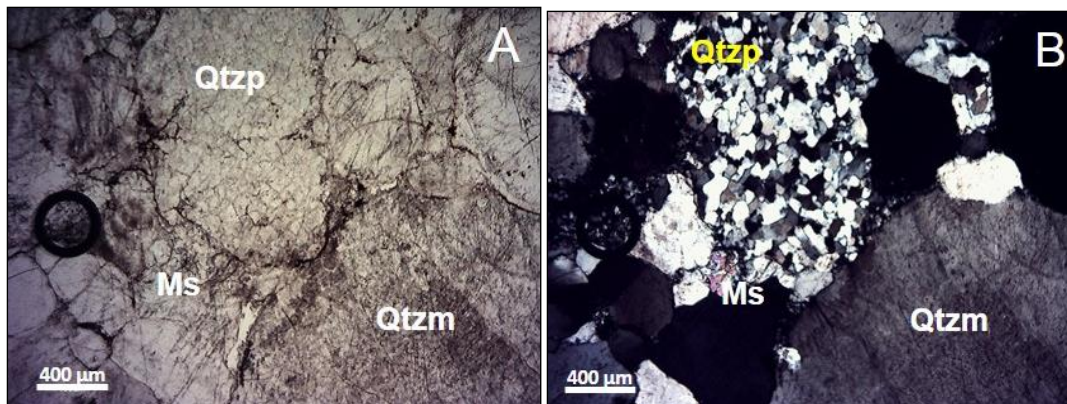
Las cuarzoarenitas son de color amarillo claro a gris claro, de grano fino a medio, algunas veces presentan laminación plana paralela y en muestra de mano se identifica pirita, los granos son subredondeados a subangulares y subelongados a subsféricos, generalmente estas rocas son maduras (Fotografía 11).



Fotografía 11. Cuarzoarenita Formación Las Juntas, muestra DMA-0057-R-B. Se observan opacos (op) circón (Zr) y cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Se identifica también una muestra de ortoconglomerado oligomíctico compuesta por arena muy fina a grava, de color rosa-naranja claro, submadura, con granos subredondeados a subsféricos con predominio de la fracción de grava.

Se compone principalmente de cuarzo monocristalino y policristalino en contactos cóncavo-convexos, algunos con extinción ondulatoria, este se identifica como granos gruesos y también finos componiendo la matriz, se observan moscovita, opacos y líticos volcánicos (Fotografía 12).



Fotografía 12. Ortoconglomerado oligomíctico, Formación Las Juntas, muestra JDR-0022-R. Se observan cuarzo monocristalino (Qtzm), policristalino (Qtzp) y moscovita (Ms). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Composicionalmente predomina cuarzo, que algunas veces se observa como parte de cemento silíceo y con estructuras de deformación metamórfica, también se encontraron micas como moscovita y una mica incolora generada por diagénesis que se presenta filiforme, en algunas muestras se observan líticos metamórficos y volcánicos,

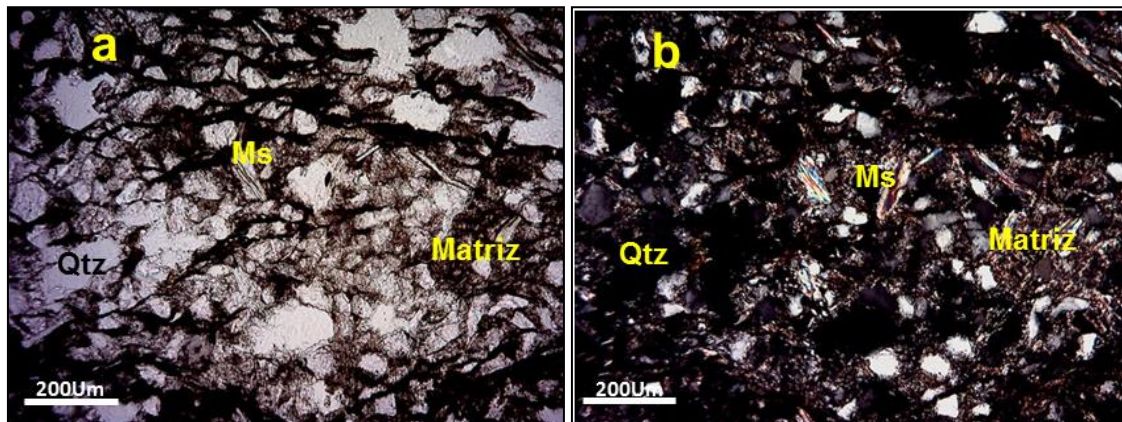
otros componentes son trazas de circón, de chert, de turmalina y de opacos, probablemente pirita.

No hay mucha diferencia entre las cuarzoarenitas y cuarzoarenitas lodosas, excepto la proporción de cuarzo y minerales arcillosos que en las segundas rocas se distribuye aproximadamente en partes iguales, pero sin mostrar orientación de la fracción arcillosa, esta se presenta flotante entre los granos de cuarzo.

Las lodolitas se caracterizan por presentar variaciones en el tamaño de grano desde limo hasta arcilla, con predominio de este último, son de color gris oscuro, con laminación plana paralela marcada por el cambio en el tamaño de grano que muestran contacto flotante; composicionalmente se diferencian minerales arcillosos de color pardo cuarzo predominante en la láminas limosas y fragmentos de mica incolora.

Algunas lodolitas han sido identificadas como componentes de esta unidad, su color es variable de gris oscuro a gris claro, exhiben laminación plana paralela continua y discontinua, los granos son subredondeados y subesféricos. Composicionalmente se diferencian proporciones variables de cuarzo y minerales arcillosos, tienen baja a moderada porosidad primaria (hasta 6%) (Fotografía 13).

El cuarzo compone la fracción limosa de las rocas, se presenta como granos flotantes, algunos con extinción ondulatoria, minerales arcillosos conformando la matriz y definiendo la laminación al igual que las micas, entre las que se diferencian moscovita y biotita, también se identifican trazas de circón y opacos y cemento ferruginoso.



Fotografía 13. Lodolita, Formación Las Juntas muestra DMP-0008-R. Se observan cuarzo (Qtz) y moscovita (Ms) en matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

La composición y características texturales de las subarcosas son similares a las de las cuarzoarenitas pero con un contenido de feldespato potásico inferior al 10 %, en estas también se identifican líticos metamórficos y algo de clorita como alteración de biotita.

3.1.2.3 Contactos

La unidad se observó reposando concordantemente sobre la Formación Lutitas de Macanal e infrayaciendo en contacto neto y concordante con Lutitas de la Formación Fόμεque.

3.1.2.4 Origen, edad y correlaciones

El ambiente de deposición de la Formación Las Juntas corresponde a zonas marinas, de profundidad somera, probablemente menos de 10 m (Fabre, 1983). Ulloa *et al.* (2000), consideran que los sedimentos de grano fino se depositaron en aguas tranquilas marinas o salobres, en las cuales llegaban corrientes del continente que transportaban restos de plantas. Estos ambientes se encuentran, probablemente, en un ámbito de playas y cordones litorales, detrás de las cuales existen lagunas costeras.

Las olas y las corrientes de deriva, eran los principales agentes hidrodinámicos. El material detrítico provenía principalmente del escudo al oriente y de su cobertura sedimentaria, además de la erosión *in situ*, generada por las corrientes de los sedimentos finos de las lagunas (Ulloa *et al.*, 2000).

Para determinar el origen de las rocas de la Formación Las Juntas, se utilizó el diagrama de Dickinson (1985) el cual sugiere que dicho material proviene principalmente de un bloque continental y en menor proporción de un orógeno reciclado.

La edad considerada por Bürgl (1961), para una muestra de esta formación localizada en el río Batá, es Hauteriviano de acuerdo con la datación de las rocas infrayacentes (Valanginiano Superior) y suprayacentes (Barremiano – Aptiano). Etayo-Serna (1985), asigna una edad del Hauteriviano al Aptiano Inferior, basada en la fauna estudiada en las rocas supra e infrayacentes en el área del Cocuy.

Esta formación es correlacionable con la parte superior del conjunto medio y superior del Grupo Cáqueza de Hubach (1957). En la Plancha 137 – Cocuy, las formaciones del Grupo Cáqueza, (Lutitas de Macanal y Las Juntas) las correlacionan hacia el norte con la Formación Río Negro de la Sierra (Ulloa & Rodríguez, 1979).

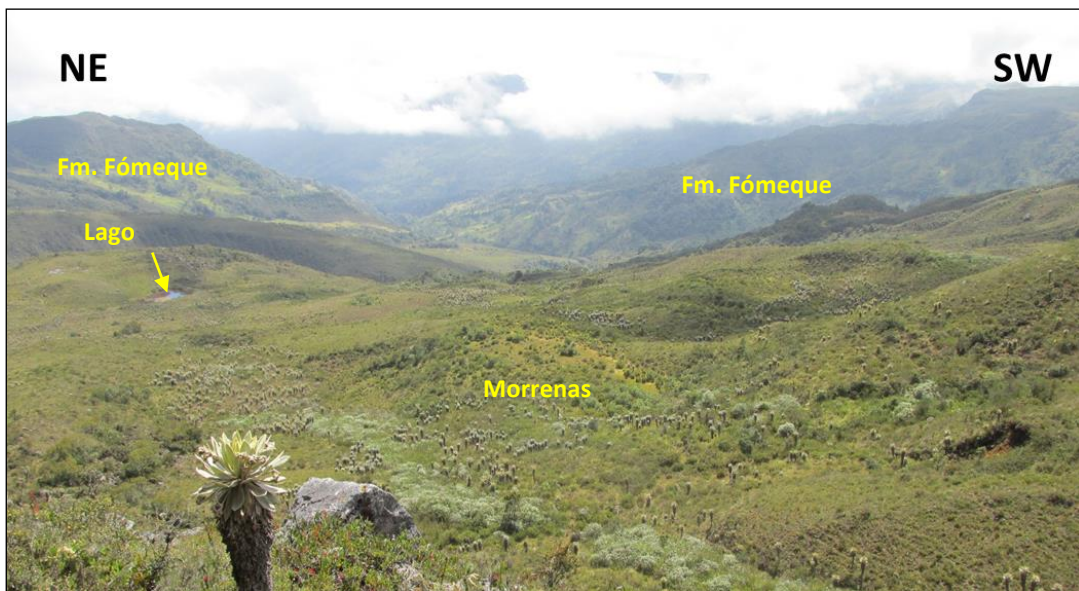
3.1.3 Formación Fόμεque (K1f)

El nombre de esta unidad fue propuesto por Hubach (1931), quién la denominó como Conjunto de Fόμεque en la región oriental de Bogotá, entre Cáqueza y Quetame, con buena exposición en el municipio de Fόμεque del cual toma su nombre. El Conjunto de Fόμεque, según Hubach (1931), corresponde a la parte inferior del Piso de Villeta y se compone de “esquistos piritosos, caliza cristalina y areniscas cuarcíticas que se hallan principalmente hacia la parte baja. Posteriormente Hubach (1957), redefine la unidad y le asigna rango formacional denominándola Formación de Fόμεque y la ubica como la

unidad inferior del Grupo Villeta entre la Arenisca de Cáqueza (parte alta del Grupo Cáqueza) y la Arenisca de Une (parte media del Grupo Villeta) y le asigna un espesor de 500 a 600 m. Renzoni (1962) la llama Formación Fómeque; en el presente trabajo se utiliza en el sentido de este último autor.

3.1.3.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La unidad aflora en el flanco occidental del Anticlinal de Paya, (D4, E4, F4, F3, G3 y H3) y en ambos flancos del Anticlinal del Carmen (A3, B2, B3, C2 y C1), en donde presenta una morfología escalonada entre conjuntos escarpados y conjuntos deprimidos. En el flanco occidental del Anticlinal de Paya, la unidad se presenta como una franja alargada deprimida entre las formaciones Las Juntas y Une y en el Anticlinal del Carmen, en amplias áreas deprimidas infrayaciendo a la Formación Une. Esta unidad en el área del Anticlinal del Carmen presenta efectos glaciares y en él se han reconocido morrenas y circos glaciares (Fotografía 14).

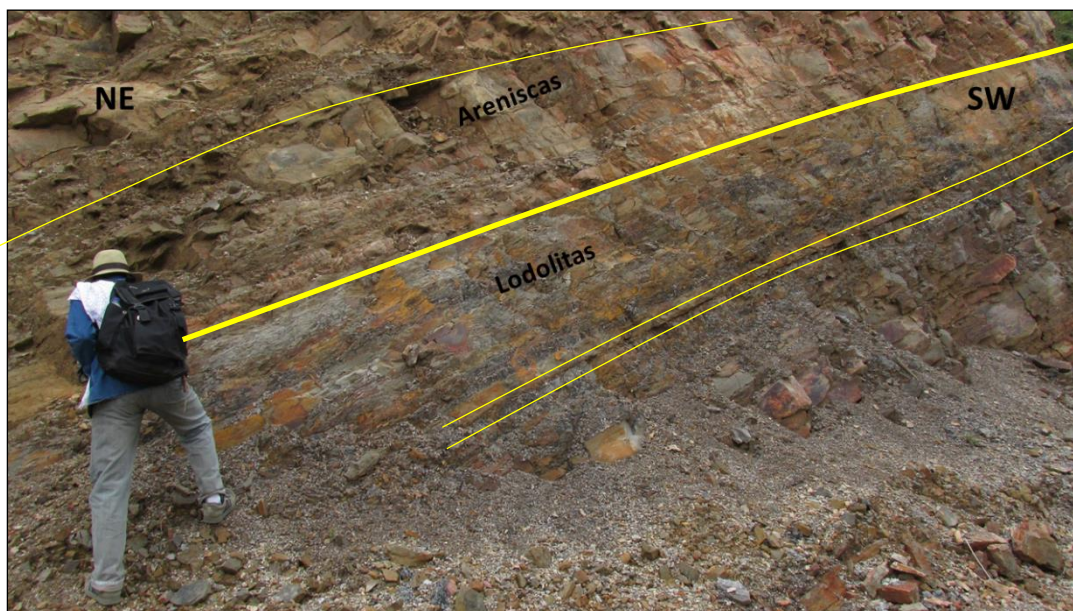


Fotografía 14. Morrenas y pequeños lagos glaciares formados por el movimiento de casquetes de hielo sobre rocas de la Formación Fómeque. Sector Villa del Carmen – Peña Macetas, estación JDJ-0017 1 150 407 m.N y 837 907 m.E.

3.1.3.2 Litología

La Formación Fómeque se observó en la parte Centro-Oriental, en el flanco occidental del Anticlinal de Paya, (E4 a H3) y en la parte occidental, en el Anticlinal del Carmen (B3, B2, C1 y C2).

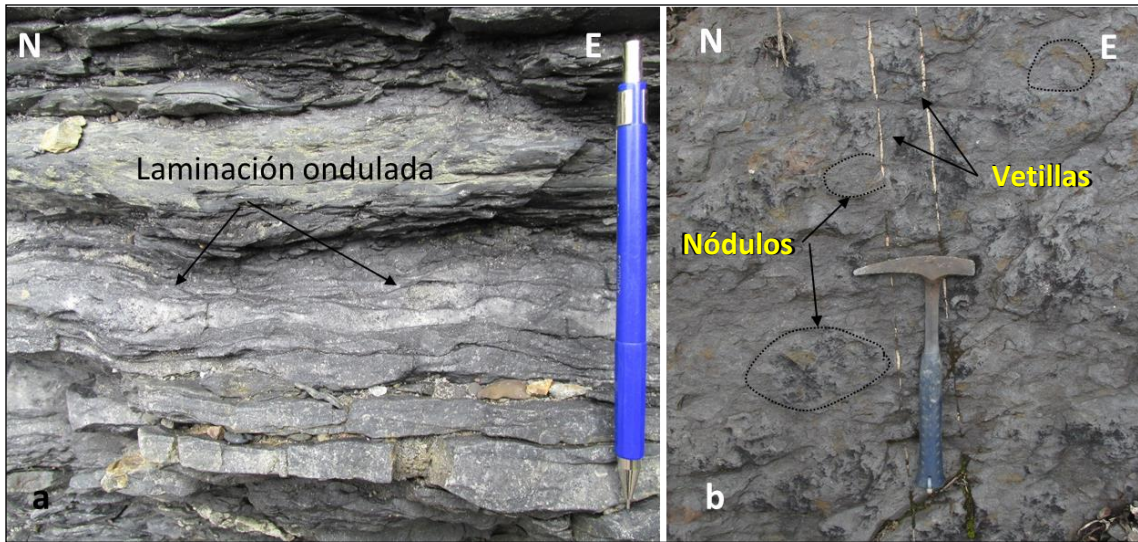
En el flanco occidental del Anticlinal de Paya, la unidad se presenta en una franja alargada (B3, C3, D3, E3, F2, G2 y H2) y su espesor es de aproximadamente 300 m con base en el corte geológico, probablemente relacionado con un adelgazamiento de la unidad en esta parte de la Cordillera Oriental. En afloramientos aislados al interior de la Plancha 173 – Támara, esta unidad está constituida principalmente por lutitas y lodolitas gris oscuras a medias y areniscas cuarzosas en estratos gruesos a muy gruesos, estratificación plano paralela a ondulosa. Dentro de las areniscas es frecuente encontrar pirita y micas (Fotografía 15).



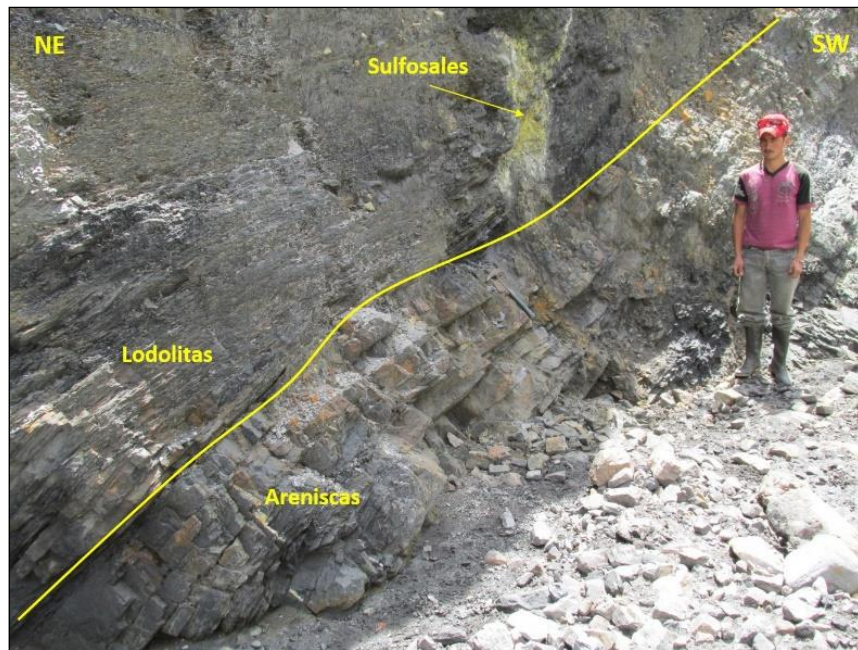
Fotografía 15. Afloramiento de areniscas y lodolitas de la Formación Fómeque, sector Loma Brava, vereda San Luis, municipio de Pisba. Estación DMA-0056, 1 121 029 m.N y 846 223 m.E.

En el sector del Anticlinal del Carmen, la unidad está constituida de acuerdo a observaciones puntuales y aisladas, por lutitas negras con intercalaciones de areniscas cuarzosas, en estratos de 5 m a 8 m de espesor, con laminación ondulada a plano paralela, y calizas en estratos de 2 m a 6 m de espesor (Fotografía 16 y Fotografía 17). A través del corte geológico, en este sector, se le estima un espesor de 1 300 m.

Al comparar los espesores de la unidad en la parte occidental y en la parte central se nota una disminución de su espesor, pasando de aproximadamente 800 a 300 m (Figura 7).



Fotografía 16. a) Laminación ondulada b) nódulos y vetillas de carbonato en areniscas finas de la Formación Fómeque. Estación KBM-0019 (a), 1 151 688 m.N y 845 480 m.E y JDJ-0016 (b) 1 151 867 m.N y 843 860 m.E.



Fotografía 17. Areniscas y lodolitas con sulfosales, Formación Fómeque. Quebrada Enmedio. Estación KBM-0018, 1 151 687 m.N y 845 480 m.E.

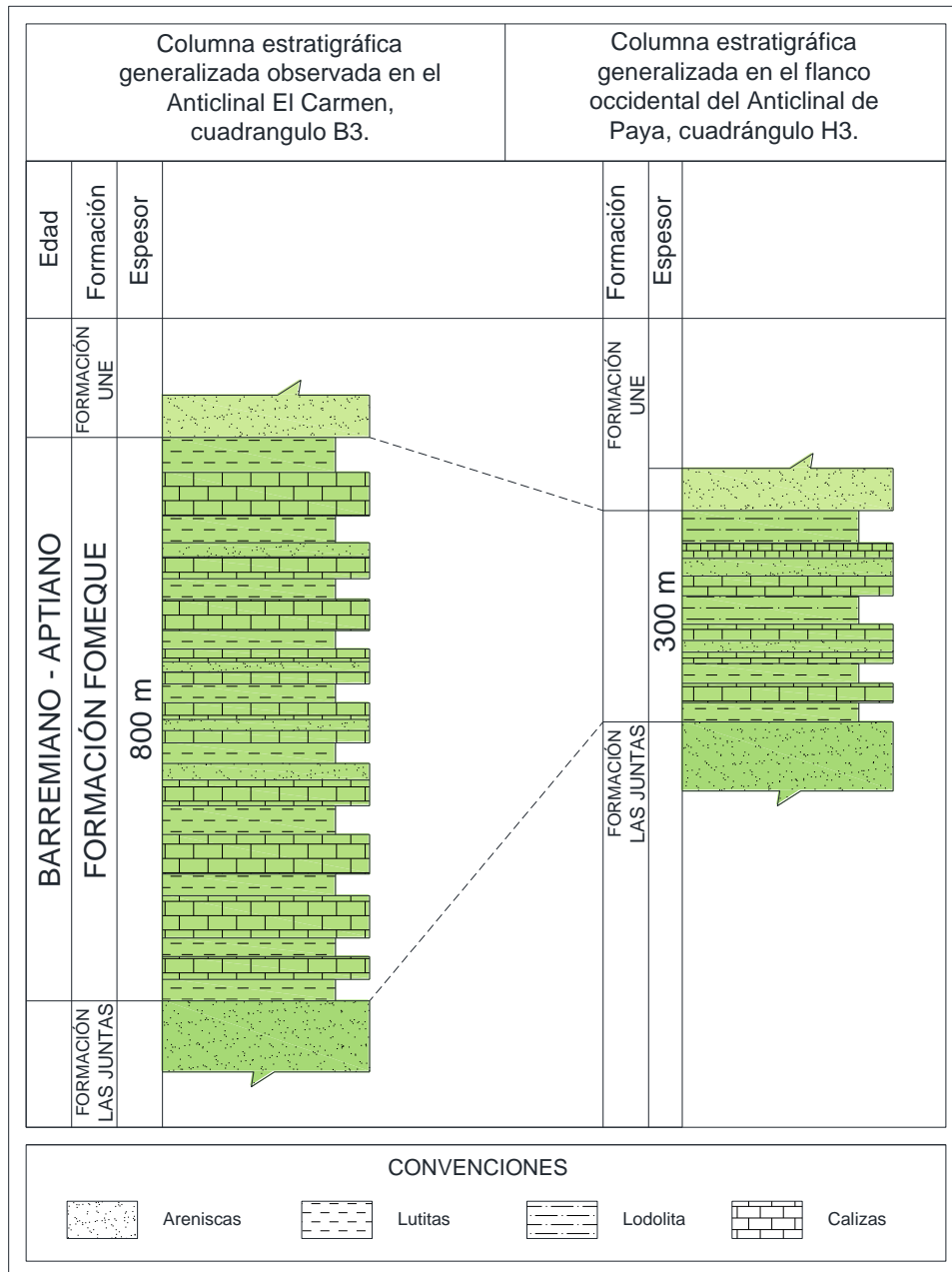


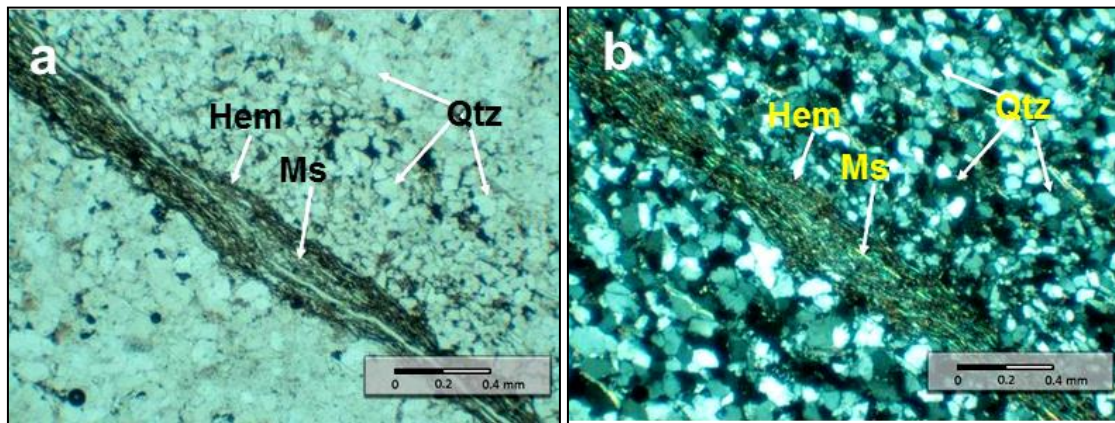
Figura 7. Columnas estratigráficas de la Formación Fómeque en los anticlinales de El Carmen y de Paya.

Teniendo en cuenta que la unidad está compuesta por alternancia de conjuntos de calizas y arenitas de 80 a 120 m de espesor y paquetes de lutitas y lodolitas de 20 a 30 m de espesor, algunas muestras analizadas para esta unidad indican que esta se compone de cuarzoarenitas carbonatadas.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

En las cuarzoarenitas se identifican granos tamaño arena muy fina a media bien seleccionados, subangulosos a subredondeados, subelongados a subesféricos, las rocas tienen tonalidades variables de gris oscuro a claro, gris verdoso y naranja pálido amarillento, en algunas muestras se observa laminación plana paralela, generalmente son maduras pero algunas muestras se observan inmaduras o submaduras y menos de 2 % de porosidad secundaria.

El principal componente es el cuarzo que casi siempre supera el 80 % de la roca en los que frecuentemente se observan bordes de sobrecrecimiento, extinción ondulatoria y pueden ser policristalinos o monocristalinos, la moscovita es el siguiente mineral más abundante de la roca e incluso se observa fácilmente en muestra de mano, puede encontrarse flexionada y puntualmente alineadas también se encuentran cantidades subordinadas de minerales arcillosos de color pardo, trazas de circón, turmalina, opacos, materia orgánica y feldespato potásico, pueden contener cemento ferruginoso o silíceo (Fotografía 18); comúnmente se identifica sericitización de la matriz arcillosa y algunas muestras presentan anquimetamorfismo.

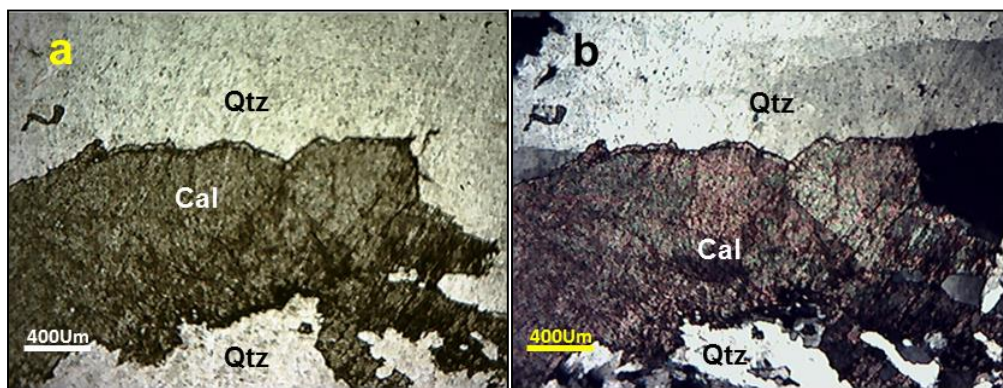


Fotografía 18. Cuarzoarenita, Formación Fómeque, muestra DMA-0056-R. Se observa laminación conformada por óxidos de hierro (Hem) y moscovita (Ms) y granos de cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

La muestra JDJ-0016-R-C tomada cerca al eje del Anticlinal del Carmen corresponde a una cuarzoarenita carbonatada cataclástica con tamaño de grano fino, de color naranja amarillento pálido a blanco, con buena selección de granos subangulosos elongados, madura y con porosidad primaria inferior al 2 %, está compuesta por cuarzo y carbonatos en granos subhedrales orientados y trazas de opacos, la orientación de los granos se debe a metamorfismo dinámico (Fotografía 19).

En los conjuntos de lutitas y lodolitas se tomó la muestra JDJ-0016-R-A que nos indica que corresponde a una lodolita de color gris, con laminación plana paralela continua, inmadura, de granos bien seleccionados, subredondeados y subesféricos y fracturada,

que muestra como agregados microcristalinos de micrita, en la roca también se reconoce algo de moscovita, calcita, colofana y opacos; además, algunas fracturas tienen relleno de carbonato formando vetillas. En el mismo conjunto se encontraron estratos de calizas fosilíferas en bancos delgados a medios.



Fotografía 19. Cuarzoarenita carbonatada, Formación Fόμεque, muestra JDJ-0016-R-C. Se observan granos orientados de calcita (Cal) y de cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) nícoles cruzados.

3.1.3.3 Contactos

La unidad se encuentra en contacto concordante con las unidades que la limitan, la Formación Las Juntas en la base y la Formación Une en el techo; es de resaltar que esta unidad no se ha observado al Este del Anticlinal de Paya y que corresponde a un nivel guía para separarla de la Formación Une.

3.1.3.4 Origen, edad y correlaciones

Esta unidad se formó en un ambiente de aguas marinas de salinidad normal, poco profundas y relativamente calientes, el resultado palinológico para la muestra HLM-0018-R-A, evidencia un ambiente continental. La abundancia de géneros de moluscos sugiere un depósito en aguas bien oxigenadas en la zona sublitoral - litoral. En conjunto, las diferentes facies representan una fase transgresiva que produjo condiciones de mar abierto en el área del Cocuy (Fabre, 1986). De acuerdo al diagrama de Dickinson (1985), los sedimentos provienen de un bloque continental y de un orógeno reciclado, que fueron depositados en ambientes de aguas poco profundas.

La muestra HLM-0018-R-A, presenta palinomorfos entre los que se reconocen *Psilatriteles sp.* y *Afropollis jardines*. La presencia de esta última especie indica su sedimentación durante el periodo Cretáceo, aunque sin diferenciar la edad; lo anterior permite correlacionar con la la edad asignada por Hubach (1957) para esta unidad de Barremiano a Aptiano Superior. En la región de la Sierra Nevada del Cocuy, Fabre

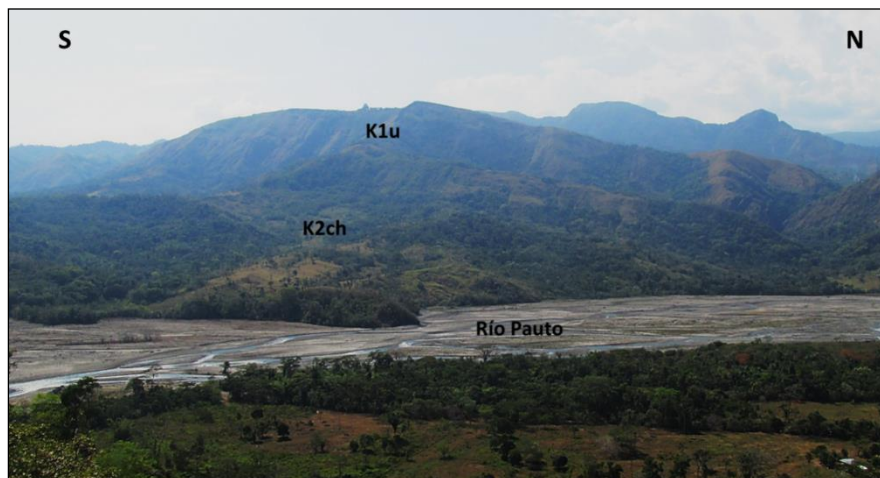
(1986), le asigna a las rocas contemporáneas (Formación Tibú-Mercedes o Apón) y las secuencias de las Formación Fómeque una edad Aptiano Tardío. Terraza *et al.* (2008), a partir de amonitas encontradas en la base de la unidad asignan una edad Barremiano Temprano. Las amonitas hacia la parte superior de la unidad indican el Aptiano Tardío, de tal forma que la Formación Fómeque abarcaría el lapso Barremiano-Aptiano Tardío con posibilidad de incluir el Albiano Temprano. Según Fabre (1986), esta unidad es litológicamente correlacionable con la Formación Tibú – Mercedes.

3.1.4 Formación Une (K_{1u})

Esta unidad fue descrita por Hubach (1931), como una sucesión de 400 a 500 m de bancos de areniscas separadas por bancos de esquistos endurecidos y con un nivel de carbón en la parte alta de la unidad, que conforman la parte media del Grupo Villeta. La sección tipo no está bien definida ya que Hubach la describe en el sitio localizado entre las poblaciones de Chipaque y Cáqueza por la angostura del río Une y también, al norte entre los municipios de Ubaque, Choachí y Fómeque. El mismo autor la llama Arenisca del Une (Hubach, 1957) y Renzoni (1962), eleva el rango y la denomina Formación Une y es en este sentido que se utiliza en el presente trabajo.

3.1.4.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Une se encuentra ampliamente distribuida en ambos flancos del Sinclinal El Crisol, (C2, C3, D2, E1 y F1) y en el Anticlinal del Carmen, (A2, A3, B2, B3 y C1) y en el Sinclinal de Paya, (A4, A5, B4, C3, D3, E3, F2, G2 y H1). Al Este del Anticlinal de Paya; la unidad se puede diferenciar de la Formación Las Juntas, debido a que la Formación Fómeque que la separa no se encuentra. Presenta una morfología escarpada que contrasta con la unidad Supra e Infrayacente de morfología deprimida de la Formación Chipaque (Fotografía 20).



Fotografía 20. Montaña escarpada de la Formación Une (K_{1u}), vereda Eccehomo, hacia la base se observa la Formación Chipaque (K_{2ch}). Vista desde la estación KBM-0030, 1 128 707 m.N y 877 481 m.E.

Hacia el norte, en el flanco Oeste del Anticlinal del Carmen se encuentran areniscas, erosionadas y retransportadas por efectos glaciares, resultando en la acumulación de morrenas y en la formación de lagos glaciares y valles en U.

3.1.4.2 Litología

La Formación Une está conformada principalmente por areniscas de cuarzo con delgadas intercalaciones de lutitas negras. En la quebrada La Vega se efectuó una sección estratigráfica (F3 y F4), donde se estima un espesor de 990 m, encontrando de base a techo los siguientes segmentos (Figura 8):

- Segmento A: 280 m de espesor y corresponden a intercalaciones de areniscas cuarzosas en conjuntos de 30 a 60 m separados por lutitas negras de 3 a 8 m de espesor.
- Segmento B: 350 m de espesor y corresponden a una alternancia de bancos de areniscas cuarzosas con delgadas intercalaciones de lutitas negras. En las areniscas se encuentran intraclastos de lodolitas y en las capas se observaron irregularidades completamente bioturbadas. Las areniscas son de grano medio a grueso con granos subangulares a subredondeados. En algunos niveles se encontró glauconita muy alterada.
- Segmento C: 360 m y corresponden a alternancia de capas de areniscas con intercalaciones de lutitas negras. Texturalmente, las areniscas varían de tamaño de fino a grueso de color gris claro a crema porosidad inferior a 10% y ocasionalmente hasta el 18%, a veces presentan matriz arcillosa sericitizada.

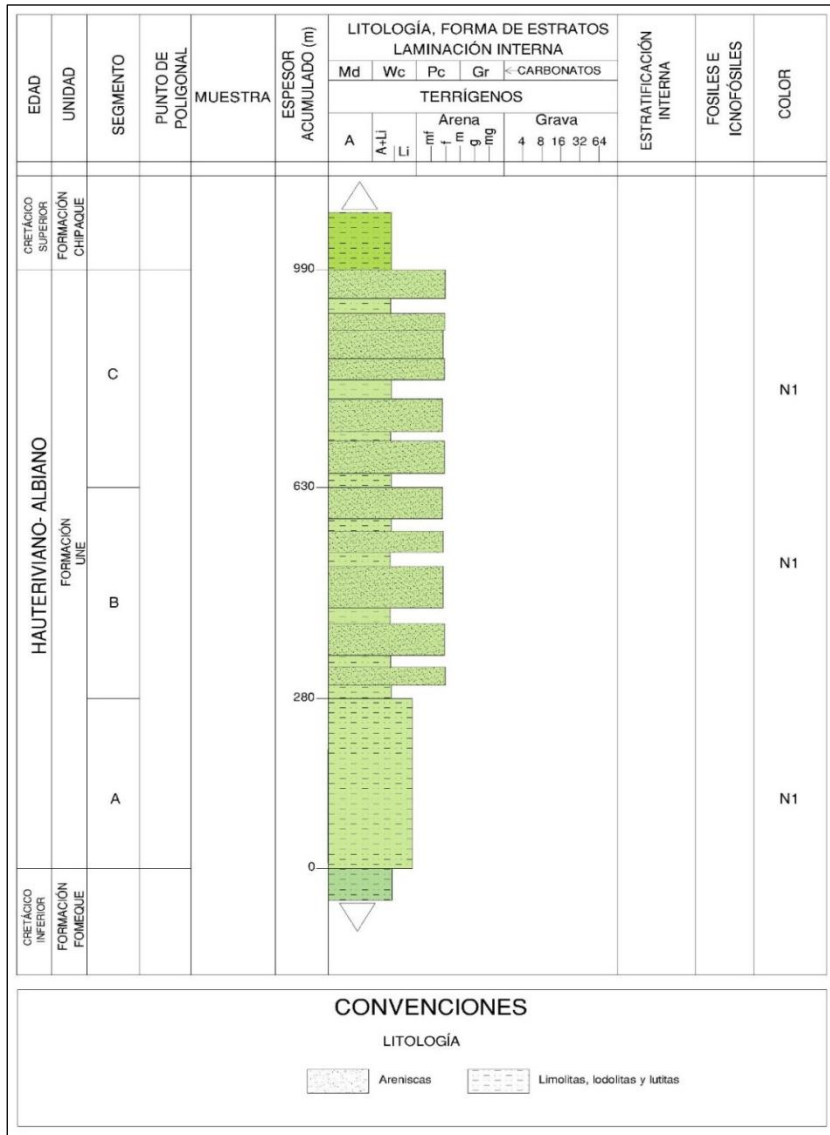


Figura 8. Columna estratigráfica de la Formación Une en la quebrada La Vega (F3, F4).

Composicionalmente predomina el cuarzo subredondeado con bordes de intercrecimiento.

La Formación Une, en el área del Anticlinal del Carmen, aflora en la cuchilla Tirepalo, conformada por areniscas cuarzosas con estratificación inclinada plana de bajo ángulo, estratificación cruzada y ripples de corriente. En el camino de la vereda El Cardón se presentan capas discontinuas en bloques hasta de 2 m de espesor de areniscas cuarzosas de grano fino a medio (Fotografía 21), con laminación plana paralela en estratos tabulares (Fotografía 22).

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.



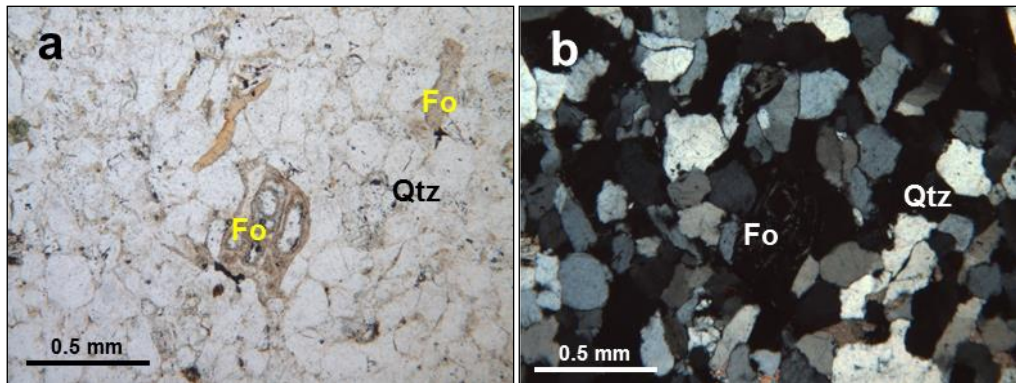
Fotografía 21. Capas gruesas de areniscas cuarzosas, camino de la vereda El Cardón. Estación JDJ-0019, 1 154 732 m.N y 842 437 m.E.



Fotografía 22. Afloramiento de areniscas en estratos tabulares en la quebrada El Guamal. Estación JDJ-0021, 1 153 200 m.N y 841 527 m.E.

En el área de El Cardón (B2), afloran areniscas cuarzosas color marrón amarillento moderado, de grano fino a medio, bien seleccionada, granos esféricos a subesféricos y subredondeados. Compuestas por cuarzo (95 %), mica (1 %) y óxidos de hierro (4 %). Algunas micas presentan coloraciones verdes (posiblemente glauconita), en algunos sectores la roca muestra textura sacaroidal.

Las secciones delgadas de muestras representativas de la Formación Une, confirman la homogeneidad litológica de la unidad, consistente en su mayoría, de cuarzoarenitas con escasas lodolitas y limolitas (Fotografía 23). La clasificación textural se presenta de acuerdo a Folk (1954), y en el diagrama se reconocen rocas en todos los campos, excepto en las areniscas limosas y limolitas arenosas según Folk (1974).



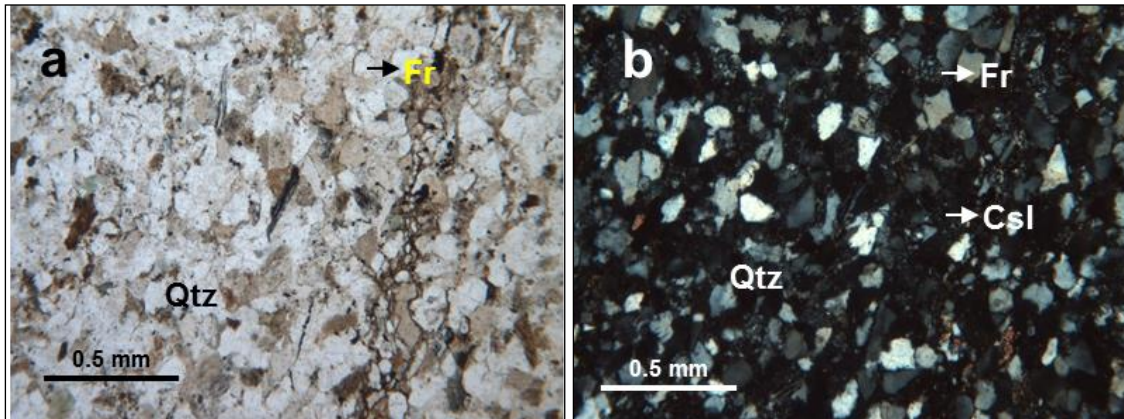
Fotografía 23. Cuarzoarenita con bioclastos, Formación Une, muestra JDJ-0069-R. Se observan ocasionales restos fósiles fragmentados (Fo) y granos de cuarzo de tamaño arena media (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Texturalmente las areniscas tienen tamaño de grano variable desde fino hasta grueso, de color gris claro a crema, porosidad inferior a 10 % y ocasionalmente hasta 18 %, maduras, a veces se presenta matriz arcillosa sericitizada, también se observa gradación de los granos de arena en algunas muestras.

Composicionalmente predomina cuarzo subredondeado con bordes de intercrecimiento, a veces con inclusiones de rutilo y microfracturado; moscovita más abundante en las rocas con sericitización, trazas de circón, turmalina y de opacos, cemento silíceo, calcáreo o ferruginoso. Algunas muestras contienen trazas de glauconita.

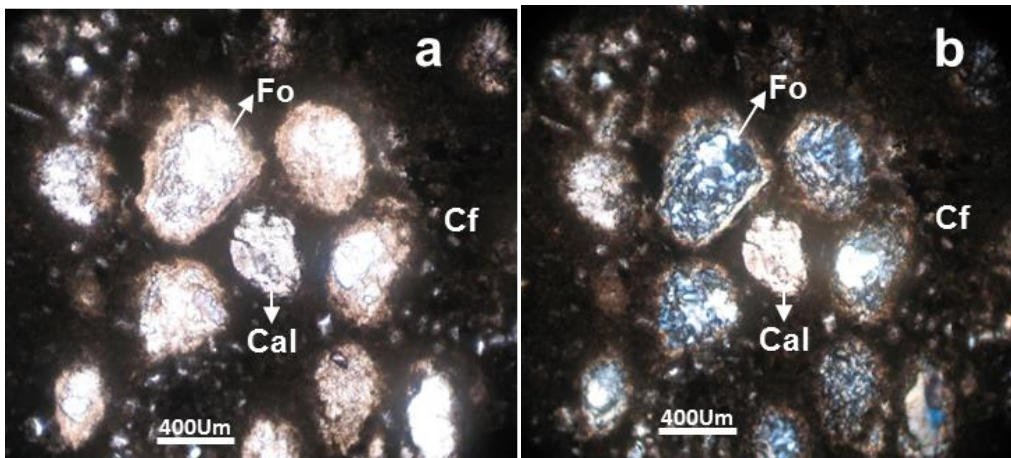
En algunas cuarzoarenitas se presentan fósiles reemplazados por colofana que permiten clasificarlas como cuarzoarenitas con fósiles.

Las sublitoarenitas contienen líticos sedimentarios, cuarzoarenitas con fracciones de grano fino en las que se encuentra hasta un 50 % de granos por debajo del tamaño limo y conglomerados arenosos que contienen granos mal seleccionados y angulosos de cuarzo y otros minerales (Fotografía 24).



Fotografía 24. Sublitoarenita, Formación Une, muestra JDJ-0068-R. Se observan fragmentos líticos (Fr) y granos de cuarzo (Qtz) matriz arcillosa parda con algo de cemento silíceo (Csl). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las limolitas tienen casi las mismas características de las lodolitas, pero en estas domina la fracción limosa, además se reconocen trazas de moscovita, glauconita, circón y opacos (Fotografía 25). En algunas muestras se identifican foraminíferos y calcita y en estas ocurre recristalización de micrita a esparita.



Fotografía 25. Limolita, Formación Une, muestra CPM-0019-R Se observan foraminíferos (Fo) y calcita (Cal) sobre cemento ferruginoso (Cf). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las lodolitas son de color gris oscuro a claro, pueden presentar laminación plana paralela, ocasionalmente se reconocen fracturas rellenas de carbonatos con pátina de óxidos. El principal componente es el cuarzo que se presenta como granos muy finos flotantes en la matriz arcillosa, son subangulares a subredondeados y de esfericidad media, la matriz se compone de minerales arcillosos entre los que se identifica sericita. El espesor promedio medido en el sector de Tame es aproximadamente de 990 m.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.1.4.3 Contactos

Estratigráficamente los contactos de la Formación Une con la infrayacente Formación Fόμεque y con la suprayacente Formación Chipaque son concordantes y gradacionales. En la Plancha 173 – Támara se encuentra en contacto fallado con las formaciones Lutitas de Macanal y Las Juntas.

3.1.4.4 Origen, edad y correlaciones

De acuerdo con Ulloa & Rodríguez (1976), la Formación Une se depositó en un ambiente marino deltaico y para Fabre (1985), la sedimentación de esta unidad representa un frente deltaico, en donde se observa estratificación inclinada planar de bajo ángulo y estratificación cruzada.

Para conocer el origen del material que compone las rocas de la Formación Une se utilizó el diagrama de Dickinson (1985), en el que se observa que dicho material proviene de dos ambientes bloque continental y orógeno reciclado.

Fabre (1985), en la región de la Sierra Nevada del Cocuy le asigna una edad que abarca todo el Albiano y una parte mal definida del Cenomaniano. En el presente trabajo, los análisis palinológicos y micropaleontológicos de las muestras tomadas no arrojaron resultados concluyentes con respecto a la edad.

Según Ulloa & Rodríguez (1976), la Formación Une parece correlacionarse con la Formación Aguardiente de la Cuenca de Santander y con la Formación Caballos de la Cuenca del Putumayo.

3.1.5 Serie Las Juntas – Une (K₁sj_u)

Al oriente del eje del Anticlinal de Paya se observa una secuencia compuesta principalmente por conjuntos muy potentes de areniscas cuarzosas, que posiblemente correspondan a las formaciones Las Juntas y Une. Debido a que en los diferentes recorridos y observaciones en fotografías aéreas e imágenes de satélite no se observó la Formación Fόμεque que es la que separa las unidades anteriores, se ha optado por unirlos provisionalmente siguiendo el concepto de Ulloa & Arias (1998), mientras se efectúan trabajos con más detalle que indiquen si la Formación Fόμεque cambia de facies de lutitas negras con intercalaciones de calizas y areniscas a facies predominantemente arenosas y en tal caso sería conveniente denominar formalmente esta unidad, por lo cual se recomienda al SGC efectuar trabajos encaminados a esclarecer lo anteriormente expuesto.

Las planchas contiguas a la 173, al Sur, Plancha 193 - Yopal, separa la Formación Lutitas de Macanal por medio de una falla y al norte Plancha 153 - Chita, muestran a la Formación Areniscas de Las Juntas con un espesor superior a la sección tipo. Debido a

lo anterior, en este trabajo se han unido las formaciones Areniscas de Las Juntas y Une en un solo conjunto y por estos motivos a esta unidad se le ha dado el nombre informal de Serie Las Juntas-Une.

3.1.5.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Se encuentra ampliamente distribuida en la parte Centro Oriental entre el flanco oriental del Anticlinal de Paya al Occidente y la Falla de Materrosa al oriente, (A7, A8, A A6 a H6, B5 a H5, G4, H4, A7 a H8, B8 a F8).

La morfología de esta serie es escarpada con filos alargados en dirección N20°E, alternando a onduladas en áreas donde afloran sinclinales. En general la morfología es escarpada, por los conjuntos muy gruesos de arenitas que componen esta unidad.

3.1.5.2 Litología

Está compuesta de su base a techo, por conjuntos potentes de areniscas cuarzosas con delgadas intercalaciones de lutitas negras. Debido a replegamientos y fallas es posible levantar columnas estratigráficas continuas para esta unidad, sin embargo, entre su base flanco occidental del Anticlinal de Paya y la Falla Colorada, se pueden apreciar secuencias de esta unidad, estimando en los cortes geológicos su espesor. Entre la Falla Colorada y la Falla Materrosa se encuentran una serie de filos alargados que pueden representar la parte superior de la serie y corresponder en gran parte a la Formación Une, dado que al seguir sus trazos de filos alargados empatan perfectamente con la Formación Une de la Plancha 193 - Yopal.

En los alrededores del Cerro Monserrate, (H4), y en el Filo Alto de Las Bobas, (C5), se hicieron observaciones que permitieron efectuar una sección columnar que por cortes geológicos indican un espesor aproximado de 1 100 m dividiendo la serie en tres segmentos que se describen de base a techo a continuación (Figura 9), es probable que el espesor sea un poco mayor, debido al fallamiento y plegamiento del área:

- Segmento A: De 550 m de espesor, compuesto por areniscas cuarzosas en bancos gruesos a muy gruesos, de grano medio a grueso, con algunos lentejones de conglomerados y con intercalaciones de lutitas negras. Las areniscas se observaron con granos redondeados a subredondeados.
- Segmento B: De 300 m de espesor, está formado por conjuntos potentes de areniscas cuarzosas, separados por niveles de lutitas negras con espesores entre 20 y 40 m. Las areniscas de los bancos arenosos son de grano medio a grueso, redondeados a subredondeados y se observó estratificación plano paralela a tangencial.

- Segmento C: De 200 m de espesor, está constituido principalmente por bancos gruesos a muy gruesos de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, con estratificación plano paralela a tangencial. En este segmento se observaron niveles de lutitas negras con espesores entre 5 y 10 m de espesor.

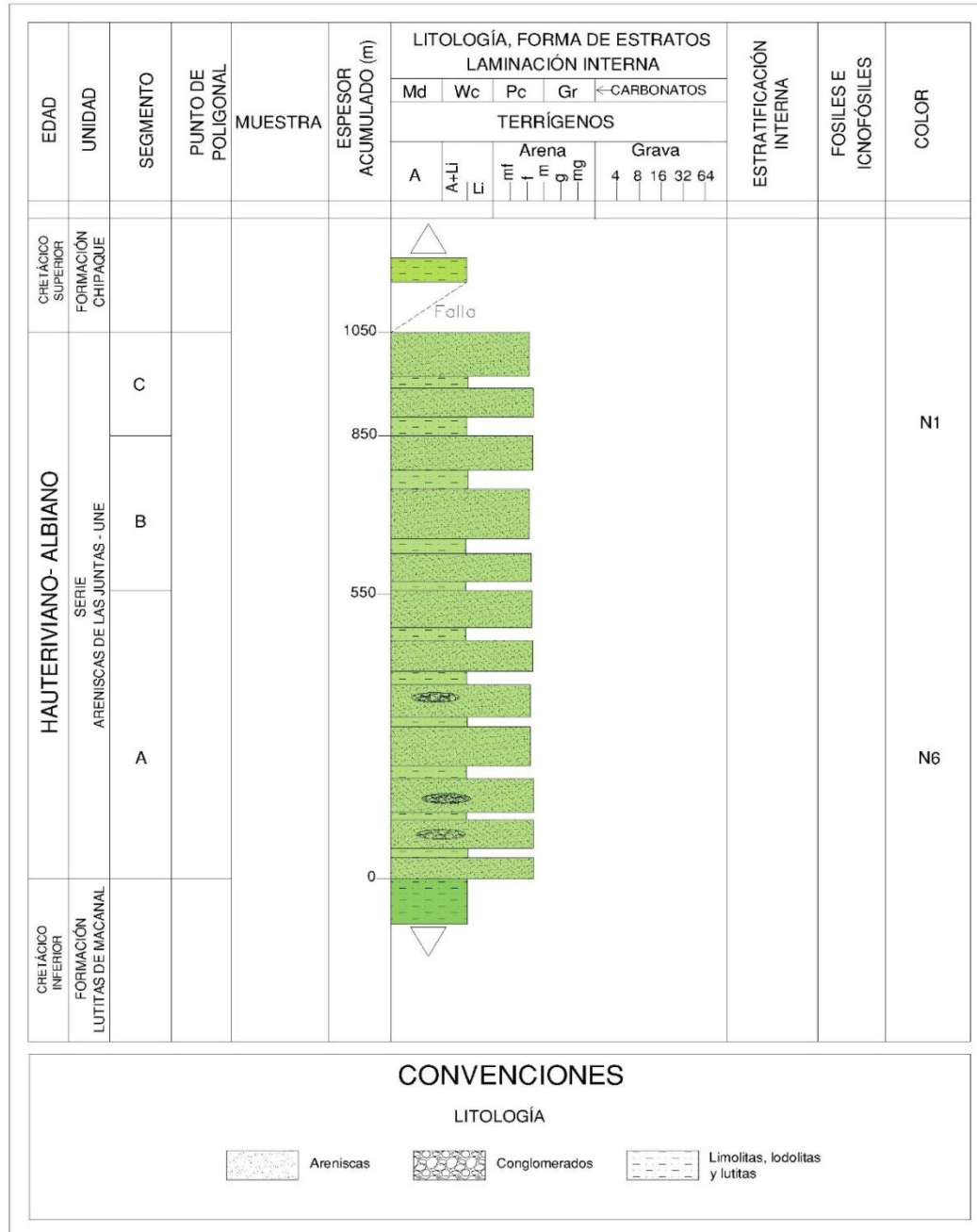


Figura 9. Columna estratigráfica de la Serie Las Juntas-Une, levantada en el flanco oriental del anticlinal de Paya.

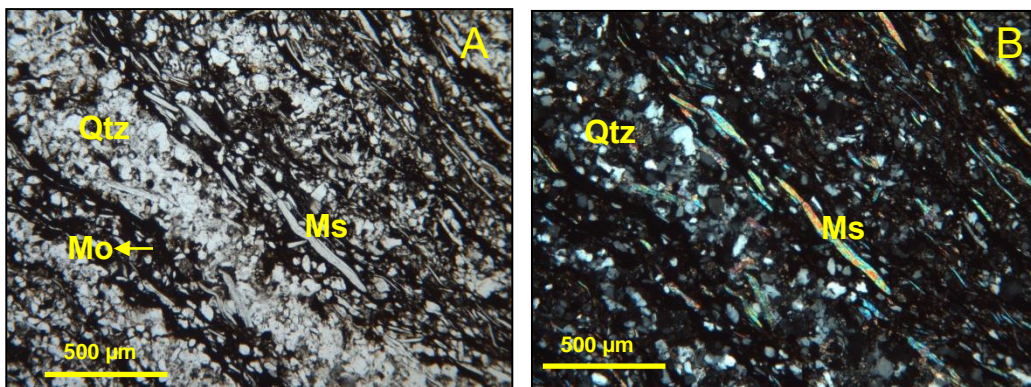
A lo largo del río Pauto se analizaron 32 muestras petrográficas, las cuales permiten establecer que la mayor parte de esta secuencia está constituida por cuarzoarenitas, cuarzoarenitas calcáreas y en menor proporción en arcillolitas y lodolita.

Estas rocas se clasifican texturalmente según Folk (1954), como areniscas, areniscas lodosas y arcillosas, lodolitas arenosas, lodolitas y arcillolitas; composicionalmente corresponden a cuarzoarenitas (Folk, 1974).

Las cuarzoarenitas calcáreas se componen de material de tamaño arena fina a media, bien seleccionada, constituida por cuarzo y subordinados líticos, de color pardo claro a gris, ocasionalmente presentan laminación ondulada marcada por materia orgánica. En general sus características son similares a las de las cuarzoarenitas, pero con un porcentaje de cemento calcáreo variable desde trazas hasta un 25 % aproximadamente, generalmente teñidas por óxidos de hierro. Ocasionalmente se presentan granos de feldespato, hornblenda y fragmentos líticos de areniscas cuarzosas y de lodolitas de color ocre.

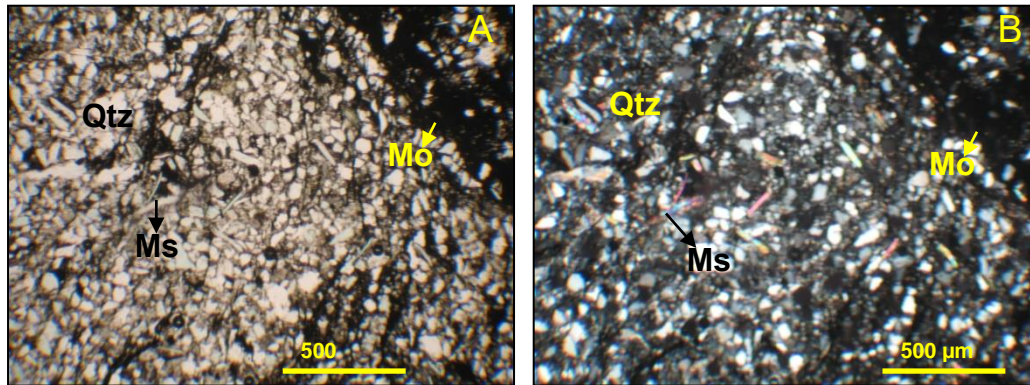
Las cuarzoarenitas presentan láminas de lodolitas y arcillolitas y estas son de color gris claro a medio, frecuentemente teñidas por óxidos de hierro, con laminación ondulada continua y discontinua, inmaduras. Composicionalmente se identifican cuarzo y minerales arcillosos como los principales granos en la roca.

El cuarzo se presenta en granos mal seleccionados, subredondeados a subangulares, con extinción ondulatoria y sobrecrecimiento de granos, se identifican también moscovita por diagénesis, minerales arcillosos concentrados principalmente en las láminas de arcillolita, trazas de turmalina, circón, esfena y opacos y materia orgánica que le imprime un color pardo a la roca (Fotografía 26).



Fotografía 26. Lodolita con láminas de limolitas y cuarzoarenita, Serie Las Juntas-Une. Parte inferior Muestra RAR-0099-R-A, se observa laminación ondulada paralela marcada por cuarzo (Qtz), minerales micáceos (moscovita Ms), arcillosos y materia orgánica (Mo). A) Nícoles paralelos, B) Nícoles cruzados.

Las arcillolitas se componen de material de tamaño arcilla y en menor proporción limo y presentan color gris medio a oscuro, con contenido de materia orgánica, presentan laminación ondulada paralela continua y discontinua, los granos son subredondeados a subangulosos y subesféricos a subelongados. Algunas se observan con bioturbación destruyendo la laminación y ocasionalmente se encuentran homogéneas en estructura (Fotografía 27).



Fotografía 27. Arcillolita rica en materia orgánica, Serie Las Juntas-Une. Muestra ASG-0044-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) en matriz de arcilla rica en materia orgánica (Mo) y con láminas de moscovita (Ms). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

La composición y características de las lodolitas no difieren mucho de la de las arcillolitas, excepto por el dominio de granos en el rango de tamaño limo que generalmente corresponden a cuarzo. Es frecuente que muestren laminación plana paralela discontinua, así como colores grises determinados principalmente por el contenido de materia orgánica. Las lodolitas pueden estar compuestas también por trazas de circón, turmalina, epidota, chert, opacos y líticos de arcillolitas pardas.

3.1.5.3 Contactos

La serie se encuentra reposando concordantemente sobre las Lutitas de Macanal y su contacto superior se encuentra en contacto fallado con la Formación Chipaque.

3.1.5.4 Origen, edad y correlaciones

El ambiente de depósito de esta serie, según Ulloa et al., 2000, en su parte inferior corresponde a zonas marinas de poca profundidad, en donde se depositaron arenas y limos que provenían del continente. La parte superior de la serie posiblemente se depositó en un ambiente marino deltaico (Fabre, 1985). Esta unidad se puede correlacionar en la parte norte con la parte superior de las formaciones Rio Negro, Tibú-Mercedes y Aguardiente, y al sur con la Formación Caballos (Ulloa & Rodríguez, 1976).

3.1.6 Formación Chipaque (K₂ch)

La Formación Chipaque se utiliza en este trabajo en el sentido de Renzoni (1962), el cual engloba bajo este nombre al conjunto de Chipaque de Hubach (1931) y al Conjunto Inferior de Guadalupe. La sección tipo está referenciada en las inmediaciones de la población de Chipaque, donde la constituyen una sucesión de lodolitas negras fosilíferas, con cantidades subordinadas de calizas arenáceas, areniscas de grano fino y hacia la base, capas de carbón.

3.1.6.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Chipaque se encuentra de la parte oriental y occidental de la Plancha 173. En la parte occidental hace parte del Anticlinal del Carmen, (A2 a A4, B1, B2 y C1) y en la parte Suroriental, entre las fallas La Palma y Tabiguera, (F1, F2, G1, G2 y H1) y en ambos flancos del Sinclinal del Desespero, (C1, D2, D3, F2, F3, E2, E3, G2, G3, H1 a H3). En la parte oriental, hace parte del Sinclinal Los Mangos y el Anticlinal Tabloncito, (A9, B9, C8, C9, D8, D9, E9, F9, G8 y H7). Presenta una morfología de suaves colinas en el Anticlinal del Carmen en la parte noroccidental, entre las fallas La Palma y Tabiguera en la región Suroccidental y entre el Sinclinal Los Mangos y Anticlinal Tabloncito en la parte oriental y una región deprimida en ambos flancos del Sinclinal del Desespero, en donde se encuentra en medio de la Formación Une y la Formación Guadalupe (Fotografía 28).



Fotografía 28. Morfología asociada a la Formación Chipaque. Estación JDJ-0002, 1 157 552 m.N y 839 600 m.E. Cuadrícula B1.

3.1.6.2 Litología

La mejor exposición de la unidad, observando su base y su techo, se encuentra en la quebrada La Palma (F2), en donde se describe una sección columnar de aproximadamente 500 m de espesor (Figura 10):

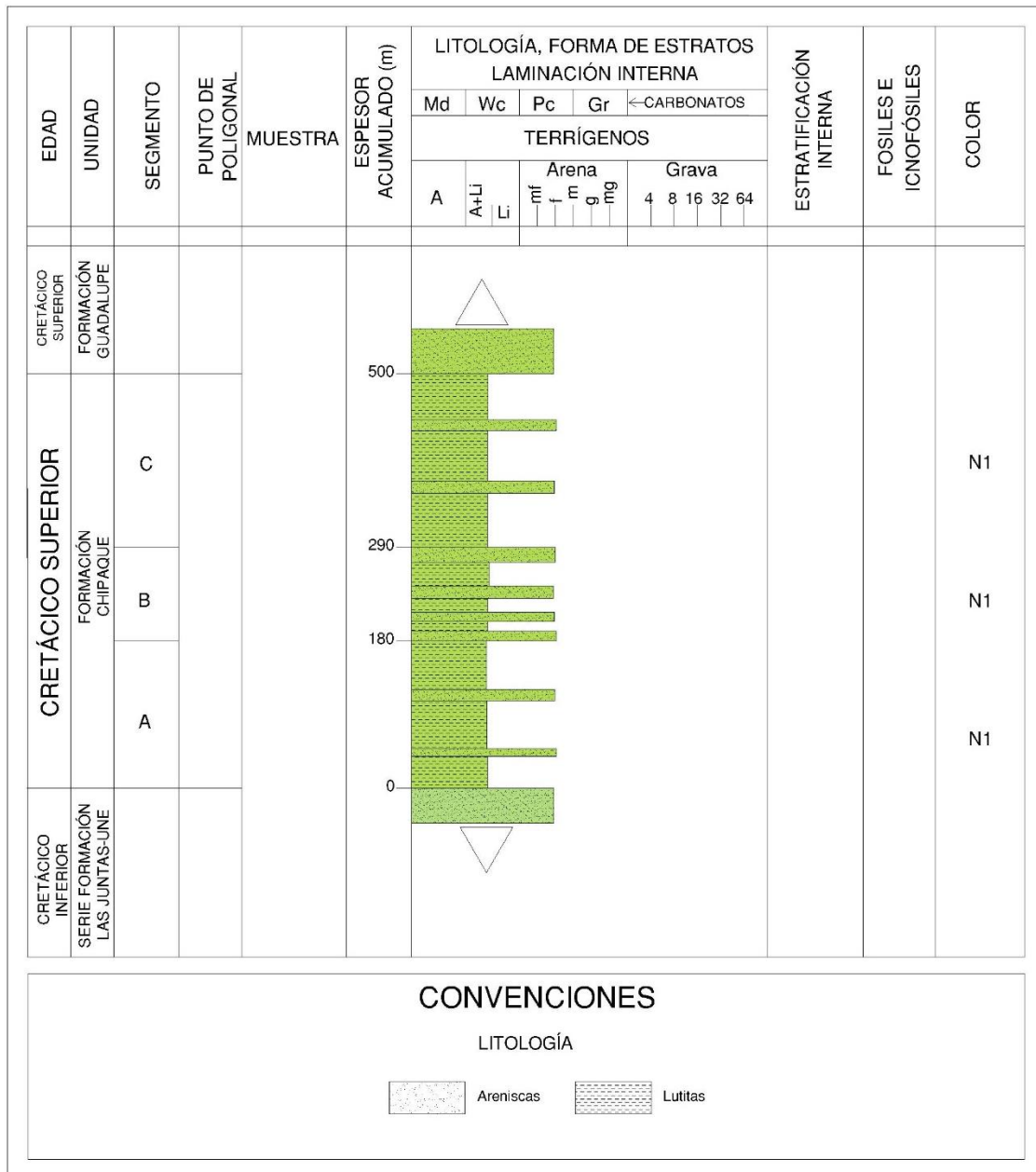


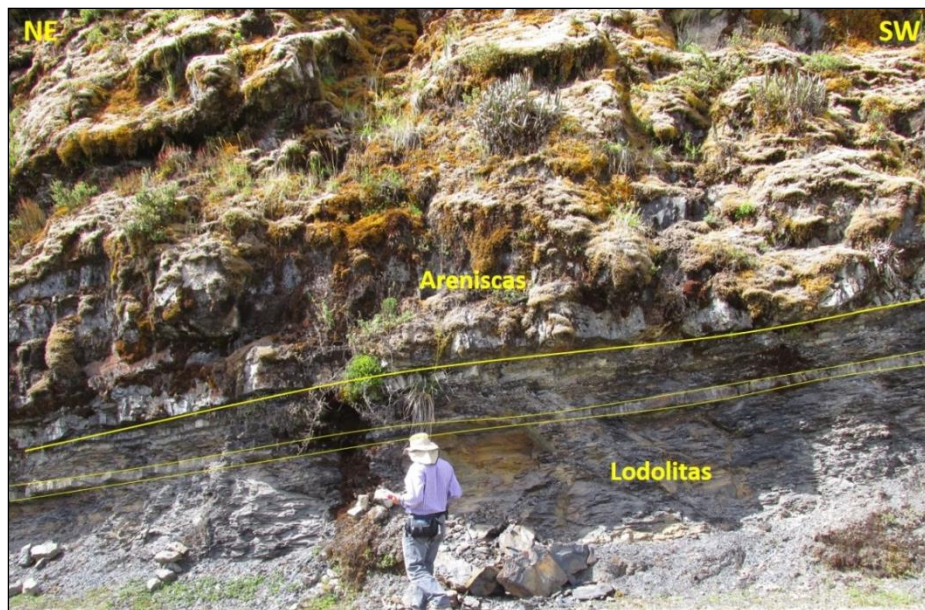
Figura 10. Columna estratigráfica de la Formación Chipaque.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

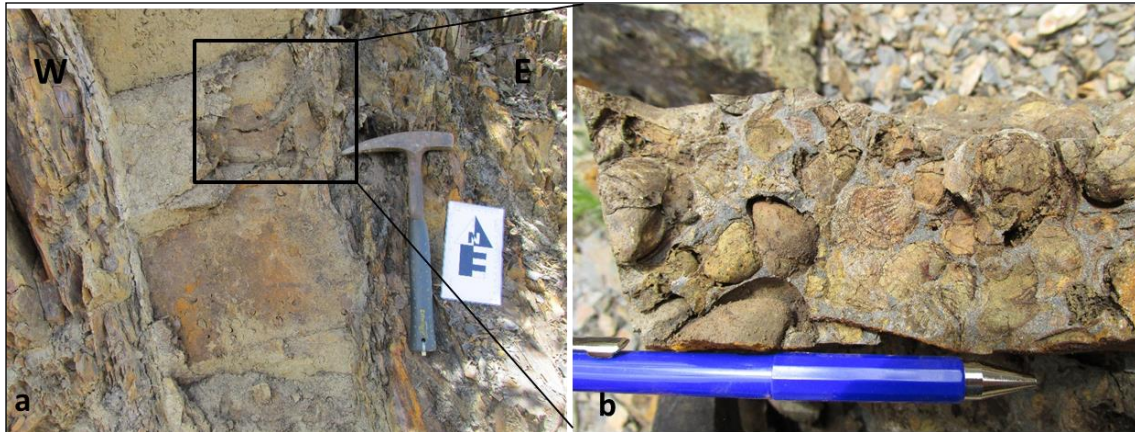
- Segmento A: De 180 m, compuesto por lutitas negras con intercalaciones de areniscas, en bancos de 2 a 5 m de espesor.
- Segmento B: De 110 m, presentando una alternancia de areniscas cuarzosas en estratos de 3 a 10 m de espesor, intercalados con lutitas negras en bancos de 8 a 15 m de espesor. Las areniscas son de grano fino a medio, estratificación plano paralela y su color es gris claro. Las lutitas son ligeramente micáceas y ricas en materia orgánica.
- Segmento C: De 210 m, constituido principalmente por lutitas negras con algunas intercalaciones de arenitas de pocos metros de espesor. Las lutitas son ligeramente micáceas y ricas en materia orgánica. Las capas presentan laminación horizontal y son frecuentes nódulos ferruginosos y calcáreos. En la parte inferior de este segmento, se encontró una capa de areniscas calcáreas de color gris claro.

En el área de los flancos del Anticlinal del Carmen se hicieron observaciones parciales de la Formación Chipaque, encontrándose lutitas negras, con intercalaciones de areniscas cuarzosas.

En un afloramiento aislado se encontraron lutitas color marrón, lodolitas negras, en las cuales se encontraron moluscos (vía Socha-Sacama). El contacto con la Formación Une se observó neto y concordante y su contacto superior no se observa en el área pero en el trabajo de Fabre (1985) es neto y concordante (Fotografía 29 y Fotografía 30).



Fotografía 29. Afloramiento de areniscas suprayaciendo lodolitas gris oscuras bioturbadas en el sector de El Cardón, Chita. Estación HLM-0003, 1 159 344 m.N y 839 672 m.E.



Fotografía 30. Estrato con fósiles de moluscos en lutitas marrón entre lodolitas negras, b) Detalle de los moluscos. Vía Socha-Sácama, estación HLM-0002, 1 159 747 m.N y 841 805 m.E.

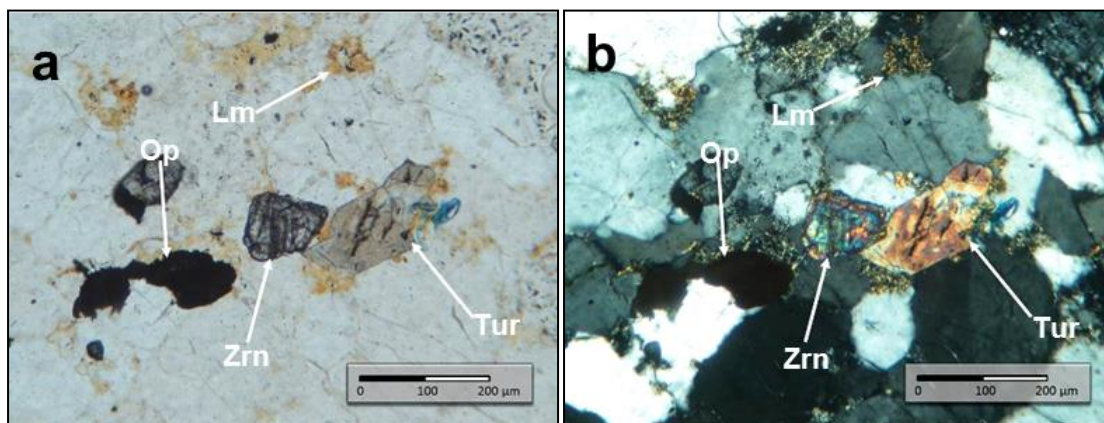
En el sector suroriental de la Plancha, en el Anticlinal Los Mangos, sin encontrarse ni el techo ni la base, se observaron cinco conjuntos de esta unidad. El miembro A constituido principalmente por lutitas negras, el miembro B por areniscas cuarzosas, el C por lutitas negras y el D por areniscas cuarzosas y el E lutitas negras. Estos aspectos también se observaron en fotografías aéreas y en las imágenes de satélite.

La clasificación composicional de muestras representativas de esta unidad, permite diferenciar cuarzoarenitas con variaciones a cuarzoarenitas calcáreas, arcillosas, con glauconita, con líticas y ferruginosas; arcillolitas y arcillolitas carbonosas; limolitas cuarzosas y ferruginosas; lodolitas y lodolitas arenosas y carbonosas; subarcosas, sublitoarenitas y ortoconglomerados oligomícticos en menor proporción.

Las cuarzoarenitas son de color blanco a gris muy claro y gris verdoso, tienen granos de tamaño medio, subredondeados, subangulosos, subesféricos a subelongados, algunas presentan laminación plana paralela incipiente, con porosidad primaria inferior al 2 % con algunas excepciones que alcanzan hasta el 18 % y porosidad secundaria esporádica, inferior al 5 %. Generalmente son maduras, en algunas muestras se reconocen cemento ferruginoso y silíceo y cuando hay matriz arcillosa, esta se encuentra sericitizada (Fotografía 31). Casi todas las cuarzoarenitas de esta unidad alcanzan alta recristalización aproximándose a la anquizona.

Están compuestas por cuarzo monocristalino, policristalino y en ocasiones deformado, se identifica moscovita como granos de hábito tabular, a veces flexionada y también como inclusiones en granos de cuarzo monocristalino, opacos como cristales subhedrales, subesféricos y subredondeados, posiblemente correspondan a óxidos como goethita, se reconocen trazas de circón y turmalina y algunos líticos sedimentarios, es posible identificar clorita en varias muestras pero se presenta en muy

bajo porcentaje; cuando aumenta la fracción arcillosa, tienen asociada algo de materia orgánica y tienden a ser submaduras. Otros materiales reconocidos en menor proporción en algunas muestras son feldespato potásico, y líticos volcánicos y metamórficos.



Fotografía 31. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra JDR-0081-R-A. Se observan granos de cuarzo (Qtz) monocristalino, zircón (Zrn), turmalina (Tur) y limonita (Lm). (Op) Opacos. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

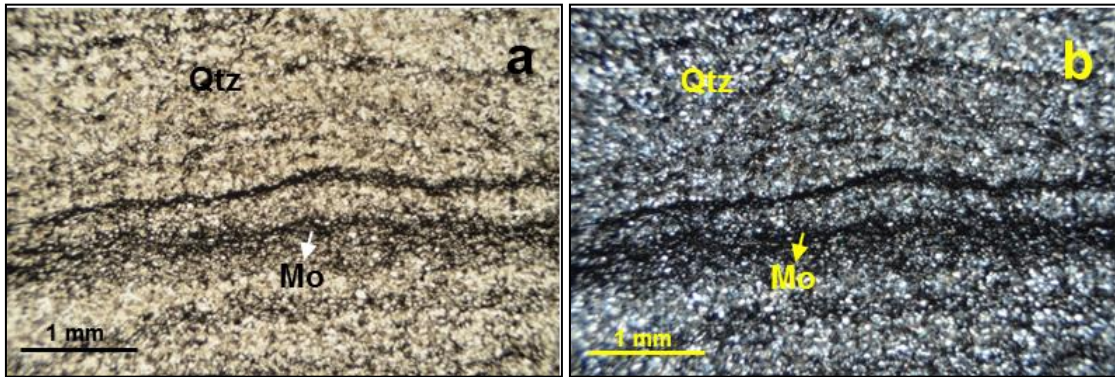
En una muestra representativa de las cuarzoarenitas calcáreas se identifican características texturales como color gris claro medio (N6), granos de tamaño arena muy fina, subsféricos y subangulares y láminas paralelas no continuas de materia orgánica.

Composicionalmente se reconocen cuarzo, materia orgánica, moscovita y cemento esparítico y micrítico, además de trazas de circón, opacos y glauconita.

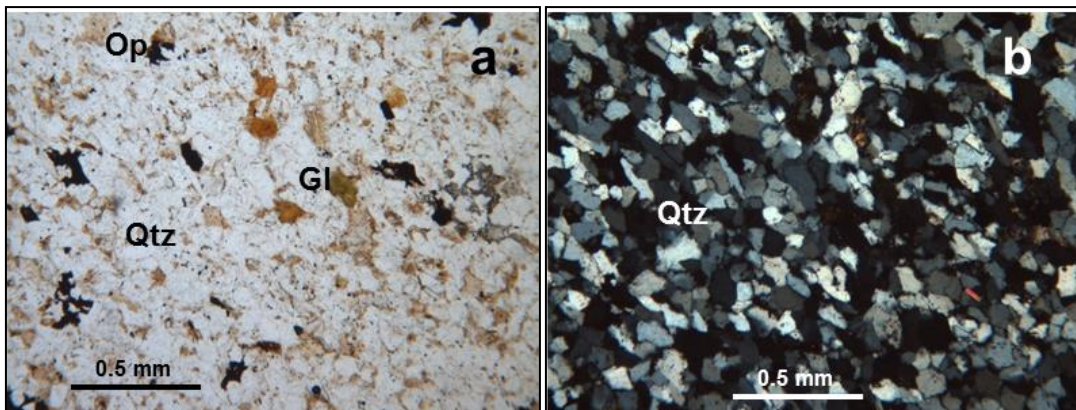
En otra muestra de características similares pero con un porcentaje mayor de la fracción limosa y arcillosa, se genera laminación a partir de la diferenciación de las partículas por tamaño (Fotografía 32).

Las cuarzoarenitas con glauconita presentan características similares a las cuarzoarenitas previamente descritas, algunas con cemento silíceo y otras con cemento calcáreo, pero con mayor contenido de glauconita que puede alcanzar hasta el 5 % (Fotografía 33).

Las arcillolitas son de color gris oscuro-negro (N2-N1) con zonas irregulares de disolución no continuas, con fragmentos de cuarzo de tamaño limo dispersos en matriz arcillosa, algunas muestras tienen laminación plana paralela no continua o bioturbación.



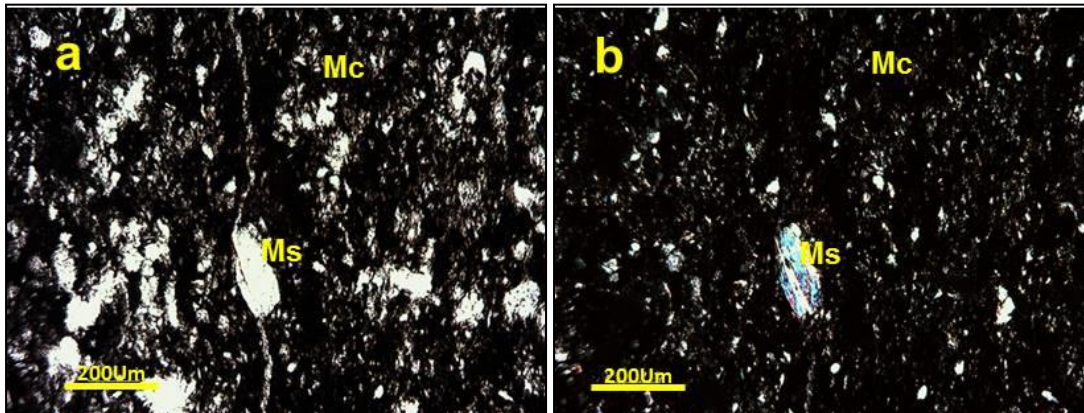
Fotografía 32. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra WCR-0003-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) en láminas plano paralelas y láminas *negras* de material arcilloso con materia orgánica (Mo). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.



Fotografía 33. Cuarzoarenita, Formación Chipaque, muestra JDJ-0071-R-B en la que se observan glauconita (Gl) y cuarzo (Qtz). (Op) Opacos. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

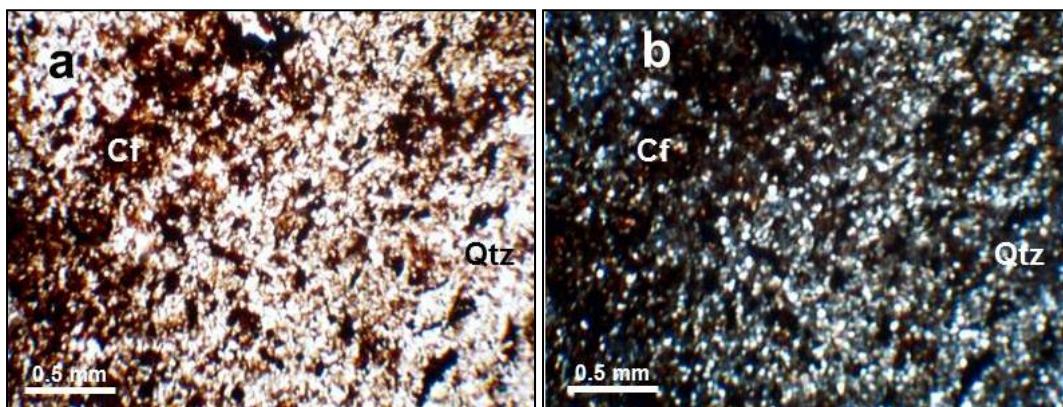
Composicionalmente dominan minerales arcillosos de color pardo oscuro ocasionalmente teñidos por óxidos de hierro, cuarzo como granos flotantes empolvados por materia carbonosa, materia orgánica en proporciones variables que marca la laminación cuando la hay y que determinan su clasificación composicional como arcillolitas carbonosas, en algunas muestras se identifican trazas de moscovita y sericita generada por recristalización, opacos, microfósiles y piritita (Fotografía 34).

Limolitas, limolitas cuarzosas y limolitas ferruginosas también hacen parte de la variedad litológica de la Formación Chipaque, estas son casi siempre de color gris claro a oscuro, a veces naranja amarillento de acuerdo al contenido de óxidos de hierro, algunas presentan laminación ondulada o plana no continua, los granos son subredondeados a subesféricos.



Fotografía 34. Arcillolita carbonosa, Formación Chipaque, muestra JDJ-0002-R. Se observa un fragmento de moscovita (Ms) en matriz arcillosa – carbonosa (Mc), levemente laminada y pequeños granos de cuarzo. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

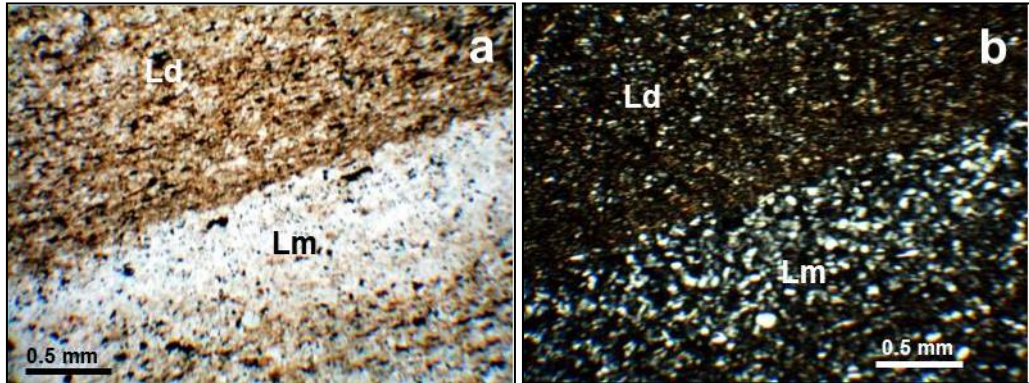
Los minerales y materiales que las componen no son muy diferentes a los de las cuarzoarenitas y la diferencia más notoria es el tamaño de grano. El cuarzo es el mineral más abundante, los granos se encuentran empolvados por minerales arcillosos y teñidos por óxidos de hierro, le siguen minerales arcillosos de color pardo formando a matriz, entre estos dos componentes se diferencian proporciones variables en cada muestra, moscovita, materia orgánica, sericita por recristalización, materia carbonosa, circón, opacos. Una excepción, son las limolitas ferruginosas en las cuales el cemento ferruginoso se presenta casi en el mismo porcentaje que el cuarzo (Fotografía 35).



Fotografía 35. Limolita ferruginosa, Formación Chipaque. Muestra WCR-0024-R-B. La fracción marrón rojizo corresponde a cemento ferruginoso (Cf), la fracción clara se compone principalmente de cuarzo (Qtz). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las lodolitas no difieren mucho en textura y composición de las rocas descritas anteriormente, pero en estas aumenta el contenido de minerales arcillosos formando

la matriz y la laminación plana paralela es más frecuente y marcada, en la que son comunes las bandas de limolitas intercaladas con las arcillolitas (Fotografía 36).



Fotografía 36. Lodolita, Formación Chipaque. Muestra HLM-0031-R-B.

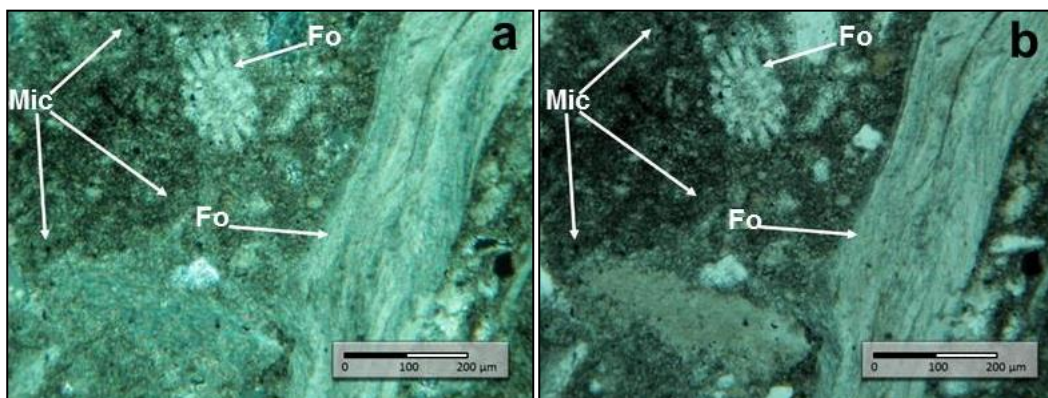
Se observa laminación plana paralela marcada por cambios de tamaño de grano y composicionales; corresponden a lodolitas (Ld) ricas en arcilla intercaladas, con láminas de limolitas de cuarzo (Lm), a) Nicóles paralelos, b) Nicóles cruzados.

Las rocas químicas que se reconocen dentro de esta unidad son calcáreas y se diferencian micritas, biomicritas, esparitas y bioesparitas. Generalmente son de color gris oscuro a medio con tonalidades verdes y pardas, presentan fósiles fragmentados y a veces completos distribuidos en forma aleatoria, frecuentemente atravesadas por vetillas calcáreas. En el proceso de recristalización la matriz de micrita microcristalina pasa a un cemento esparítico de grano más grueso.

Algunas rocas están compuestas por aloquímicos como bioclastos de briozoarios, foraminíferos, conchas de braquiópodos, equinodermos, moluscos y posiblemente algas, completos y fragmentados, de tamaños variables, reemplazados por calcita, algunos con estructura fibrosa, con cantidades variables de granos de cuarzo, colofana, líticos sedimentarios, moscovita, chert y glauconita, entre otros. En otras priman los ortoquímicos como lodo micrítico, también se reconoce cemento esparítico (Fotografía 37).

3.1.6.3 Contactos

Los contactos de la Formación Chipaque se encuentran en ambos flancos del Sinclinal del Desespero, concordantes y netos en su base con la Formación Une y concordante y neto en su parte superior con la Formación Lidita Dura del Grupo Guadalupe en el flanco Este del sinclinal y fallado en el flanco Oeste con ésta misma unidad.



Fotografía 37. Biomicrita, Formación Chipaque, muestra DMA-0049-R-B. Se observa fósiles (Fo) en matriz micrítica (Mic). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

3.1.6.4 Origen, edad y correlaciones

Las muestras tomadas en esta unidad para estudios palinológicos y micropaleontológicos, indican que el ambiente de depósito de estos sedimentos son transicionales, tienen influencia marina y continental (Tabla 5). Los diagramas de Dickinson (1985) determinan que la Formación Chipaque proviene de dos ambientes, bloque continental y orógeno reciclado.

Tabla 5. Resultados palinológicos y micropaleontológicos de la Formación Chipaque.

Muestra	Palinomorfos /Foraminíferos	Edad	Ambiente Depósito	Observaciones
JDJ-0001	Palinomorfos <i>Cicatricosisporites spp.</i> , <i>Classopollis classoides</i> , huevos de crustáceos, <i>Dinoquistes indet.</i> , Foraminiferal test lining, <i>Oligosphaeridium spp.</i> , <i>Psilamonocolpites spp.</i> , <i>Psilatriteles sp</i>	Albiense-Cenomaniense	Marino con influencia Continental	Predominan los foraminíferos
JDJ-0002	<i>Afropollis jardinus</i> , <i>Dinoquistes indet.</i> , <i>Elaterosporites type?</i> , Foraminiferal test lining, <i>Pollenites spp.</i> , <i>Psilatriteles sp.</i> , <i>Retipollenites spp.</i> y esporas de hongos	Albiense-Cenomaniense	Marino con influencia Continental	Predominan los foraminíferos
KBM-0007-R	<i>Afropollis jardinus?</i> , <i>Classopollis classoides?</i> , Foraminifera test lining, <i>Pollenites type</i> , <i>Retipollenites spp</i>	Albiense-Cenomaniense	Marino con influencia Continental	Predominan los foraminíferos

Por su parte las edades para esta unidad en la Plancha 173 - Támara, se relacionan con Albiense - Cenomaniense, a partir de los resultados palinológicos y micropaleontológicos presentados en la Tabla 5, infiriendo que los sedimentos de esta unidad en esta zona, se asocian con la base de la formación, descrita por Julivert

(1968). Este mismo autor propone para esta unidad la edad entre el Cenomamiano al Santoniano.

Esta formación es correlacionable litológicamente con la parte superior de la Formación Simití en el Valle Medio del Magdalena y con la Formación Chipaque, de la Sabana de Bogotá (Royero & Clavijo, 2001).

3.2 REGIÓN OESTE - SUR

En la región oeste sur, afloran sobre la Formación Chipaque las unidades Grupo Guadalupe, constituido por las formaciones Lidita Dura, Plaeners y Arenisca Tierna; y las formaciones Guaduas y Areniscas de Socha Inferior.

3.2.1 Formación Lidita Dura (K₂ld), Formación Plaeners (K₂p), Formación Arenisca Tierna (K₂at) – (Grupo Guadalupe)

Hettner (1892) definió el Grupo Guadalupe al establecer la subdivisión del Cretáceo de la Cordillera Oriental en Guadalupe y Villeta. Renzoni (1962) dividió el Grupo Guadalupe de base a techo en las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna. Considerándolo como una unidad predominantemente arenosa que suprayace la Formación Chipaque e infrayace la Formación Guaduas. Pérez & Salazar (1978), dividen el Grupo Guadalupe en cuatro formaciones, de base a techo son: Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna.

En el área de Pisba, Montoya *et al.* (2013), redefine el grupo para esta localidad con las formaciones Lidita Dura, Plaeners y Arenisca Tierna, en este informe se seguirá esta nomenclatura.

3.2.1.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Se encuentra a ambos lados del flanco del Sinclinal del Desespero y se caracteriza por presentar una morfología de dos filos alargados y una depresión entre estos en dirección noreste de 15° (Fotografía 38).

A continuación se describirán los aspectos litológicos de las unidades que conforman el Grupo Guadalupe.

3.2.1.2 Litología

En las cercanías de Pisba, (H2) y en las quebradas Las Lajas y río Pauto, (C4 y D4), se encuentran los mejores afloramientos de este grupo, el cual se divide a su vez en las formaciones Lidita Dura, Plaeners y Arenisca Tierna, a continuación se describen los aspectos litológicos de cada una de estas unidades.



Fotografía 38. Expresión geomorfológica de escarpes de ángulo alto de la Formación Arenisca Tierna (K2at). Quebrada La Buitrera, vista desde cercanías de la estación LTF-0007, 1 144 041 m.N y 850 802 m.E.

– Formación Lidita Dura (K₂ld)

Fue redefinida por Montoya *et al.* (2013) para el área de Pisba. En el área de la quebrada Las Lajas se pudo realizar una sección columnar (C4), donde se propone un espesor de 190 m dividiéndola en tres segmentos que se describen de base a techo a continuación:

- Segmento A: De 23 m, compuesto por areniscas cuarzosas, en estratos gruesos a muy gruesos con delgadas intercalaciones de lutitas negras. Las areniscas presentan capas con geometría plano paralela.
- Segmento B: De 95 m, compuesto por limolitas silíceas en estratos de 0,2 a 0,5 m con estratificación plano paralela intercaladas con areniscas cuarzosas en estratos gruesos a muy gruesos.
- Segmento C: De 55 m, compuesto por areniscas cuarzosas en estratos medianos a gruesos con intercalaciones de lutitas negras de pocos metros de espesor.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

– Formación Plaeners (K₂p)

Fue definida por Pérez & Salazar (1978), y en el área de estudio presenta un relieve deprimido y su espesor está basado en el corte geológico interpretativo (C4), calculando un espesor máximo de 150 m. En afloramientos aislados, la unidad está constituida por lutitas negras con esporádicas intercalaciones de limolitas silíceas en bancos de 3 a 4 m (Plaeners), en estratos delgados. En esta zona no se observa su techo ni su base, aunque según Pérez & Salazar (1978), los contactos son concordantes con las unidades supra e infrayacentes.

– Formación Arenisca Tierna (K₂at)

Fue definida por Pérez & Salazar (1978) y representa la parte superior del Grupo Guadalupe. Esta unidad se encuentra en los alrededores de Pisba (C4) y está conformada principalmente por areniscas cuarzosas de grano fino a medio en conjuntos de unos 10 m de espesor y en bancos de 30 a 5 m. Las arenas se pueden clasificar como cuarzoarenitas bien seleccionadas con cemento silíceo. Dentro de las areniscas se encuentran intercalaciones de lutitas negras (Fotografía 39). La unidad se encuentra en contacto concordante con la Formación Plaeners hacia la base y con la Formación Guaduas hacia el techo. El espesor aproximado para esta unidad es de 250 m.



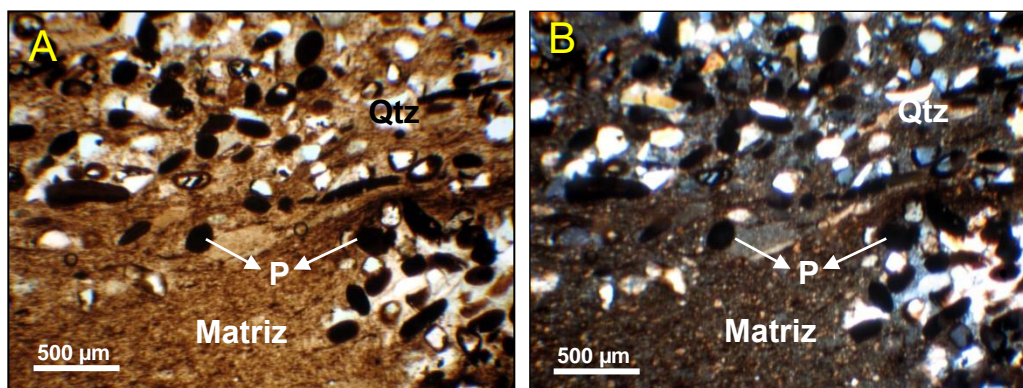
Fotografía 39. Afloramiento en el que se observan intercalaciones de estratos delgados de arenisca, arcillolitas y mantos carbonosos del Grupo Guadalupe. Quebrada La Buitrera, estación LTF-007, 1 144 051 m.N y 850 803 m.E.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Con respecto a los rasgos petrográficos del Grupo Guadalupe, texturalmente se diferencian areniscas, areniscas arcillosas, areniscas lodosas, arcillolitas arenosas, arcillolitas, lodolitas y limolitas. Igualmente se presentan arcillolitas bituminosas, carbonosas, con foraminíferos, peloides y con materia orgánica.

Composicionalmente el Grupo Guadalupe presenta cuarzoarenitas, litoarenitas y sublitoarenitas; limolitas y lodolitas silíceas, así como bioesparitas y biomicritas.

Las arcillolitas son de colores grises a negro grisáceo, con laminación plana paralela y algunas veces lentes arenosos. Las arcillolitas arenosas aumenta el tamaño limo a arena que tiende a formar laminación ondulada no paralela, en las arcillolitas bituminosas aumenta la proporción de materia orgánica y en algunas aparecen foraminíferos con tamaño entre 100 μm a 500 μm , generalmente con los caparazones reemplazados por calcita y las cámaras rellenas de cuarzo criptocristalino (chert) cuando se identifican peloides; éstos se observan de color pardo, esféricos a subsféricos, elongados, reemplazados por colofana y materia orgánica, en zonas moteadas bioturbadas junto a granos detríticos de cuarzo (Fotografía 40).



Fotografía 40. Arcillolita Arenosa, Grupo Guadalupe, muestra LTF-0009-R.

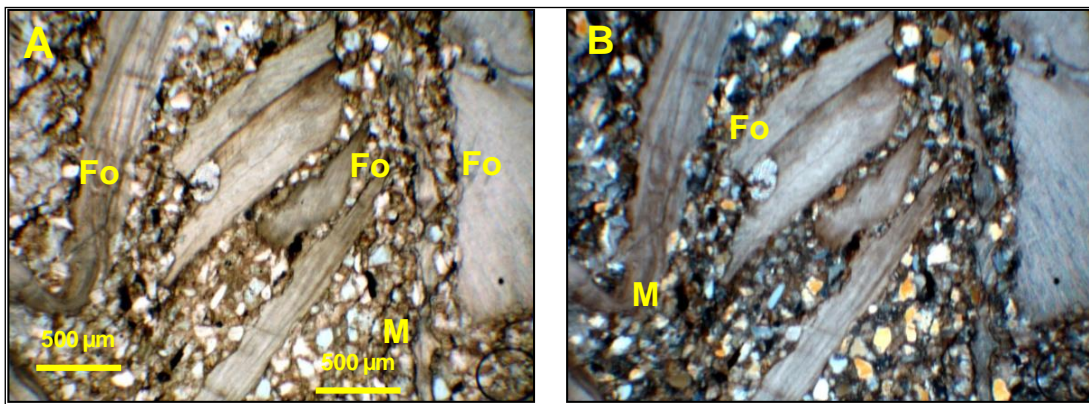
Se observa granos de tamaño arena fina de cuarzo (Qtz) junto a peloides esféricos de tamaño arena y color negro (P) matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Composicionalmente presentan minerales arcillosos de color pardo formando la matriz en la que se encuentran embebidos cuarzo monocristalino, foraminíferos, cemento ferruginoso y matriz arcillosa. En menor proporción presentan moscovita, granos de plagioclasa, opacos y glauconita. En algunas muestras, las conchas de los foraminíferos presentan silicificación total; la autigénesis está marcada por cristalización de glauconita que indica influencia de ambiente marino somero.

Las biomicritas y bioesparitas son de color gris claro a medio, con restos fósiles fragmentados y completos que flotan en material limoso a arenoso calcáreo rico en

granos de cuarzo, arcilla de color pardo entre los granos y cristales de calcita que les dan un aspecto moteado.

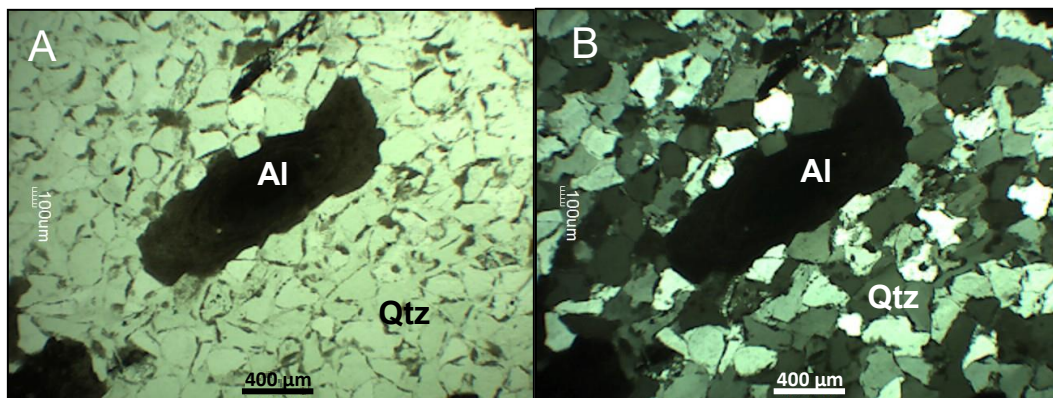
Los bioclastos consisten de bivalvos, gasterópodos, moluscos, esponjas y algas reemplazados por calcita, algunos con estructura fibrosa y con reemplazamiento local de calcedonia fibrosa, se observa microesparita recristalizada a partir de micrita en parches rellenando los espacios entre granos de cuarzo y arcilla, reconocen además trazas de moscovita; en algunas muestras aparecen peloides reemplazados por materia orgánica bituminosa, de color pardo oscuro a negro (Fotografía 41).



Fotografía 41. Bioesparita, Grupo Guadalupe, muestra JDJ-0006-R.

Restos de fósiles (Fo) reemplazados por calcita, flotando entre matriz limo-arenoso con granos de cuarzo, arcilla y micrita (M). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las cuarzoarenitas son de colores variables entre naranja pálido y gris medio, de grano fino, subangulares, de baja esfericidad y submaduras, con porosidad inferior al 8 % (Fotografía 42).



Fotografía 42. Cuarzoarenita, Grupo Guadalupe, muestra DMP-0017-R-B.

Cuarzo monocristalino (Qtz) en la que se diferencia un aloquemo elongado concéntrico (Al). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

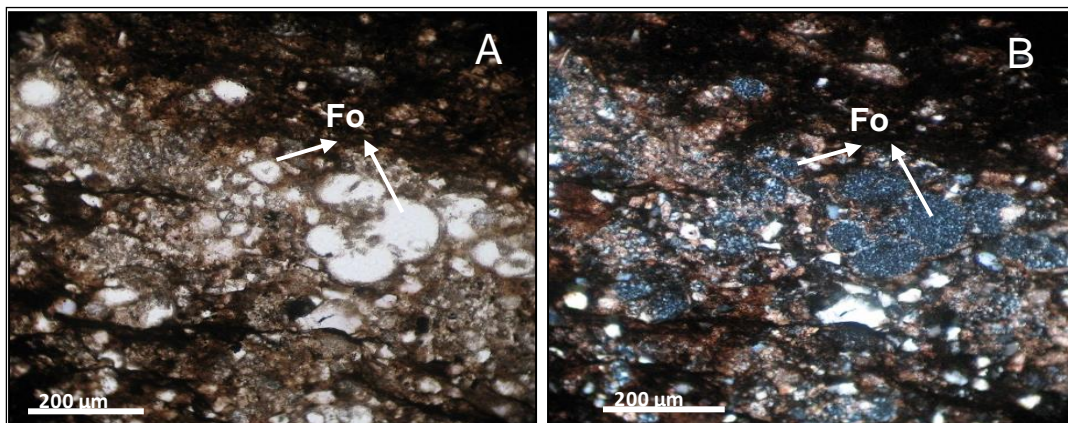
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Como componentes principales se encuentran cuarzo y minerales arcillosos como matriz, además se identifican trazas de glauconita y de circón, feldespato, opacos y materia orgánica. Algunas variedades lodosas contienen fósiles elongados redondeados que a su vez están imbricados, éstos son de composición silíceo con materia orgánica ubicada de forma concéntrica, posiblemente foraminíferos aglutinados.

Las variedades sub-arcósicas presentan componentes similares, pero el feldespato alcanza hasta un 12 %; las variedades líticas tienen fragmentos de rocas volcánicas, arcillolitas y chert, algunas varían el tamaño de grano de fino a grueso.

Las limolitas son de color gris oscuro a medio, frecuentemente muestran laminación plana paralela continua, no continua o cruzada (Fotografía 43).

El cuarzo siempre está presente, casi siempre como mineral principal y algunas veces como subordinado, particularmente en las muestras con alto contenido de fósiles. Es común el cemento ferruginoso, se encuentran además trazas de opacos, moscovita, circón, turmalina y glauconita.



Fotografía 43. Limolita, Grupo Guadalupe, muestra DMP-0021-R.

Se observa foraminíferos (Fo) recristalizados por sílice en matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

3.2.1.3 Contactos

En la Plancha 173 – Támara, el Grupo Guadalupe reposa concordantemente sobre la Formación Chipaque (H2 y C4) y hacia el hacia el techo el contacto es concordante con la Formación Guaduas (H2).

3.2.1.4 Origen, edad y correlaciones

Teniendo en cuenta que este grupo está compuesto por varias formaciones, los ambientes deposicionales varían de acuerdo a los cambios del nivel del mar, siendo

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

ambiente de llanura, de arenas y lodos para las formaciones Lidita Dura y Plaeners respectivamente, a un ambiente de canales para la Formación Arenisca Tierna.

Para las muestras recolectadas de esta unidad en desarrollo de este proyecto, existe pobre recobro de materiales micropaleontológicos.

El aporte de sedimentos de los estratos muestreados proviene de un bloque continental y un orógeno reciclado, lo cual se concluye a partir del diagrama de Dickinson (1985).

La edad para esta formación ha sido considerada por Bürgl (1957) y Campbell (1962), como Albiano - Cenomaniano, con base a faunas colectadas en los alrededores de Choachí. Esta unidad se puede correlacionar con el Grupo Palmichal del área de la Sierra Nevada del Cocuy (Ulloa & Rodríguez, 1976).

3.2.2 Formación Guaduas (K₂E_{1g})

Quien dio el nombre a la unidad geológica es Hettner (1892) para nombrar los materiales que en la región de Bogotá se encontraban por encima del Grupo Guadalupe. Posteriormente, Hubach (1957), redefine ésta unidad quedando comprendida entre la Arenisca Tierna del Grupo Guadalupe y la Arenisca del Cacho en la parte superior. Para Fabre (1983), la Formación Guaduas infrayace a la Formación Areniscas de Socha, equivalente lateral de las Arenisca del Cacho.

3.2.2.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La unidad se encuentra localizada sobre el eje del Sinclinal del Desespero (D3, E3, F3, G2, G3 y H2). La unidad en la Plancha 173 – Támara, presenta una morfología deprimida que contrasta con el relieve escarpado del Grupo Guadalupe y la Formación Arenisca de Socha.

3.2.2.2 Litología

En los diferentes afloramientos de esta unidad, está constituida por lutitas negras que alteran a rojo amarillento. En la quebrada Paja Clorada, (F3), se observan limolitas alteradas de color rojo amarillento con una intercalación de arenisca cuarzosa de 5 m de espesor. A diferencia de la Sabana de Bogotá, Tunja y Paz de Río, donde se encuentran mantos y cintas de carbón asociados a esta unidad, en la Plancha 173 – Támara, no se tiene registro de este mineral en las secuencias de la formación. Su espesor con base en corte geológico es de aproximadamente 300 m.

Las lutitas en general son muy fisibles y ligeramente micáceas, mientras que las areniscas son cuarzosas con una matriz lodosa de cemento silíceo y ferruginoso.

3.2.2.3 Contactos

La Formación Guaduas se encuentra en contacto concordante tanto hacia la base como al techo, con el Grupo Guadalupe y las Areniscas de Socha respectivamente.

3.2.2.4 Origen, edad y correlaciones

Según Van der Hammen (1957), se depositaron en un ambiente marino litoral a continental y su edad fue establecida palinológicamente como Maestrichtiano-Paleoceno. Las muestras tomadas en este trabajo para palinología resultaron estériles.

La Formación Guaduas se puede correlacionar con la Formación Colón-Mito Juan en la Plancha 137 (Fabre, 1981) y con la Formación Catatumbo de la Concesión Barco y con el Conjunto 4 del Grupo Palmichal de Ulloa & Rodriguez (1976).

3.2.3 Formación Areniscas de Socha (E1ars)

Fue definida como Formación Socha Inferior por Alvarado & Sarmiento (1944), quienes describen esta unidad, como una secuencia gruesa de areniscas; la sección tipo se encuentra cerca de la localidad de Socha Viejo a 7 km al noreste de Paz del Río. En el presente informe se adopta el nombre usado por estos autores.

3.2.3.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La unidad aflora en el sector suroeste (H2), en ambos flancos del Sinclinal del Desespero. Morfológicamente presenta morfología escarpada que contrasta con la morfología ligeramente ondulada de la Formación Guaduas.

3.2.3.2 Litología

La unidad está compuesta de cuarzoarenitas en espesores métricos; en general son de grano fino a grueso, cemento silíceo de color pardo amarillento en estratos medianos a gruesos y ocasionalmente intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas. El espesor aproximado para esta unidad es de 150 m (Figura 11).

3.2.3.3 Contactos

En la cuadrícula H2, esta unidad se encuentra en contacto concordante con la Formación Guaduas, mientras que hacia el techo no se tiene certeza de cómo es su contacto con la unidad suprayacente Arcillas de Socha.

3.2.3.4 Origen, edad y correlaciones

Debido a la escasés de afloramientos en la Plancha 173, no se pudo postular un ambiente de depósito, pero se adoptó lo propuesto por Fabre (1983) “se formó en áreas litorales” y Osorno (1984), “en ríos trenzados meandriformes”.

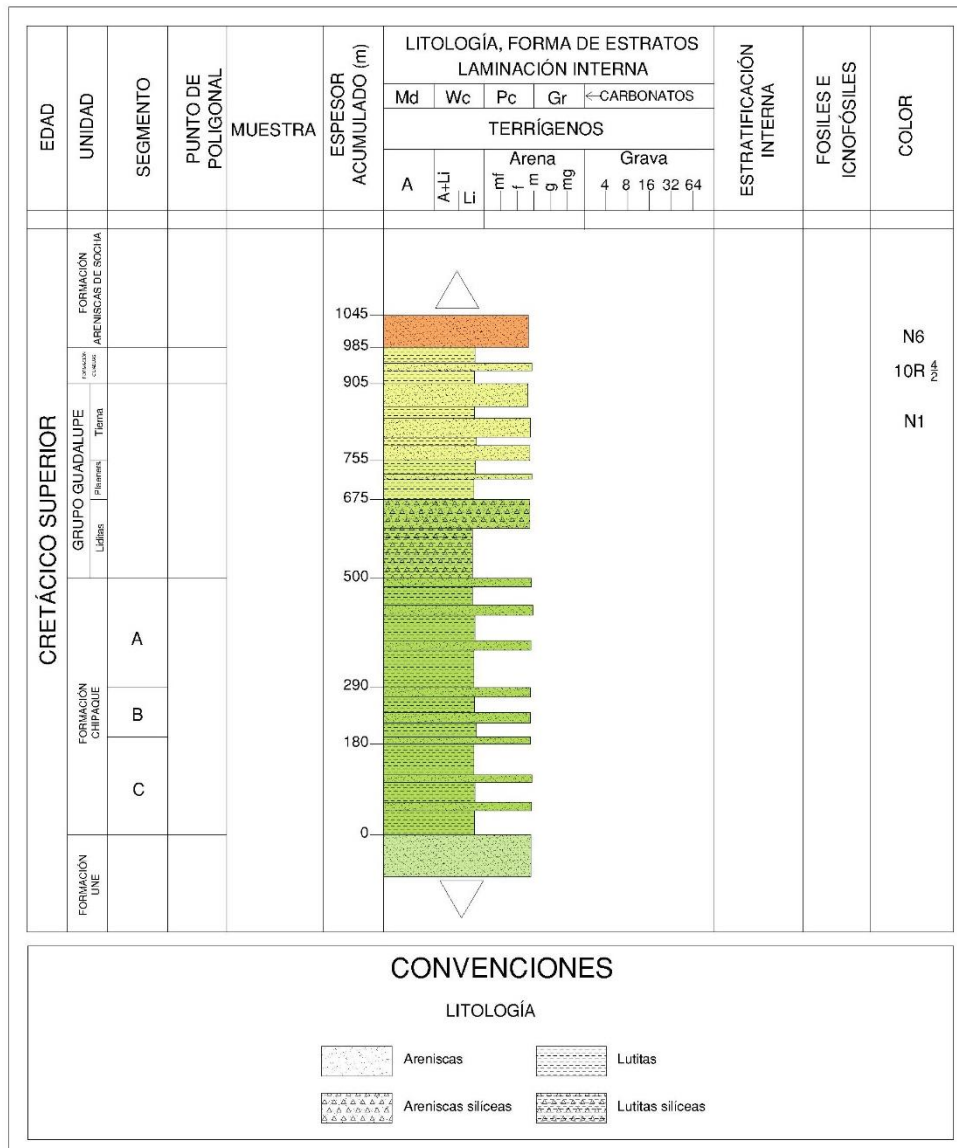


Figura 11. Columna estratigráfica de las unidades Chipaque-Guadalupe-Guaduas y Arenisca de Socha, en el flanco oriental del sinclinal del Desespero, (D3).

Van der Hammen (1957), según estudios palinológicos, indica para la Formación Areniscas de Socha una edad Paleoceno Temprano. En el área de Paz del Río, se sugiere una edad Paleoceno Tardío con base en estudios palinológicos (Sarmiento; en Osorno,

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

1994). En éste trabajo no se obtuvo evidencia micropaleontológica o paleontológica de esta unidad en la Plancha 173 - Támara.

Esta unidad puede correlacionarse con la Formación Barco del área de Santander y Norte de Santander, con la Arenisca de Cacho del área de la Sabana de Bogotá y con la parte superior del Grupo Palmichal (Arenisca del Morro) en el Piedemonte Llanero (Rodríguez & Solano, 2000).

3.3 REGION OESTE - NORTE

En la región Oeste Norte afloran rocas del Cretácico Superior a Cenozoico, representadas por las formaciones La Luna, Los Pinos, Arenisca Tierna, suprayacidas por las formaciones Guaduas y Areniscas de Socha. A continuación se describen las unidades cretácicas de base a techo no descritas en la región Oeste Sur.

3.3.1 Formación La Luna (K₂l)

El término Formación La Luna en el presente trabajo corresponde al empleado en Colombia, en la zona de la Concesión Barco por Notestein *et al.* (1944), para diferenciar una secuencia de calizas grises oscuras con foraminíferos, lutitas negras calcáreas y chert negro reconocida por ser generadora de hidrocarburos.

3.3.1.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Afloran en ambos flancos del Sinclinal de Tobasica y en flanco oriental del Anticlinal de Tobasica (A3). Morfológicamente se presenta como lomos alargados que contrastan con la morfología deprimida de la Formación Chipaque que le infrayace y la Formación que le suprayace.

3.3.1.2 Litología

La unidad se encuentra en el flanco oriental del Sinclinal Tobasica (A3) donde a través de afloramientos aislados está formada en su parte inferior por calizas macizas en estratos delgados a medianos con intercalaciones de lutitas negras. En la parte media, predominan las lutitas negras y en la parte superior, calizas lodosas intercaladas con limolitas silíceas (Plaeners) en bancos finos a medianos. También se observan grandes nódulos de caliza.

3.3.1.3 Contactos

En la Plancha 173 - Támara, la unidad se encuentra suprayaciendo en forma concordante a la Formación Chipaque e infrayaciendo concordantemente a la Formación Los Pinos.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.3.1.4 Origen, edad y correlaciones

Por las características litológicas de los depósitos de calizas y limolitas silíceas y abundancia de foraminíferos, la unidad se depositó en ambientes de plataforma, lo cual coincide con las apreciaciones de Fabre (1983). En el área no se colectaron fósiles para definir la edad de esta unidad y en el trabajo de la plancha contigua Sierra Nevada del Cocuy (Fabre, 1983) la considera del Coniaciano Superior al Campaniano Inferior y se puede correlacionar con la Formación Plaeners.

3.3.2 Formación Los Pinos (K₂lp)

El nombre de la unidad fue propuesto por Ulloa & Arias (1998) quienes la definieron en el caserío de Los Pinos como un conjunto eminentemente compuesto por lutitas negras con delgadas intercalaciones de arenitas, posteriormente Fabre (1983) la cartografiaron en la Plancha 153 - Chita.

3.3.2.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Aflora en la parte norte de la plancha (A3 – A4), en una franja de 4 km de longitud, con un área aproximada de 4 km². Continúa hacia el norte en la Plancha 153 - Chita donde hace parte del sinclinal de la quebrada Villacal.

3.3.2.2 Litología

La Formación Los Pinos está constituida principalmente por lutitas negras con intercalaciones de areniscas cuarzosas, en bancos de 2 a 5 m de espesor. A través del corte geológico el espesor aproximado de esta unidad es de 300 m.

3.3.2.3 Origen, edad y correlaciones

Según Etayo *et al.* (1976), esta unidad se depositó en una plataforma, por debajo del nivel de las olas y su edad es Campaniano Superior.

La unidad se puede correlacionar con la parte inferior de la Formación Colón-Mito Juan y con la parte superior de la Formación Plaeners del Grupo Guadalupe y la parte media del Grupo Palmichal (Fabre, 1985).

3.3.3 Formación Arenisca Tierna (K₂at)

La unidad fue definida de manera formal por Pérez & Salazar (1978) y corresponde a la parte superior del Grupo Guadalupe.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.3.3.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Aflora en la parte noroccidental de la Plancha 173 - Támara, haciendo parte del Sinclinal y Anticlinal de Tobasica (A3 y A4).

3.3.3.2 Litología

La Formación Arenisca Tierna se observa en el flanco oriental del Anticlinal de Tobasica y se compone de areniscas cuarzosas de grano fino a medio en bancos de 1 a 5 m de espesor, separados por intercalaciones de lutitas negras de 1 a 3 m de espesor. En la interpretación del corte geológico presenta un espesor aproximado de 120 m.

3.3.3.3 Contactos

La Formación Arenisca Tierna se encuentra reposando concordantemente sobre La Formación Los Pinos e infrayaciendo concordantemente a la Formación Guaduas (A4).

3.3.3.4 Origen, edad y correlaciones

El origen de la unidad de acuerdo con su litología, puede ser marino litoral y su edad, de acuerdo con determinaciones palinológicas de Van der Hammen (1958), es Maestrichtiano Inferior o Medio. La Formación Arenisca Tierna es correlacionable con la Formación Colón-Mito Juan de la Cuenca de Maracaibo y con la parte medio-superior del Grupo Palmichal.

3.3.4 Formación Guaduas (K₂E₁g)

Hettner (1892), fue el primero en nombrar los materiales que en la región de Bogotá se encontraban por encima de la Formación Guadalupe. Posteriormente Hubach, (1957), redefine ésta unidad quedando comprendida entre la Arenisca Tierna del Guadalupe y la Arenisca del Cacho en la parte superior. Para Fabre (1983), la Formación Guaduas infrayace a la Formación Areniscas de Socha, equivalente lateral de la Arenisca del Cacho.

3.3.4.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Guaduas hace parte del Anticlinal de Tobasica, (A4) y morfológicamente corresponde a una zona deprimida que contrasta con la morfología escarpada del infrayacente Arenisca Tierna.

3.3.4.2 Litología

Litológicamente la Formación Guaduas está formada por lutitas y arcillolitas de color gris claro que meteorizadas, las cuales presentan un color rojizo amarillento con intercalaciones de areniscas cuarzosas. En algunos afloramientos se observan capas de

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

carbón en estratos delgados y por cálculo de corte geológico puede tener un espesor aproximado de 200 m (Figura 12).

Debido a los escasos materiales para análisis petrográficos, la descripción litológica se realiza con base en muestras de mano, encontrando para la Formación Guaduas, lutitas limosas, arcillosas y areniscas cuarzosas, con matriz lodosa, cemento silíceo y ferruginoso.

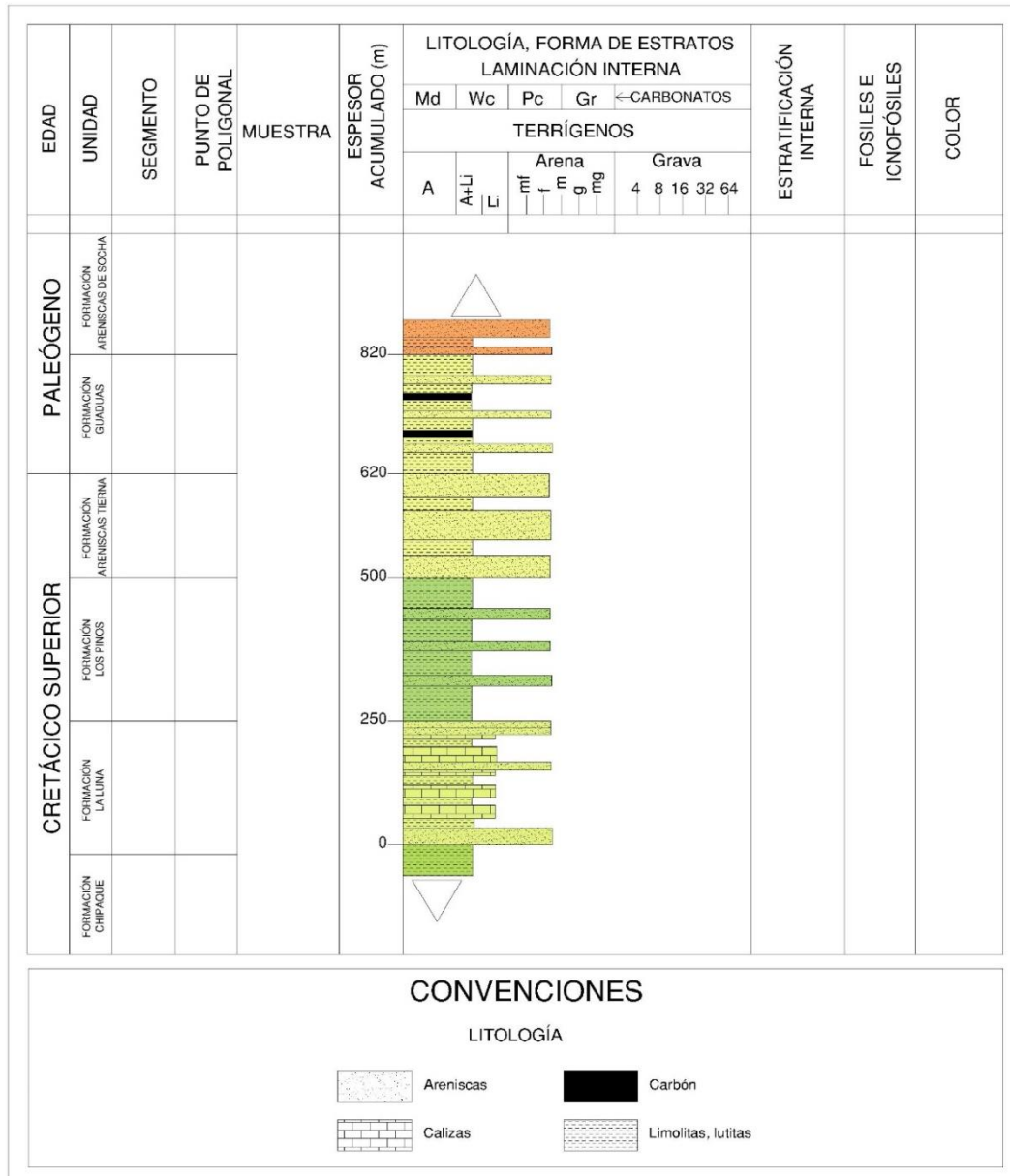


Figura 12. Columna estratigráfica de las formaciones La Luna-Los Pinos-Arenisca Tierna-Guaduas, levantada en la parte noroccidental de la Plancha 173 - Támara (A3).

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.3.4.3 Contactos

La Formación Guaduas se encuentra reposando concordantemente a las areniscas de la Formación Tierna e infrayaciendo a la Formación Areniscas de Socha.

3.3.4.4 Origen, edad y correlaciones

Por las características litológicas, esta unidad parece que se depositó en un ambiente marino litoral a continental, Ulloa & Rodríguez (1969) y se correlaciona con la formación Seca del Valle del Magdalena y con la parte superior del Grupo Palmichal, de la región de los Llanos Orientales, Ulloa & Rodríguez (1969). La edad de la Formación Guaduas fue definida palinológicamente por Van der Hammen (1958), como del Maestrichtiano Medio a Superior.

3.3.5 Formación Areniscas de Socha (E_{1ars})

Por continuidad con la Plancha 153 - Chitagá, se infiere que esta unidad se encuentra en la parte noroccidental de la Plancha 173 - Támara (A4), haciendo parte del flanco este del Anticlinal de Tobasica, en una pequeña franja de aproximadamente 2 km² cubierta por derrubios que no permiten describir adecuadamente esta unidad. Debido a lo anterior no se hacen mayores descripciones de esta.

3.4 REGIÓN ESTE

En el borde este de la plancha afloran rocas del Cretácico Superior, representadas por el Intervalo Arenoso no Diferenciado (Grupo Palmichal) y rocas del Cenozoico en las formaciones Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando, Diablo y Caja (Figura 13). A continuación se describen de base a techo cada una de estas unidades.

3.4.1 Intervalo Arenoso Indiferenciado Campaniano - Paleoceno (K₂E_{1p}) (Grupo Palmichal)

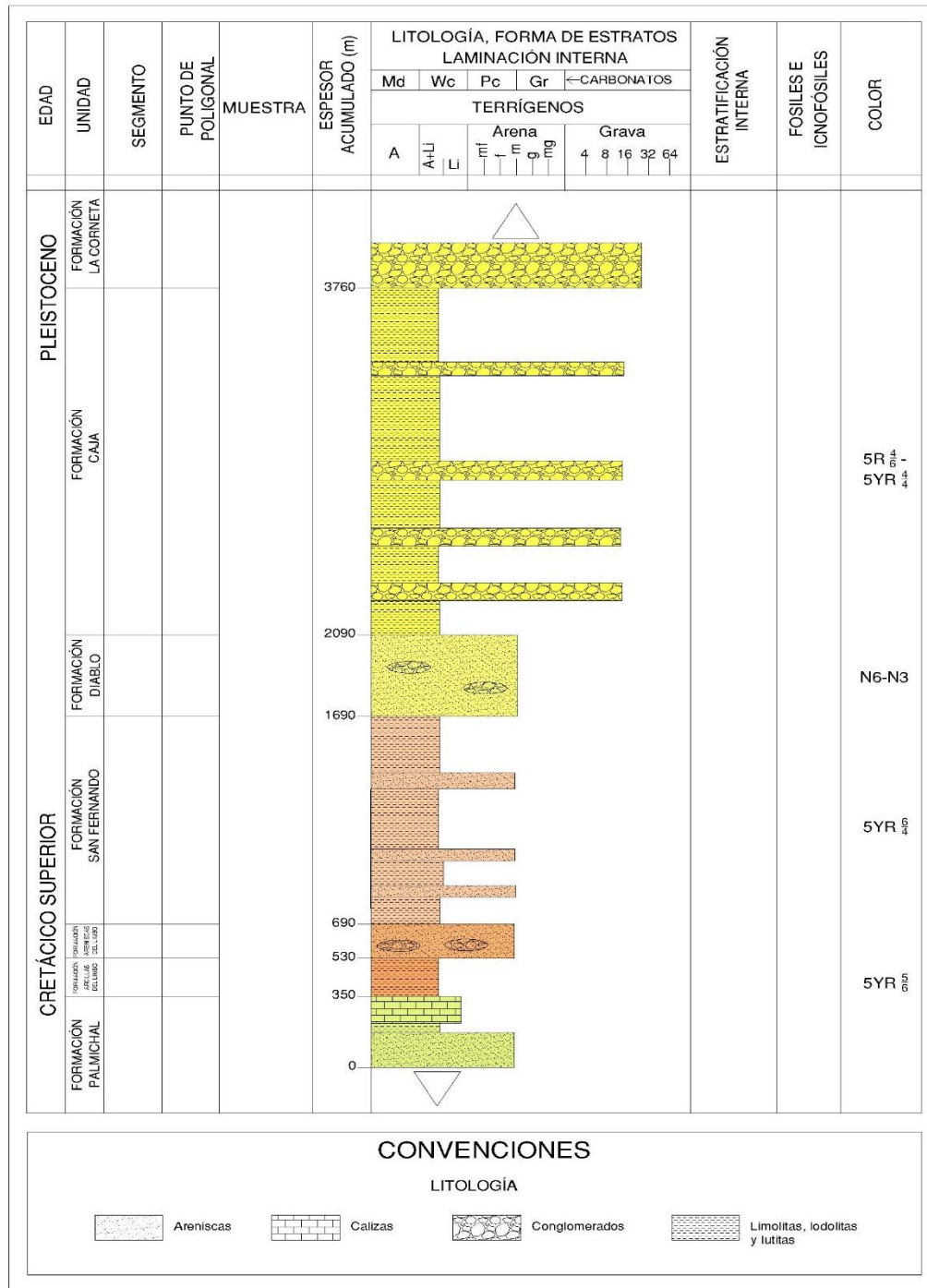
En la Plancha 193 - Yopal, Montoya *et al.* (2013), dan éste nombre a una franja de areniscas cuarzosas que afloran como un bloque fallado y que infrayace a las Arcillas del Limbo. Las arenas por debajo de la Formación Arcillas del Limbo fueron cartografiadas por Ulloa & Rodríguez (1979), como Grupo Palmichal, de igual forma que por Renzoni en el río Pauto y en el Sinclinal del Desespero de la Plancha 193. Se recomienda al SGC efectuar estudios de estratigráficos para resolver el problema de nomenclatura de esta unidad.

3.4.1.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Esta unidad aflora al sureste de esta plancha, en el río Munchía (H8) como una franja alargada en dirección NE, cerca al occidente de la Falla Miraflores y limitado al oriente

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

por la Falla Alinos; se extiende por un área inferior a los 4 km². En el área que cubre se observa un relieve colinado de contraste moderado y pendientes muy inclinadas, debido a su poca extensión no se conforman patrones de drenaje característicos.



Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

Figura 13. Columna estratigráfica generalizada de la región del Borde Llanero, Cordillera Oriental de Colombia (modificada de Ulloa & Rodríguez, 1979).

3.4.1.2 Litología

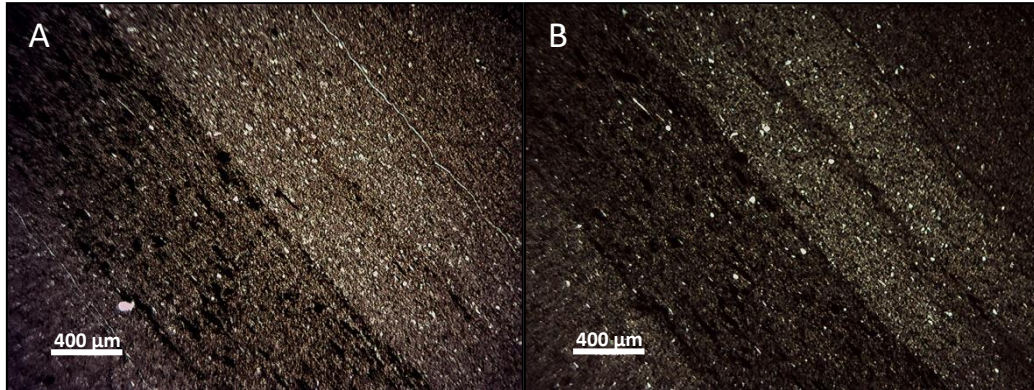
En la parte suroriental de la Plancha 173 – Támara, por el río Nunchía, (H8) aflora un bloque fallado al oriente y occidente, en donde hacia la parte inferior se observa un conjunto de areniscas cuarzosas y lutitas, al cual le suprayace la parte inferior de las Arcillas del Limbo. El bloque se encuentra tectonizado pero permite diferenciar tres conjuntos: El inferior, conformado por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, geometría de las capas plano paralelas continuas. Las areniscas en bancos de gruesos a muy gruesos con delgadas intercalaciones de lutitas negras. El conjunto medio conformado por lutitas, lodolitas y arcillolitas negras (Fotografía 44), que por alteración presenta colores rojizo amarillentos y el conjunto superior, conformado por paquetes de 10 m de areniscas de cuarzo de grano medio a grueso y en algunos casos se observan secuencias granodecrecientes, en estratos plano paralelos a tangenciales.



Fotografía 44. Lodolitas débilmente meteorizadas del Intervalo Arenoso Indiferenciado Campaniano – Paleoceno, en la margen derecha del río Nunchía. Estación DMA-0063, 1 120 550.m.N y 870 639.m.E.

Según Folk (1974) las rocas de esta unidad se clasifican como cuarzoarenitas y arcillolitas. Las cuarzoarenitas muestran distribución uniforme de fragmentos bien seleccionados de tamaño comprendido en el rango de arena fina.

Las arcillolitas son homogéneas en composición y textura, de color gris oscuro (N2) por presencia de materia carbonosa, con cuarzo muy fino (limo) disperso, laminación fina plano paralela definida por cambios en la coloración (arcillas claras-oscuras) entre láminas adyacentes, con alta porosidad. Además de los minerales arcillosos se reconocen micas, cuarzo, granos detríticos de opacos y trazas de materia orgánica. El proceso de recristalización genera sericitización en láminas muy finas a partir de minerales arcillosos (Fotografía 45).



Fotografía 45. Arcillolita laminada, Intervalo Arenoso Indiferenciado. Muestra DMA-0063-R. Se diferencia laminación planoparalela marcada por cambios en el color de las arcillas. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

3.4.1.3 Contactos

La unidad en el área de estudio se encuentra fallada al oriente con la Formación Diablo y suprayace concordantemente a las Arcillas del Limbo.

3.4.1.4 Origen, edad y correlaciones

De acuerdo con las características litológicas, la parte inferior de la unidad parece haberse depositado en ambiente litoral, la parte media con lutitas negras, puede corresponder a zonas pantanosas y la superior a zonas litorales.

Ulloa & Rodríguez (1976), no precisan la edad del grupo y solamente basados en un fósil, le dan una edad de cretáceo superior a la parte inferior del grupo y no precisan la edad de la parte superior ni media del mismo.

Montoya *et al.* (2013) en la Plancha 193 – Yopal sugieren por posición estratigráfica una edad Campaniano para la parte inferior. Para la parte superior de esta unidad, Van der Hammen (1958), le asigna a la base del afloramiento del camino a La Virgen de La Peña, una edad de Maastrichtiano, a la parte intermedia una edad Maastrichtiano Tardío y una edad Paleoceno Inferior al techo; sin embargo, geólogos de la British Petroleum (Cooper *et al.*, 1995) reportan al sur, en los pozos localizados en Cusiana, un hiato para

este intervalo de tiempo. Ulloa (1993), manifiesta que por el río Cravo Sur se encuentra una discordancia angular entre el conjunto cuatro y cinco del Grupo Palmichal, lo cual indicaría el hiato mencionado anteriormente.

La edad de la unidad arroja dudas sobre la posición bioestratigráfica para la parte inferior y media de la unidad; Montoya *et al.* (2013) por criterios de posición estratigráfica sugieren una edad Campaniano para la parte inferior, la edad del Maastrichtiano refleja una inconsistencia y para la parte superior se asigna una edad Paleoceno Tardío.

Esta unidad se puede correlacionar con los conjuntos tres, cuatro y cinco del Grupo Palmichal y con el superior de la Arenisca del Morro, Ulloa & Rodríguez (1969).

3.4.2 Formación Arcillas del Limbo (E_{1al})

La Formación Arcillas del Limbo fue definida por Hubach (1941; en: Van der Hammen, 1958). Su localidad tipo se encuentra cerca al caserío El Limbo, 2 km al NW de El Morro, río Cravo Sur, departamento de Boyacá (Van der Hammen, 1958).

3.4.2.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La unidad aflora en la parte suroriental de la Plancha 173 - Támara (H8), dando una morfología deprimida que contrasta con la morfología escarpada del Infrayacente Intervalo Arenoso Indiferenciado e suprayaciendo a las Arenisca del Limbo.

3.4.2.2 Litología

En esta zona sólo es posible distinguir la parte inferior y media de la unidad, debido a que se encuentra en contacto fallado con las Areniscas del Limbo. Por afloramientos aislados, esta unidad está compuesta principalmente por arcillolitas y limolitas de color rojizo amarillento; en ocasiones presenta intercalaciones de areniscas de poco espesor en capas medianas a gruesas.

3.4.2.3 Contactos

Suprayace concordantemente a los estratos del Intervalo Arenoso Indiferenciado y en contacto concordante con las Areniscas del Limbo, (H7 y H8).

3.4.2.4 Origen, edad y correlaciones

Ulloa & Rodríguez (1976), sugieren un ambiente de deposición pantanoso a lagunar marino, ya que se encuentran arcillolitas laminadas.

Van der Hammen (1957), con base en análisis palinológicos, propone una edad del Paleoceno. Jaramillo *et al.* (2005; en Montoya *et al.*, 2013), según estudios de polen, proponen una edad de Paleoceno Tardío para la parte superior de la Formación Arcillas del Limbo.

La unidad se correlaciona con las formaciones Socha Superior (Paz del Río) y Los Cuervos (Catatumbo). Con frecuencia es llamada Formación Los Cuervos por compañías petroleras, tanto en Boyacá como en los Llanos Orientales (Rodríguez & Solano, 2000).

3.4.3 Formación Areniscas del Limbo (E₂arl)

Este nombre tiene como referencia original a Van der Hammen (1958), quien lo nombra así porque aflora cerca al caserío de El Limbo (Plancha 193 – Yopal); es conocida en la industria del petróleo como Formación Mirador.

3.4.3.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La unidad aflora en una franja delgada y alargada, (H7), dando una morfología escarpada que contrasta con la infrayacente Arcillas del Limbo y suprayacente San Fernando.

3.4.3.2 Litología

La unidad se observa en el río Nunchía y cerca de la población de Támara. No se levantó columna estratigráfica debido a que se encuentra cubierta por derrubios y su espesor se calculó en base a corte geológico en aproximadamente 200 m. Está constituida en su parte inferior por afloramientos aislados, de areniscas cuarzosas de grano fino a medio hasta conglomerático, estratificación plano paralela continua (Fotografía 46). En la parte media superior de la unidad se encuentran areniscas de grano grueso conglomeráticas y conglomerados con fragmentos tamaño guijo. Los conglomerados se presentan como bolsones al interior de las areniscas (Fotografía 47).

3.4.3.3 Contactos

La Formación Areniscas del Limbo se encuentra en contacto concordante con la Formación Arcillas del Limbo hacia la base y con la Formación San Fernando hacia el techo (Ulloa & Rodríguez, 1976).

3.4.3.4 Origen, edad y correlaciones

Ulloa & Rodríguez (1981), sugieren un ambiente deltaico de deposición con algunas influencias lagunares marinas. Por su parte Van der Hammen (1968), considera esta unidad como del Eoceno Inferior al Eoceno Medio y la correlaciona con la Formación Mirador de la zona del Catatumbo.



Fotografía 46. Areniscas de grano fino intercaladas con pequeñas capas de lodolitas de color gris, de la Formación Areniscas del Limbo. Estación ASG-0032, 1 121 847 m.N y 870 097 m.E.



Fotografía 47. Detalle de rodado de arenisca conglomerática en la que resaltan clastos de cuarzo en matriz de grano medio a fino. Estación CPM-0088, 1 120 109 m.N y 869 074 m.E.

3.4.4 Formación San Fernando (E₂E₃sf)

Este nombre tiene como referencia original a Van der Hammen (1958), quien lo nombra así debido a que aflora cerca al caserío de El Limbo (Plancha 193 – Yopal); es conocida en la industria del petróleo como Formación Mirador.

3.4.4.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación San Fernando se extiende desde el sur de la plancha en alrededores del río Nunchía (H7, G8, F9 y E9) hasta inmediaciones del municipio de Támara (E9). Geomorfológicamente la unidad se caracteriza por presentar una alternancia de amplios valles separados por crestas alargadas, lo cual se debe a la alternancia de gruesos paquetes de arcillolitas y lodolitas separados por conjuntos de areniscas cuarzosas.

3.4.4.2 Litología

En la quebrada Mochila (H8) y en los alrededores de Támara, se encuentran los mejores afloramientos de esta unidad; allí se diferencia la parte inferior y media respectivamente de esta formación. En la parte inferior se encuentran potentes conjuntos de arcillolitas, limolitas y areniscas lodosas de más de 80 m de espesor, separados por capas de cuarzoarenitas en conjuntos de 8 a 15 m de espesor.

La parte media está constituida por alternancia de limolitas y arcillolitas, en conjuntos de 50 a 80 m de espesor, separados por areniscas cuarzosas de 5 a 10 m de espesor (Fotografía 48). Las areniscas se encuentran en capas medias a gruesas de grano fino a grueso, algunas son lodosas y presentan geometría plano paralela a ondulada. La parte superior de esta formación corresponde a una alternancia entre lodolitas y arcillolitas en paquetes muy gruesos de 40 a 80 m, separados por conjuntos de areniscas de grano fino a medio, algunas veces con materia orgánica y con 3 a 10 m de espesor (Fotografía 49).

La unidad está conformada principalmente por lodolitas, lodolitas arenosas, limolitas y en menor proporción por areniscas. Teniendo en cuenta la descripción petrográfica, la clasificación textural y composicional se realiza con base en Folk (1954 y 1974, respectivamente).

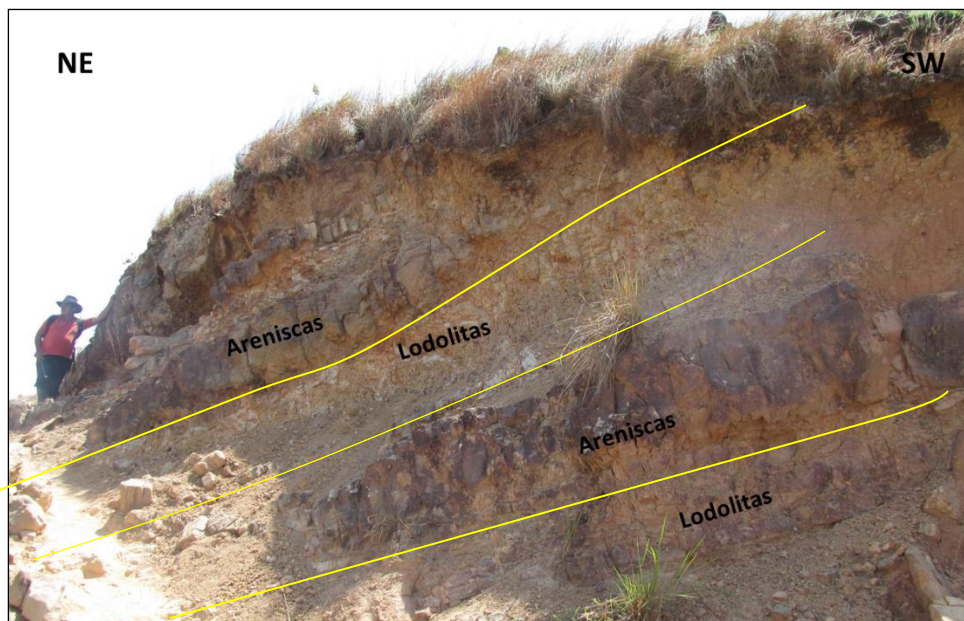
Las lodolitas se conforman por granos tamaño limo principalmente, que se observan subangulares a subredondeados y subelongados, es común que contengan cemento calcáreo y/o ferruginoso.

Composicionalmente dominan minerales arcillosos pardos, seguidos por cuarzo y en menor cantidad es posible encontrar materia orgánica, opacos y circón. En las rocas de

cemento calcáreo, la diagénesis genera un remplazamiento parcial (hasta total) de la matriz por carbonato. Este proceso afecta las características morfológicas originales de los granos y su relación textural.

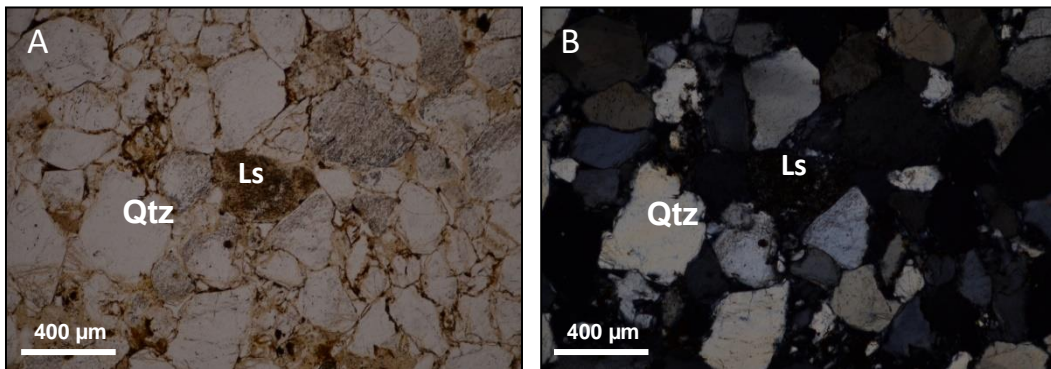


Fotografía 48. Arenisca cuarzosa con láminas de materia orgánica. Muestra CPM-0026-R-D. Estación CPM-0026, 1 133 229 m.N y 877 829 m.E.



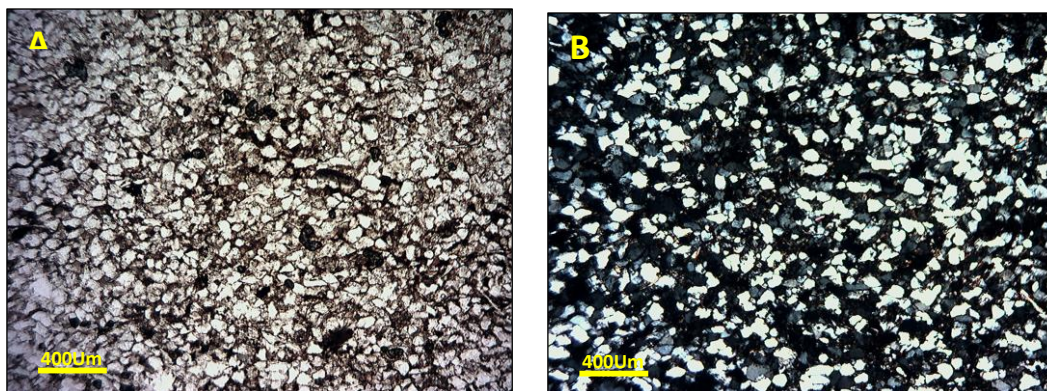
Fotografía 49. Intercalación de areniscas y lodolitas de la Formación San Fernando. Camino Támara – San Pedro, estación KBM-0027, 1 131 137 m.N y 878 909 m.E.

En las cuarzoarenitas el cuarzo es de aproximadamente 95 %, seguido por minerales arcillosos que exhiben sericitización y los demás componentes varían en cada muestra, algunas veces se identifica cemento silíceo y otras veces ferruginoso, en todas las muestras se identifican trazas de líticas, opacos y circón (Fotografía 50). En las variaciones líticas se identifican chert y algunos líticos metamórficos.



Fotografía 50. Cuarzoarenita, Formación San Fernando, muestra KBM-0027-R. Se observan granos de tamaño arena fina de cuarzo (Qtz) y líticas de rocas sedimentarias (Ls). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Las lodolitas son homogéneas texturalmente y composición. El cuarzo se presenta como granos bien seleccionados tamaño limo, formas de esfericidad media-alta subredondeadas rara vez subangulares sub-esféricas, incoloras por lo general empolvadas por material arcilloso a veces manchada por óxidos de hierro. En general, la matriz está constituida por material arcilloso de coloración crema-amarillo, por tinción debida a óxidos de hierro, aparece entre granos individuales de cuarzo o como masa continua irregular, localmente con acumulación de materia carbonosa en polvo. Ocasionalmente granos de circón y opacos, dispersos a través de la roca (Fotografía 51).



Fotografía 51. Lodolita cuarzosa. Formación San Fernando, muestra JDJ-0027-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz), opacos y óxidos predominantemente. a), Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

El espesor aproximado para esta unidad es de 980 m, pero debido a que esta unidad, está fallada en su parte inferior, es probable que falte parte de la unidad, por lo que su espesor puede que sea mayor.

3.4.4.3 Contactos

La unidad se encuentra reposando concordantemente sobre la Formación Areniscas del Limbo (H8), e infrayaciendo concordantemente a la Formación Diablo (E9).

3.4.4.4 Origen, edad y correlaciones

El ambiente de esta unidad, se asocia con lo propuesto por Ulloa & Rodríguez (1976), que plantean un ambiente de depósito continental con influencias deltaicas, cuya edad se encuentra entre el Eoceno Superior a Oligoceno Inferior. En el presente trabajo se encontraron polimorfos (*Cicatricosisporites* aff. *Dorogensis*) (Fotografía 52), los cuales permiten sugerir un ambiente marino con influencia continental. Sin embargo, los análisis palinológicos y micropaleontológicos de varias muestras presentan el inconveniente de contener materiales re TRABAJADOS de unidades más antiguas.



Fotografía 52. Muestra KBM-0037-R-A, con presencia de palinomorfos *Cicatricosisporites aff. Dorogensis*.

Con base en el diagrama de Dickinson (1985), se determina que las secuencias de la Formación San Fernando provienen de dos ambientes, bloque continental y orógeno reciclado, lo cual concuerda con lo encontrado en las descripciones petrográficas.

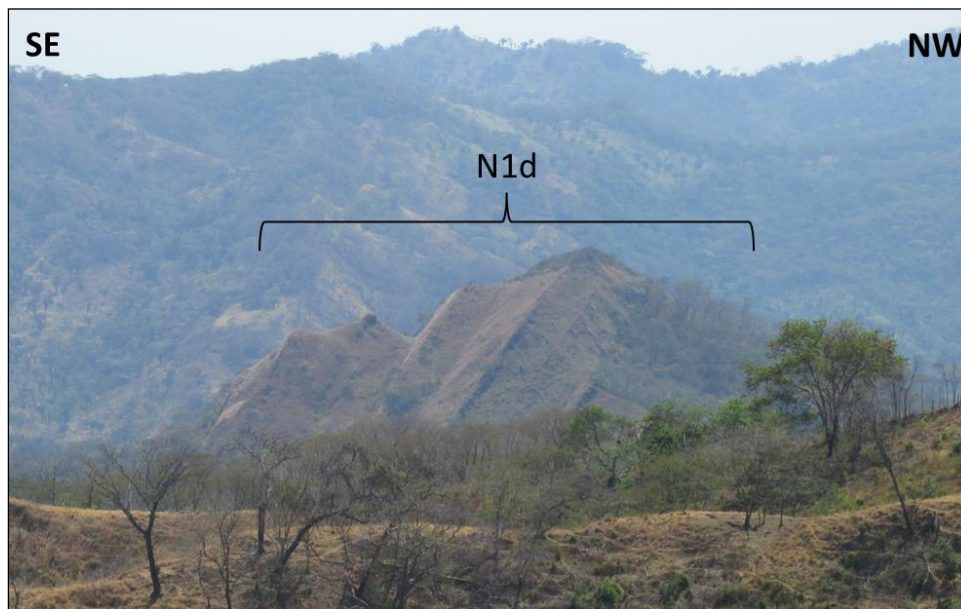
Esta unidad se correlaciona con la Formación León del área del Catatumbo (departamento de Norte de Santander), según Ulloa & Rodríguez (1976).

3.4.5 Formación Diablo (N1d)

El nombre de Formación Diablo fue publicado por Van der Hammen (1958), quien la describe como una “sucesión formada de base a techo por un conjunto de areniscas con intercalaciones de lutitas que afloran en la Loma Turabá en inmediaciones del río Cusiana”. Además considera que las facies son semejantes a las de la Formación San Fernando, con la diferencia de que éstas últimas tienen más capas de areniscas (Van der Hammen, 1958). Posteriormente Ulloa & Rodríguez (1976), incorporan este nombre a los mapas geológicos del área de Tauramena y es en este sentido que se utiliza en el presente trabajo.

3.4.5.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Diablo se localiza en el extremo suroriental de la Plancha 173 – Támara, en una franja de 13 km de largo por 3 km de ancho, orientada en dirección noreste, (H 8 A G9) y en un bloque irregular al oriente del río Pauto, (F9 y E9). La formación se caracteriza por presentar una serie de crestas alargadas separadas por pequeños valles que las diferencian de las unidades infrayacentes y suprayacentes. Las crestas son de mayor tamaño que los valles y estos rasgos geomorfológicos son característicos de esta unidad (Fotografía 53).



Fotografía 53. Morfología de cuestas y pequeños valles de la Formación Diablo. Vista desde la estación WCR-0017, 1 121 656 m.N y 873 028 m.E.

3.4.5.2 Litología

En el cañón del río Pauto, la unidad presenta siete segmentos, cuatro arenosos y tres lodosos que describimos a continuación, de base a techo:

- Segmento A: Areniscas de cuarzo en bancos gruesos a muy gruesos con delgadas intercalaciones de lodolitas. Su espesor es de 50 m aproximadamente.
- Segmento B: Compuesto de limolitas y arcillolitas de color gris claro a gris oscuro con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas. El espesor es de 60 m aproximadamente.
- Segmento C: Constituido por lutitas y limolitas de color gris a gris azulado con pequeñas intercalaciones de areniscas cuarzosas, las cuales ocasionalmente presentan niveles de conglomerados; el espesor calculado es aproximadamente 30 m.
- Segmento D: Compuesto de areniscas cuarzosas en capas gruesas a muy gruesas con pequeñas intercalaciones de lutitas negras y cuyo espesor aproximado es de 28 m (Fotografía 54).
- Segmento E: Constituido de areniscas cuarzosas en secuencias granocrecientes en estratos gruesos a muy gruesos con pequeñas intercalaciones de lutitas negras; el espesor aproximado es de 30 m.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- Segmento F: Se compone de limolitas y arcillolitas de color gris claro a gris oscuro con materia orgánica y con un espesor aproximado de 23 m.
- Segmento G: Compuesto por areniscas cuarzosas con secuencias granocrecientes de grano fino a medio, en capas medianas a gruesas. El espesor aproximado es de 25 m.

Los análisis petrográficos efectuados para algunas muestras de esta unidad, diferencian cuarzoarenitas con variaciones a cuarzoarenitas con cemento calcáreo a ferruginoso; cuarzoarenitas limosas, sublitorenitas, limolitas y lodolitas. Su clasificación textural y composicional se basa en diagramas de Folk (1954) y (1974) respectivamente, encontrando para esta unidad cuarzoarenitas, limolitas y lodolitas.



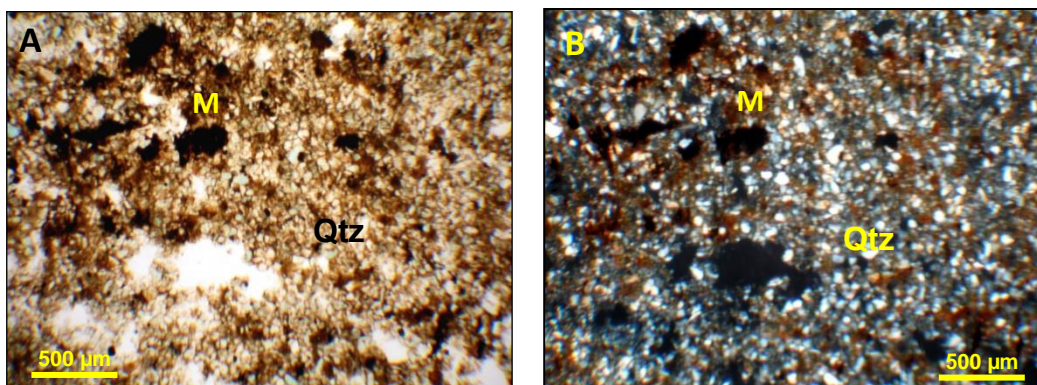
Fotografía 54. Intercalación de lodolitas grises con areniscas de color claro y laminación plana paralela en afloramiento de la estación HLM-0025, 1 134 038 m.N y 875 729 m.E.

Las cuarzoarenitas son de colores claros, texturalmente se identifican granos de tamaño grueso a arena media que muestran buena selección, con formas subangulares a subredondeados y subelongados; en algunas muestras se encuentran minerales micáceos en la matriz arcillosa por autigénesis; por otra parte cuando aumenta el contenido de materia orgánica se puede observar laminación plana paralela y ondulada, éstas pueden ser continuas o no continuas. Algunas muestras de areniscas calcáreas, contienen cemento calcáreo el cual puede alcanzar proporciones de 30 %, mientras que otras areniscas contienen cemento ferruginoso menor al 20 %. Por otra parte en algunas muestras aparecen bioclastos que son parcialmente reemplazados por

óxidos de hierro. La porosidad primaria suele ser inferior al 2 %, con algunas excepciones hasta del 5 %.

Las cuarzoarenitas se componen de cuarzo monocristalino con inclusiones de polvo y con sobrecrecimiento en los bordes; es común encontrar moscovita y trazas de circón, opacos y turmalina, el chert es un componente secundario de las variedades líticas de estas cuarzoarenitas, y los granos son de color pardo claro.

Las limolitas muestran colores variables de naranja muy pálido (10YR 8/2) a marrón amarillento pálido (10YR 6/2), casi siempre con laminación plana paralela no continua o continua, algunas convoluta y superficies de erosión, también puede encontrarse laminación ondulada. Composicionalmente predomina el cuarzo y minerales arcillosos, también pueden encontrarse materia orgánica, granos de feldespatos, plagioclasa, moscovita y opacos, así como trazas de circón, biotita y puntualmente glauconita. Las variedades síliceas se componen completamente por sílice criptocristalina y algo de minerales arcillosos (Fotografía 55).



Fotografía 55. Limolita, Formación Diablo, muestra HLM-0026-R-B. Granos de cuarzo (Qtz) tamaño limo en matriz arcillosa (M). A) Nícoles paralelos, B) Nícoles cruzados.

En las lodolitas no cambian mucho los componentes siendo similares a las limolitas pero con una fracción superior de minerales arcillosos.

El espesor de esta unidad con base en el corte geológico del Anexo M, se calcula en aproximadamente 650 m.

3.4.5.3 Contactos

La Formación Diablo descansa concordantemente sobre la Formación San Fernando e infrayace concordantemente a la Formación Caja.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

3.4.5.4 Origen, edad y correlaciones

El ambiente de depósito de esta unidad es lagunar con influencia deltaica, Ulloa & Rodríguez (1981). Se encontraron palinomorfos cuya edad varía entre Eoceno Medio a Oligoceno (Tabla 6), también se encontraron palinomorfos retrabajados del Paleoceno y del Cretáceo. La proveniencia de los sedimentos de las rocas de la Formación Diablo se asocia a un bloque continental y un orógeno reciclado. Esta unidad se correlaciona con la Formación Guayabo en la zona del Catatumbo (departamento de Norte de Santander).

Tabla 6. Resultados de palinología para la Formación Diablo – Plancha 173 – Támara.

Muestra	Palinomorfos	Edad	Ambiente Depósito	Observaciones
HLM-0020-R	<i>Chomotriletes minor; Crototricolpites protoannemariae, Dinoquistes indet., Clavinaapertura microclavatus (Hedyosmun type), Horniella lunarensis, Jandufouria seamrogiformis, Laevigatosporites spp., Mauritiidites franciscoi var. franciscoi, Monoporopollenites annulatus (Poaceae type), Polypodiisporites spp., Psilatrilletes sp, Retitrescolpites irregularis, Retitricolpites spp., Scabratricolporites spp., Tetradites spp., Proxapertites spp., Bombacacidites spp., Sapium type</i>	Eoceno - Oligoceno	Continental	Se encuentra palinomorfos, que indican retrabajamiento de materiales más antiguos.
HLM-0022-R	<i>Jandufouria seamrogiformis</i>	Eoceno Medio	Continental	Se encuentra palinomorfos, que indican retrabajamiento de materiales más antiguos.
HLM-0026-R-D	<i>Cicatricosisporites dorogensis, Echipollenites type?, Jandufouria seamrogiformis, Laevigatosporites spp., Mauritiidites franciscoi var. franciscoi, Perisyncolporites pokorny, Polypodiisporites spp., Psilatricolpites spp., Retitrescolpites irregularis, Retitricolpites spp., Scabratricolporites spp., Tetracolporopollenites maculosus, Rhoipites hispidus, "Psilatricolporites anulatus", "Psilatribrevicolpites sp", Rhoipites guianensis, "Myrtiacidites sp", "Psilatribrevicolpites sp", "Striapollenites sp", Proxapertites spp. La presencia conjunta de Cicatricosisporites dorogensis, Jandufouria seamrogiformis y Perisyncolporites pokorny</i>	Eoceno Medio - Oligoceno	Continental	Materia orgánica indeterminada
HLM-0028-R-A	<i>Cicatricosisporitesdorogensis, Crototricolpitesprotoannemariae, Diporopollisassamica, Echiperiporitesakanthos, Echipollenites type?, Jandufouria seamrogiformis, Magnastriatites sp., Mauritiidites franciscoi var. franciscoi, Mauritiidites franciscoi var. minutus, Mauritiidites franciscoi var. pachyexinatus, Perisyncolporites pokorny, Pollenites spp., Verrucatosporites usmensis, Psilamonocolpites medius, Psilatrilletes sp., Psilatrilletes sp., Retitrescolpites saturum, Retitricolporites spp., Tetracolporopollenites kogiorum, Tetradites spp., Tricolpites aff. clarensis, Verrutrilletes virueloides. La presencia conjunta de Cicatricosisporitesdorogensis, Crototricolpitesprotoannemariae y Jandufouria seamrogiformis</i>	Eoceno Medio a Tardío	Continental	Materia orgánica indeterminada

En la Plancha 154 – Hato Corozal (González *et al.*, 2015), encuentran palinomorfos de edad Mioceno Inferior, para la Formación Diablo, permitiendo inferir que la deposición de esta unidad, es de un intervalo Eoceno – Mioceno.

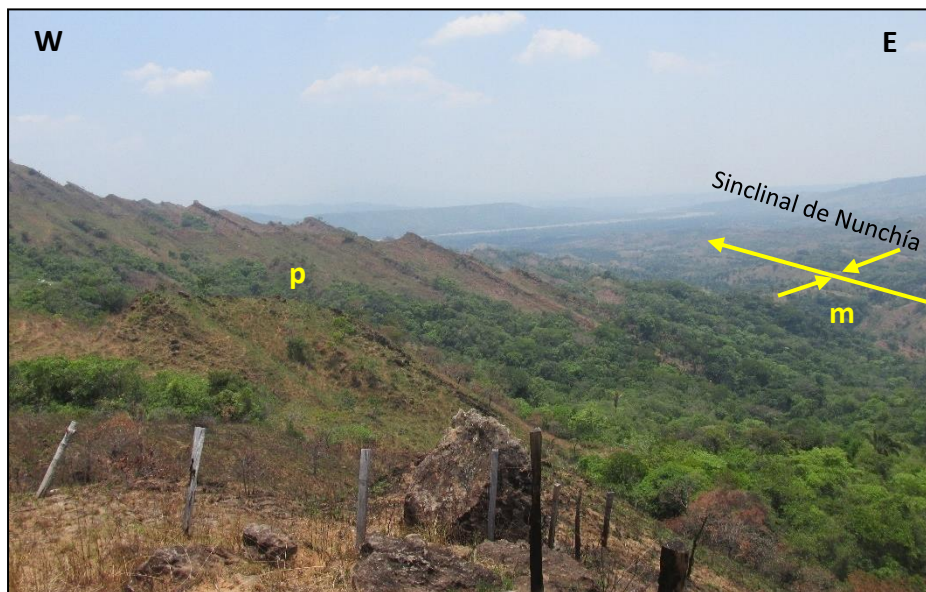
3.4.6 Formación Caja (N_{1c})

El nombre de Formación Caja fue publicado por Van der Hammen (1958), usado para referirse a una serie de areniscas y conglomerados con intercalaciones de arcillolitas laminares que afloran en el río Caja, al oeste de la población de Tauramena (Boyacá). La utilización del nombre Formación Caja ha sido empleada en diferentes regiones (los Llanos en el departamento del Meta; río Cobugón y río Caja). En el presente trabajo se utiliza en el sentido de Van der Hammen (1958).

3.4.6.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Caja aflora en una franja de dirección NE al sureste de la Plancha 173 – Támara (G9-H9), haciendo parte de ambos flancos del Sinclinal de Nunchía, cuyo eje se encuentra en la plancha oriental 174 – Paz de Ariporo.

La Formación Caja está compuesta por una alternancia de conjuntos gruesos de lodolitas, separados por areniscas y conglomerados, por tal razón presenta una morfología de valles amplios separados por crestas delgadas (Fotografía 56).



Fotografía 56. Expresión geomorfológica de la Formación Caja.

Al Oeste estratos inclinados de arenisca con pendientes estructurales (p), hacia el Este, montículos bajos de laderas suaves (m). Vereda Tumaría, estación JDJ-0091, 1 120 487 m.N y 873 923 m.E.

3.4.6.2 Litología

La unidad está compuesta principalmente por lodolitas arenosas, lodolitas conglomeráticas en paquetes hasta de 80 m de espesor separadas por paquetes de areniscas de hasta 10 m. Las areniscas son de grano medio a grueso y los conglomerados presentan fragmentos hasta de 10 cm de diámetro y corresponden principalmente a areniscas cuarzosas. Las areniscas y lodolitas en ocasiones aparecen con manchas de oxidación, de tonalidades rojizas a marrones (Fotografía 57). En el corte geológico interpretativo se calcula un espesor aproximado de 300 m (Figura 14).

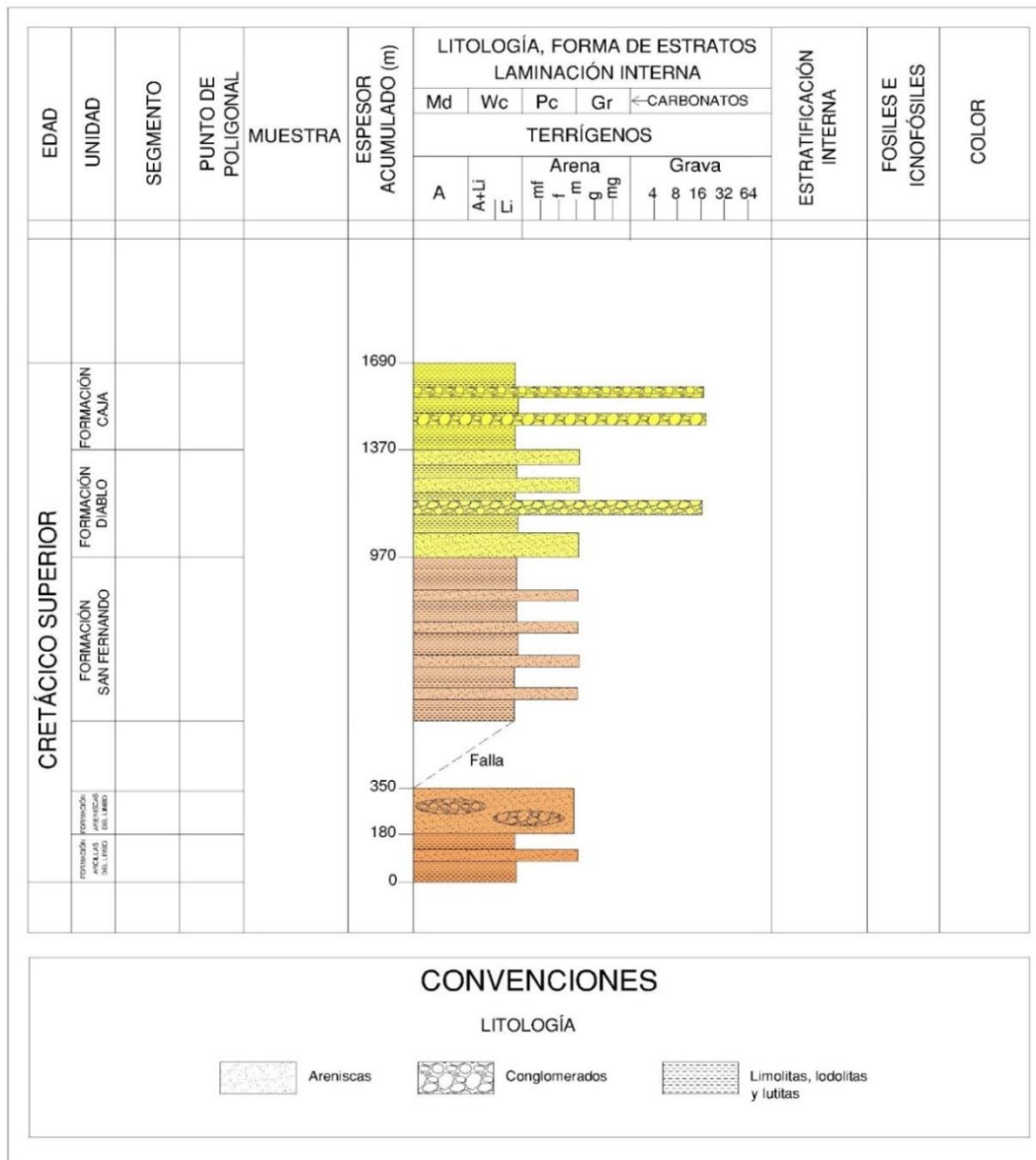
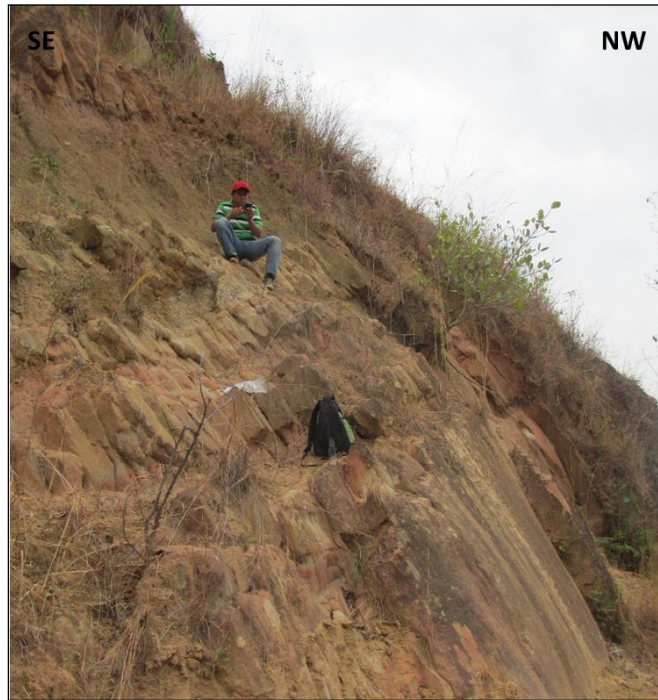


Figura 14. Columna estratigráfica compuesta-generalizada observada entre Támara y el río Pauto (G9-H9).

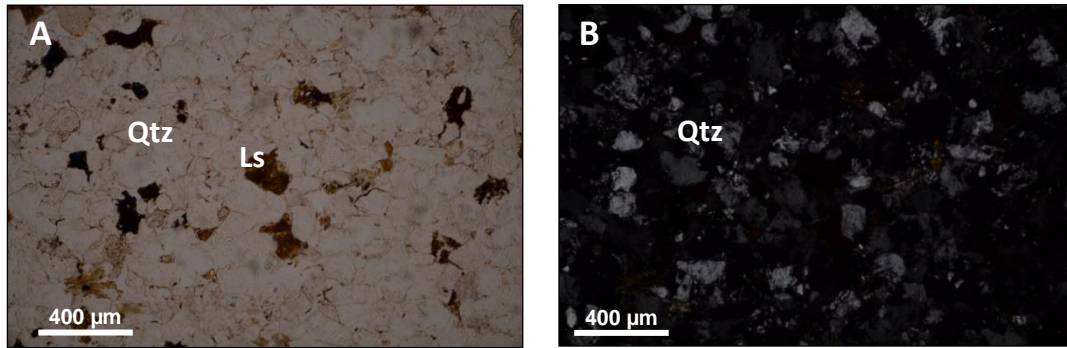


Fotografía 57. Arenisca meteorizada, teñida de óxidos de hierro, Formación Caja. Vereda Tamuría, estación CPM-0068, 1 120 508 m.N y 876 646 m.E.

Con base en los análisis petrográficos la Formación Caja, está compuesta por lodolitas arenosas, lodolitas conglomeráticas, areniscas lodosas y conglomerados.

En sección delgada se reconocen cuarzoarenitas y sublitoarenitas clasificadas de acuerdo a Folk (1974). Éstas son de color marrón rojizo a gris claro, dependiendo del contenido de óxidos de hierro, el tamaño de grano es variable de fino a medio, subangulares a subredondeados y subesféricos; la secuencia tiene sectores donde las rocas presentan madurez textural y otros donde las rocas son inmaduras, generalmente la porosidad es inferior al 3 %, con algunas excepciones hasta del 7 %. En algunas muestras se diferencia sericitización de la matriz arcillosa como resultado de la diagénesis.

El cuarzo es el principal componente de estas rocas, este se encuentra en granos monocristalinos, con extinción ondulatoria plana y con inclusiones de polvo, con microfracturas, escasos granos policristalinos; por otra parte el sobrecrecimiento de los granos es la principal evidencia de recristalización; en segundo lugar se diferencian minerales arcillosos de color pardo como parte de la matriz, en las variedades líticas, los fragmentos de roca pueden representar hasta un 6 % de la roca. También se encuentran cemento ferruginoso, trazas de moscovita, chert, opacos y circón (Fotografía 58).



Fotografía 58. Cuarzoarenita, Formación Caja, muestra KBM-0041-R. Se observan granos de cuarzo (Qtz) y de líticos de rocas sedimentarias (Ls). a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

El espesor de esta unidad, con base en el corte geológico del Anexo M, se calcula en aproximadamente en 1600 m.

3.4.6.3 Contactos

La Formación Caja se encuentra reposando concordantemente sobre la Formación Diablo y en contacto discordante con la Formación La Corneta, fuera de la Plancha 173-Támara.

3.4.6.4 Origen, edad y correlaciones

El ambiente de la formación, de acuerdo con Ulloa & Rodriguez (1976), es marino de zona de oleaje y la parte superior, pantanosa fluvial.

Por posición estratigráfica se le puede asignar una edad Mioceno tardío, ya que análisis palinológicos realizados a muestras de la infrayacente Formación Diablo indican una edad Eoceno Medio a Mioceno.

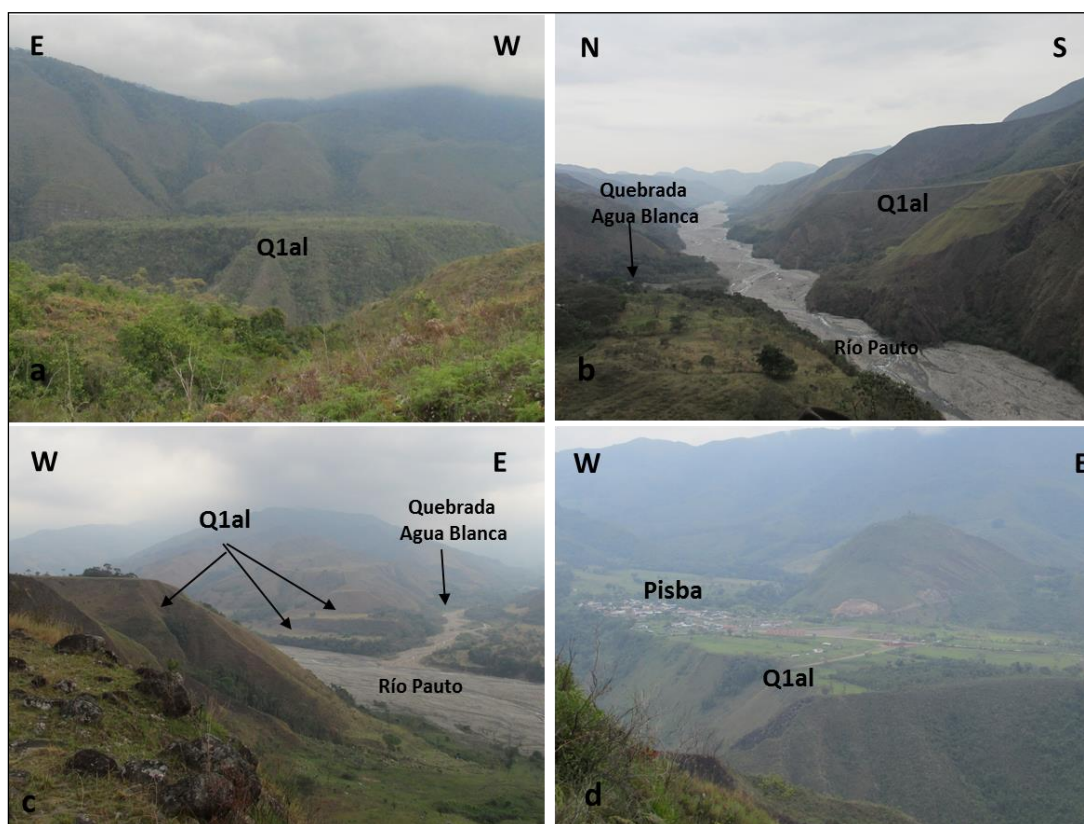
La Formación Caja podría estar en sinonimia con el Grupo Guayabo del área de la Concesión Barco (departamento de Norte de Santander), sin embargo al no existir información suficiente en edad, límites y características litológicas en estas dos áreas, no se podrían definir las condiciones paleográficas que controlaron la sedimentación en este intervalo, ni hacer comparaciones entre estas unidades (Montoya *et al.*, 2013).

3.5 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos cuaternarios encontrados en esta plancha tienen diversos orígenes y sus características geomorfológicas dependen de la dinámica de deposición. De acuerdo a su origen y tiempo de deposición se reconocen: depósitos aluviales antiguos (Q_{1al}) y aluviales recientes (Q_{2al}) y depósitos fluvioglaciares (Q_{1fg}).

3.5.1 Depósitos aluviales antiguos (Q1al)

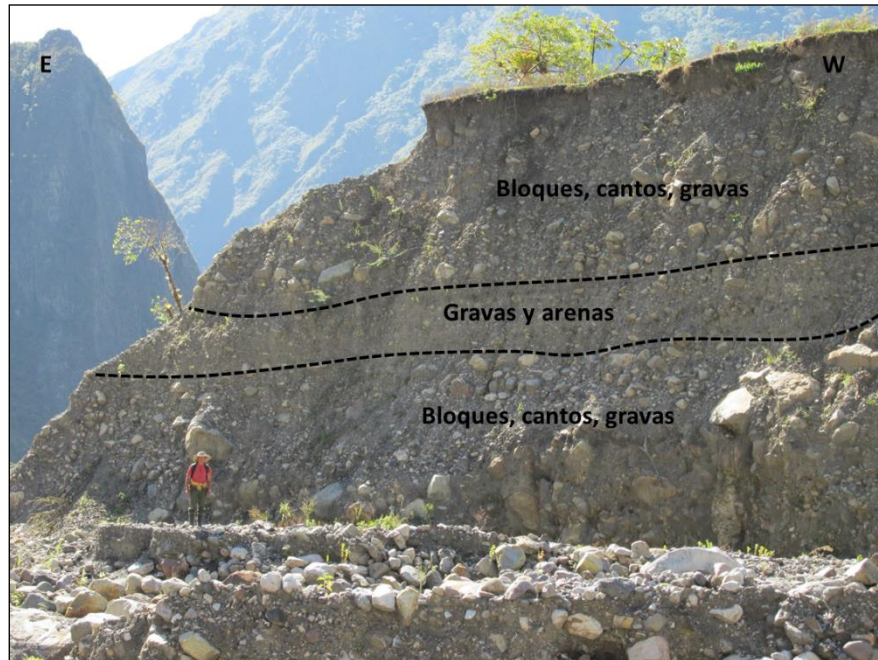
Estos depósitos se encuentran principalmente en el cauce del río Pauto (D6, D7, E9, F9, G9 y H9), en donde se diferencian depósitos aluviales antiguos, con geformas de terrazas, diferenciando varios niveles, separadas unas de otras, por 2 o 3 m. Están compuestas por bloques, gravas, arenas y en menor proporción arcillas y provienen principalmente de los materiales arenosos del cretáceo (Fotografía 59 y Fotografía 60). La escala a la cual se encuentran, no es cartografiable debido a su poca extensión.



Fotografía 59. Geomorfología de terrazas asociadas a depósitos aluviales antiguos.

- a) Margen sur del río Pauto, estación WCR-0038, 1 144 490 m.N y 857 105 m.E; b) confluencia del río Pauto con la quebrada Agua Blanca, Estación JDJ-0083, 1 129 730 m.N y 842 784 m.E; c) en el sitio anterior visto desde la estación HLM-0043, 1 139 430 m.N y 866 669 m.E; d) en el municipio de Pisba, vista desde la estación HLM-0052, 1 124 511 m.N y 842 363 m.E.

En el área de la quebrada La Colorada (E7) se encuentra un depósito aluvial antiguo, compuesto por bloques, gravas y arenas. Estos depósitos, con respecto a los depósitos aluviales de terrazas del río Pauto, están aproximadamente a 500 m por encima, indicando que el nivel de base del río ha sufrido un descenso importante, lo cual se puede deberse en parte al levantamiento de la Cordillera Oriental y a la erosión ocurrida en el cauce del río.



Fotografía 60. Depósito aluvial antiguo con morfología de terraza, detalle de la disposición horizontal y paralela de los fragmentos de bloques, gravas y cantos. Estación JDJ-0004, 1 145 580 m.N y 851 464 m.E.

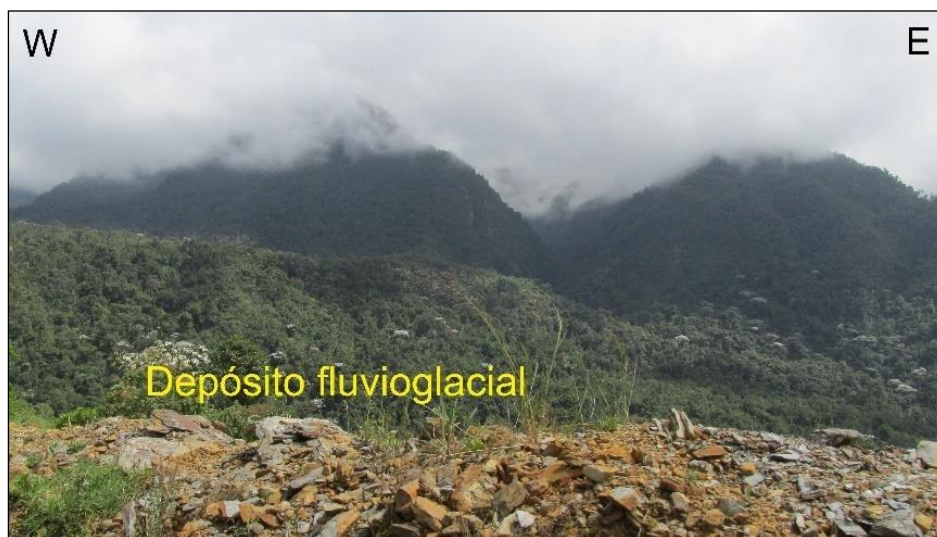
3.5.2 Depósitos fluvioglaciares (Q₁fg)

Estos depósitos se encuentran en los valles de algunos ríos de la Plancha 173 - Támara y están constituidos por arenas gravas y arcillas depositados recientemente por la actividad glacial. Estos se diferencian mejor en las zonas A1, A6, A7, D1, D3, F1, H4, (Fotografía 61).

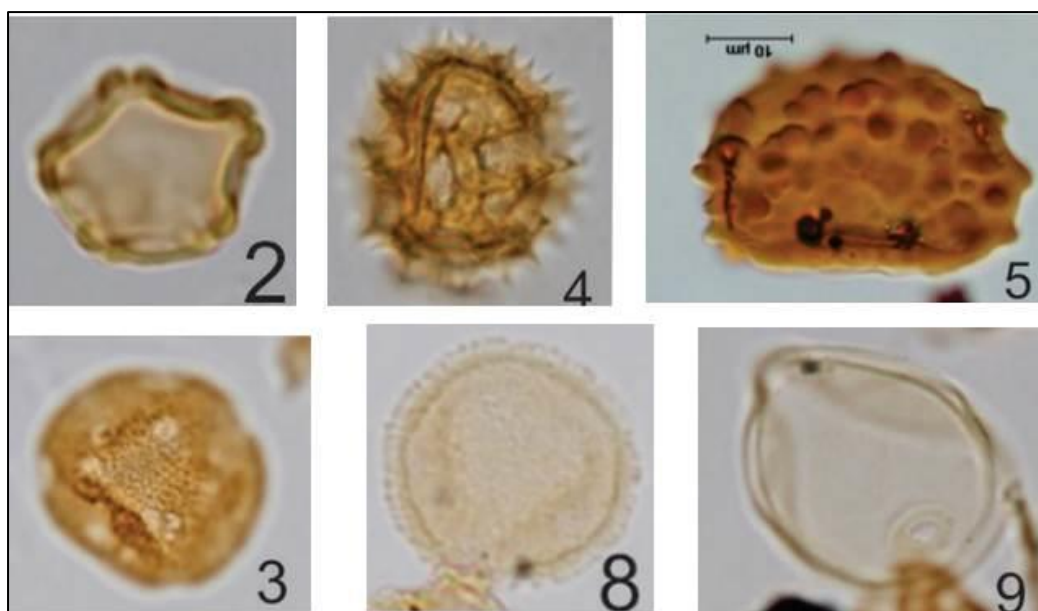
Algunos muestras de arcillas y arenas asociados a estos depósitos contienen palinomorfos terrestres (polen y esporas) dentro de los que se encuentran *Alnus* spp., *Asteraceae* type, *Caryophyllaceae* type, *Hedyosmun* type, *Laevigatosporites* spp., *Poaceae* type, *Podocarpus* type, *Polypodiaceae* y *Psilatrilletes* spp. asociación semejante a la flora moderna, indicando edades del Plioceno o Cuaternario (Fotografía 62).

3.5.3 Depósitos aluviales recientes (Q₂al)

Los depósitos aluviales recientes se encuentran sobre las márgenes del río Pauto y están compuestos principalmente por bloques, gravas, arenas y arcillas de rocas sedimentarias.



Fotografía 61. Morfología en barras laterales longitudinales, fragmentos rocosos en superficie vistos en la vía Monserrate – La Florita, cercanías de la estación LTF-0014, 1 149 674 m.N y 855 701 m.E.



Fotografía 62. Palinomorfos encontrados en la muestra HLM-0015-R-A; 2) *Alnus* spp.; 4) *Asteraceae*; 5) *Polypodiaceae*; 3) *Carophylliaceae*; 8) *Hedyosmum* spp.; 9) *Poaceae*.

4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según Ulloa & Arias (1998), la Plancha 173 - Támara hace parte del flanco Este de la Cordillera Oriental, la cual ha sido sometida a eventos tectónicos durante el Cretáceo, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. En el Cretáceo, la cuenca correspondía posiblemente a una cuenca tras arco - *Back-arc*, cuyo borde oriental está relacionado con el accidente tectónico de la Falla de Guaicáramo. Durante este periodo de tiempo, la cuenca experimentó distensión y subsidencia muy lenta, permitiendo la acumulación de material clástico fino y arenoso. A finales del Cretácico y comienzos del Paleógeno, la cuenca se somete a eventos tectónicos compresivos, hecho reflejado en los depósitos de niveles arenosos y conglomeráticos de la Formación Cacho en la Sabana de Bogotá, Conjunto Cinco del Grupo Palmichal y Areniscas de Socha, lo cual podría corresponder al primer evento compresivo de la Orogenia Andina. Este primer evento explica la formación de las cuencas, una, localizada en el eje Bogotá, Tunja, Paz de Río, Cuenca de Maracaibo, y otra al oriente, correspondiente al Borde Llanero. La fase compresiva de la cuenca queda reflejada por las areniscas conglomeráticas de la Formación Mirador, La Regadera y Areniscas del Limbo.

Durante el Neógeno, se presentan los movimientos de gran compresión y que se reflejan por las capas conglomeráticas de la Formación Caja, de edad Mioceno medio y que puede corresponder a la fase principal del plegamiento de la Cordillera Oriental, mientras el Mioceno medio y superior corresponden a la fase principal de la Orogenia Andina. El evento compresivo final de la Cordillera Oriental y el Borde Llanero debió ocurrir en el Plioceno-Pleistoceno, dado que estos sedimentos se encuentran afectados por plegamiento y fallamiento en la Formación La Corneta, la cual no aflora en esta plancha.

4.1 REGIÓN ANTICLINORIO DE PAYA

En la zona se puede distinguir el gran Anticlinorio de Paya, el cual está limitado al Oeste por el Borde oriental del Sinclinorio de Sogamoso - Paz de Río Plancha 172, y al Este por el Sistema de Fallas de Guaicáramo y el sistema tectónico del Borde Llanero. A continuación, se describe el Anticlinorio de Paya con sus estructuras sinclinales, anticlinales y fallas de Este a Oeste (Figura 15).

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

4.1.2 Anticlinal El Carmen

En la Plancha 173 - Támara, este pliegue, se localiza al noroccidente, en la zona de la quebrada Mugrosa y al norte de la Falla Santuario (B3 y A3). El flanco occidental buza entre 15° y 40°, mientras que el flanco oriental, presenta inclinaciones entre 15° a 30°. El anticlinal contiene en su núcleo a rocas de la Formación Fómeque, seguido de las formaciones más recientes, Une y Chipaque.

4.1.3 Anticlinal La Horqueta

Corresponde a una estructura con dirección NE, el cual se trunca al noreste, con la Falla Santuario (F1, E1, D1 y C2). A partir de fotografías aéreas se observa que sus flancos buzan entre 15° y 30°, afectando a secuencias de las unidades Lutitas de Macanal y Las Juntas.

4.1.4 Anticlinal y Sinclinal de Tobasica

Estos pliegues se encuentran hacia la zona noroccidental de la Plancha 173 – Támara (A3), en el área de la quebrada Tobasica; los cuales presentan una dirección general de N 5° a 10°W. Estas estructuras tienen continuidad hacia la Plancha 153 – Chitagá; aparentemente los pliegues presentan flancos de bajo ángulo, afectando a unidades del Cretácico como las formaciones Arenisca Tierna, Los Pinos, La Luna y Areniscas de Socha.

4.1.5 Sinclinal El Crisol

Estructura amplia, cuyo eje se sigue por 20 km (C2, D2, E2 y F1), presentando una dirección general de N20°E. La estructura afecta a las rocas de las formaciones Une y Chipaque.

4.1.6 Sinclinal del Río Sunce

Este pliegue se localiza en la parte suroccidental del área (G1 –H1), el cual presenta una dirección N15°E, prolongándose desde la Plancha 172 – Paz del Río. La estructura afecta las secuencias de la Formación Une, y presenta flancos relativamente suaves, menor a 15°.

4.1.7 Anticlinal El Crisol

Se localiza entre los sinclinales El Crisol y Río Sunce (G1), con una dirección similar a estos; se prolonga desde la Plancha 172 – Paz del Río. En su núcleo afloran rocas de la Formación Fómeque, mientras que en sus flancos se encuentran secuencias de la Formación Une.

4.1.8 Sinclinal del Desespero

Esta estructura presenta una dirección general N20°E. En la Plancha 173 - Támara se puede seguir aproximadamente por 28 km (C4, D3, D4, E3, F2, F3, G2, G3, H1 y H2), y sus flancos están inclinados entre 25° y 40°. El Sinclinal se encuentra limitado al occidente y sur por la Falla La Palma, hacia el norte, por la Falla San Agustín y hacia el oriente por la Falla Ilusión. El pliegue en la parte sur, presenta rocas más recientes asociadas a la Formación Areniscas de Socha, seguido hacia la base, de secuencias de la Formación Guaduas, Grupo Guadalupe y de las unidades Chipaque y Une.

4.1.9 Anticlinal de Paya

El Anticlinal de Paya cruza la Plancha 173 – Támara, de sur a norte (A6, A5, B5, C5, D5, E4, F4, D4, E4, F3, G3 y H3), con una dirección N25°E, su núcleo está constituido por las Lutitas de Macanal y hacia el flanco oeste afloran todas las unidades del Cretáceo y Paleógeno Inferior, mientras que hacia el este, se encuentran las unidades del Cretáceo Inferior a Medio. La estructura presenta su eje estrecho. El pliegue se prolonga por varios kilómetros hacia la Plancha 193 - Yopal, y queda truncada al norte por la Falla Ilusión (A6).

4.1.10 Sinclinal de Paya

Este pliegue presenta dirección general N15°E y se extiende por 35 km, (A6, B6, C5, D5, F5, G5 y H4). Es una estructura amplia y sus flancos están inclinados entre 25° a 35°. Afecta principalmente la parte inferior de la Serie Las Juntas-Une.

4.1.11 Anticlinal Villa Leiva

Presenta una dirección general N15E, encontrándose a lo largo de 33 km, (B7, C6, D6, E6, F5, G5 y H5), los flancos de la estructura están inclinados entre 15° a 25°; el pliegue afecta rocas de la Serie Areniscas de Las Juntas – Une. Hacia el norte la estructura se trunca con la Falla Colorada.

4.1.12 Sinclinal San Francisco

Presenta una dirección general N20°E, con una continuidad aproximada de 28 km (C8, D8, E7, F7, G6 y H6). Corresponde a una estructura estrecha con sus flancos inclinados entre 20° y 35°; el flanco este está limitado por la Puerto Nuevo. Hacia el noreste se trunca con la Falla Monterrosa. Afecta rocas de la parte superior de la Serie Areniscas de Las Juntas-Une.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

4.1.13 Anticlinal Cascajal

El anticlinal presenta una dirección general N3°E, con una continuidad aproximada de 12 km (A8, B8 y C8). Presenta flancos inclinados entre 10° y 25°. El Anticlinal se encuentra truncado al oeste por la Falla Colorada y al este por la Falla Monterrosa.

4.1.14 Anticlinal Quebrada Grande – Sinclinal San Cayetano

Estos pliegues presentan una dirección general de N25°E, prolongándose por más de 10 km (B9, C9, D8 a G8 y H7). Los flancos de las estructuras están inclinados entre 10 y 25 grados. El Anticlinal de Quebrada Grande se encuentra truncado con la Falla Monterrosa. Estas estructuras afectan parte de las secuencias de la Formación Chipaque.

4.1.15 Anticlinal Las Delicias

Se sitúa hacia el oriente del área (D9) con una dirección aproximada de N15°E, prolongándose hacia el Noreste, en la Plancha 174 – Paz de Ariporo. Afecta a las secuencias de la Formación Chipaque, y parece derivarse de la actividad deformacional de la Falla Guaicáramo.

4.1.16 Sinclinal Nunchía

El Sinclinal Nunchía presenta una dirección N20°E, con una continuidad de aproximadamente 6 km (G9 y H9); y parece prolongarse en las planchas 174 y 193. Sus flancos están inclinados entre 10° y 25°. El Sinclinal se encuentra truncado al este por la Falla Alirios y afecta secuencias de las formaciones Caja y Diablo.

4.2 FALLAS

Las estructuras que afectan principalmente las secuencias Cretácicas y Cenozoicas, corresponden a fallas de tipo inverso y de cabalgamiento, truncando muchas veces a los pliegues del área. A continuación se describen las estructuras principales.

4.2.1 Falla Laguna Limpia

La Falla Laguna Limpia, se localiza en la parte noroccidental del área (B1 y B2), y se prolonga desde la Plancha 172 – Paz del Río; la estructura presenta una dirección N40° a 60°E, con un posible comportamiento inverso; afecta las secuencias de las formaciones Une y Chipaque.

4.2.2 Falla Santuario

El trazo de esta falla en la parte sur lleva una dirección N30°E a N60°E, (B3, C2, C3, D1, E1, F1). Presenta una inclinación hacia el sureste, generando un cabalgamiento de las secuencias localizadas en el flanco occidental del Sinclinal El Crisol. Su longitud es de aproximadamente de 20 km hasta ser truncada por la Falla La Palma.

4.2.3 Falla La Palma

Es una falla con trazo sinuoso con direcciones entre 40° y 20°, de gran extensión y en la Plancha 173 – Támara presenta una longitud aproximada de 40 km (A4, B3, B4, C3, D3, D2, E2, F2 y G1). La falla esta inclinada hacia el este y en la parte norte trunca la Falla Santuario; en la parte sur y central pone en contacto la Formación Une con la Formación Chipaque y en la parte norte, pone en contacto la Formación Une sobre la Formación Fómeque, repitiendo en algunos sectores, secuencias de la Formación Une.

4.2.4 Falla San Agustín

Presenta dirección sinuosa con direcciones entre N5°E, N8°W y N25°E, atravesando la Plancha 173 – Támara, de sur a norte, con una extensión aproximada de 40 km (A5, B4, C4, D4, E3, F3, G3 y H2). Se inclina hacia el oeste y pone en contacto en la parte sur la Formación Chipaque con el Grupo Guadalupe y en la parte norte repite la secuencia de la Formación Une, quedando truncada el Sinclinal del Desespero.

4.2.5 Falla de Paya

Esta estructura se localiza hacia el oriente del Anticlinal de Paya (A6, B5, C5, D5, E5, E4, F4, G4 y H4) presenta una dirección N25°E y en la parte norte tiene una dirección N45°E. Presenta una longitud aproximada de 40 km y buza hacia el este, generando un cabalgamiento de la Formación Lutitas de Macanal, sobre la Serie de Areniscas Las Juntas - Une. La Falla de Paya, se prolonga desde el sur en la Plancha 193, y continúa hasta el norte en la Plancha 153 para convertirse en la Falla Sacama.

4.2.6 Falla Ilusión

Esta estructura se localiza al occidente del Anticlinal de Paya, con dirección N10°E (B4 a F3), con una longitud aproximada de 25 km. Buza hacia el oriente, levantando las rocas más antiguas sobre las secuencias del Grupo Guadalupe. La falla es truncada por la Falla San Agustín al norte.

4.2.7 Falla Catatumbo

Se localiza al norte de la Falla Lusión (B4 a D4), probablemente asociada a cabalgamientos en abanico de esta falla antes mencionada. La estructura presenta un rumbo aproximado N – S, buzando hacia el este, y levantando las secuencias de las formaciones Une y Chipaque. Hacia el norte la estructura es truncada por la Falla La Palma.

4.2.8 Falla Colorada

Se localiza al oriente del área, entre el Anticlinal de Cascajal y el Sinclinal de Paya (A7 a C7); presenta una dirección casi Norte – Sur, con buzamiento hacia el occidente, afectando las secuencias de la Serie Las Juntas – Une.

4.2.9 Falla Puerto Nuevo

La Falla Puerto Nuevo en la Plancha 173 – Támara, presenta una longitud aproximada de 26 km, (D8, E7, F7, G7 y H6). Se encuentra inclinada hacia el noroeste y pone en contacto areniscas de la parte superior de la Serie Las Juntas-Une; esta estructura se une en la parte norte con la Falla Monterrosa, (C9). Esta estructura se prolonga desde la Plancha 193, donde viene como una falla de cabalgamiento sin nombre.

4.2.10 Falla Monterosa

Esta estructura presenta una longitud mayor a 40 km, con dirección general N10°E y se inclina hacia noroeste. La estructura pone en contacto las formaciones Chipaque y la Serie de Areniscas Las Juntas - Une (A9, B9, C8, D8, E8, F8, G7 y H7). Esta falla puede generar a su vez un engrosamiento de la secuencia cretácica de la Serie Areniscas Las Juntas – Une.

4.2.11 Falla Guaicáramo

La Falla de Guaicáramo presenta un trazo general con dirección N30°E. Su longitud aproximada es de 20 km (E9, F9, G8 y H8). Se encuentra inclinada al noroeste y pone en contacto la Formación Chipaque con la Formación San Fernando en la parte sur y central, mientras que en la parte norte, pone en contacto la Formación Chipaque con la Formación Diablo.

4.2.12 Falla Miraflores

Esta falla lleva una dirección N45°E y se extiende aproximadamente 15 km (E9, F9, G9, G8 y H8). Se encuentra inclinada hacia el noroeste y poniendo en contacto la parte media de la Formación San Fernando con la parte superior de la misma unidad, generando a su vez un engrosamiento de la unidad.

4.2.13 Falla Alirios

La Falla Alirios presenta una dirección general N45°E, con una longitud aproximadamente mayor a 12 km (F9, G9 y H8) y buza hacia el noroeste. En la parte sur pone en contacto el Intervalo Arenoso Indiferenciado con la Formación Diablo y al norte genera el cabalgamiento de la Formación San Fernando sobre la Formación Diablo.

4.2.14 Falla Lava

Presenta una dirección general N45°E a N50°E y en la Plancha 173 - Támara aparece con una longitud aproximada menor a 4 km (H8). Buza hacia el noroeste, poniendo en contacto a las Arcillas y Areniscas del Limbo con la Formación San Fernando. Esta estructura se origina como una falla relacionada con la Falla Miraflores y Alirios, posiblemente como consecuencia de un sistema de fallas de cabalgamiento en abanico.

4.2.15 Falla de Sacama

Esta estructura se localiza en la parte Norte – Central del área (A7 a A5 y B4 a D4), entre el Anticlinal de Paya y la Falla de Guatatumbo; presenta una dirección variable entre N10°E al sur, para girar hacia el este en la parte norte, pasando hacia la Plancha 153 – Chita. Posee un comportamiento inverso, levantando las secuencias más antiguas sobre las rocas de la Formación Une.

4.2.16 Falla La Fragua

Esta estructura se localiza al oriente del área, cerca a la Falla Guaicáramo (F9 y G9); la Falla Fragua posee una dirección N5°E, y posiblemente buza hacia el occidente, similar a la Falla Guaicáramo, generando entre esta y la Fragua, un pequeño sinclinal donde aflora parte la Formación Diablo. La estructura parece corresponder a un retrocabalgamiento asociado a la Falla Guaicáramo, ya que es cortada por esta al norte.

4.3 NEOTECTONICA

En la plancha 173 - Támara no se evidenciaron fenómenos neotectónicos, sin embargo, en el trabajo de (Paris *et al.*, 2000), la falla de Guaicáramo aparece como una falla inversa lateral derecha en toda su extensión. En el trazo de la falla, en el río Pauto, se hicieron observaciones en los aluviones recientes (Q2a1) del río, sin encontrarse evidencia neotectónica, lo cual puede indicar que los fenómenos neotectónicos ocurrieron en el Cuaternario inferior.

5 GEOLOGÍA ECONÓMICA

El potencial económico de la Plancha 173 – Támara está representado principalmente por hidrocarburos y carbón, de éste último se observaron mantos en la Formación Guaduas y la Formación Diablo. Algunos han sido explotados artesanalmente en pequeños socavones.

Arcillas de la Formación Caja se explotan para la fabricación de adobes y ladrillos, igualmente se explotan los depósitos aluviales del río Pauto para la extracción de materiales de construcción.

5.1 RECURSOS ENERGÉTICOS

Los recursos energéticos en el área de la plancha están representados por hidrocarburos y carbón, a continuación se describe cada uno de ellos.

5.1.1 Hidrocarburos

Esta zona se ubica en la cuenca de la Cordillera Oriental, donde las rocas con potencial generador corresponden a las lutitas y lodolitas de origen marino de las formaciones Lutitas de Macanal y Chipaque respectivamente. Estas rocas posiblemente son fuente de hidrocarburos, dado el contenido de TOC superior a 0,5, el cual varía entre 1,0 % y 5,0 % (Mojica *et al.*, 2009).

Dada la existencia de ciertas formaciones con potencial de generación de hidrocarburos, se recolectaron muestras de material fino, para determinar mediante el carbono orgánico total (TOC), pirólisis programada y reflectancia de la vitrinita (Ro), la cantidad, calidad y madurez termal de las muestras. La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos, las muestras con TOC por encima del 10 % fueron consideradas como pelitas carbonosas y carbones, las cuales no fueron tenidas en cuenta para la interpretación de resultados por formación que se presenta en la Tabla 8. Cabe mencionar, que a pesar de que hay algunas muestras con datos anómalos, estos no representan el potencial generador de la unidad.

Tabla 7. Resultados de TOC, pirólisis y reflectancia de vitrinita de muestras de la Plancha 173 - Támara.

Muestra	Formación	COT (%)	S1 (mg/g)	S2 (mg/g)	S3 (mg/g)	Tmax (°C)	IH	IO	IP	Ro
RAR-0084-R	Diablo	0,06								

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Muestra	Formación	COT (%)	S1 (mg/g)	S2 (mg/g)	S3 (mg/g)	Tmax (°C)	IH	IO	IP	Ro
HLM-0026-R-D		52,8								0,53
CPM-0026-R-A	San Fernando	3,66								0,55
KBM-0003-R	Guaduas	0,83								0,45
ATJ-0006-R-A		86,39								1,77
ATJ-0006-R-B		86,91								1,84
DMP-0001-R		0,25								
DMP-0002-R		0,73								ND
DMP-0019-R		38,33								2,68
DMP-0021-R		0,78								2,95
DMP-0025-R-A		83,19								2,66
HLM-0006-R		0,13								
JDJ-0003-R		0,58								2,31
JDJ-0007-R		0,56								ND
KBM-0006-R		0,07								
LTF-0002-R-A		0,93								1,99
LTF-0002-R-B		88,88								2,28
LTF-0006-R		87,29								2,04
LTF-0009-R	0,72								ND	
ASG-0048-R-B	Chipaque	1,01	0,07	0,15	0,7	451	14,41	68,76	0,32	
KBM-0037-R-A		6,23								ND
ATJ-0007-R-B		74,83								2,42
DMP-0024-R		0,26								
JDJ-0002-R		0,7								ND
KBM-0004-R-B		0,52								ND
KBM-0007-R-A		0,32								
LTF-0022-R-B		0,29								
WCR-0003-R		0,35								
HLM-0038-R-A	Une	2,54	0,03	0,04	0,17	557	1,58	6,7	0,43	
JDJ-0080-R-A		1,11	0,03	0,16	0,26	555	14,43	23,44	0,16	
DMA-0064-R		0,7								
JDR-0093-R		1,13	0,07	0,15	0,7	451	12,91	61,63	0,32	
JDJ-0014-R-B		2,07								4,62
WCR-0005-R-B		1,88								1,97
JDJ-0085-R		0,53								
DMA-0041-R-A	Fómeque	2,37	0,02	0,02	0,3	408	0,84	12,64	0,5	
DMA-0041-R-B		2,19	0,03	0,02	0,5	365	0,91	22,83	0,6	
KBM-0019-R		1,64								5,02
ATJ-0019-R-A	Las Juntas	1,39								2,72
ASG-0045-R-B	Lutitas de Macanal	3,24	0,03	0,02	0,11	398	0,62	3,39	0,6	
CPM-0078-R-A		0,72	0,01	0,02	0,28	447	2,8	39,14	0,33	
HLM-0040-R-A		1,39	0,02	0,04	0,11	361	2,88	7,91	0,33	
ASG-0045-R-C		4,33	0,02	0,02	0,26	350	0,46	6	0,5	
RAR-0099-R-B		0,74	0,02	0,02	0,07	453	2,71	9,5	0,5	
ATJ-0010-R		1,25								2,09
DMA-0043-R-A		2,7	0,04	0,03	0,15	418	1,11	5,56	0,57	
DMA-0043-R-B		0,9	0,03	0,04	0,32	354	4,45	35,57	0,43	
DMA-0043-R-C		10,82	0,01	0,03	0,19	368	0,28	1,76	0,25	
DMA-0043-R-D		2,44	0,04	0,05	0,3	322	2,05	12,31	0,44	
DMA-0043-R-E		17,63								
DMA-0045-R		0,8	0,05	0,04	0,37	350	4,99	46,19	0,56	
RAR-0011-R		0,69								2,81

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Muestra	Formación	COT (%)	S1 (mg/g)	S2 (mg/g)	S3 (mg/g)	Tmax (°C)	IH	IO	IP	Ro
RAR-0012-R		1,47								3,19
RAR-0013-R		1,35								1,71
RAR-0100-R		1,31	0,02	0,07	0,64	516	5,35	48,89	0,22	

Donde, TOC: Contenido orgánico total; S1: Cuantificación del pico S1 de la pirólisis (mgHC/gRoca). S2: Cuantificación del pico S2 de la pirólisis (mgHC/gRoca). S3: Cuantificación del pico S3 de la pirólisis (mgCO₂/gRoca). Tmax: Temperatura (°C) alcanzada en el máximo del pico S2. HI: Índice de Hidrógeno (mgHC/gCOT); OI: Índice de Oxígeno (mgCO₂/gCOT); IP: Índice de Producción. Ro: reflectancia de vitrinita.

Tabla 8. Interpretación de resultados por formación.

Formación	Análisis			
	TOC	Tipo de Kerógeno	Madurez termal	Potencial generador y productor
Guaduas	TOC: 0,56		Ro: 2,10 %	
	Regular		Sobremaduro	
Chipaque	TOC: 1,21	IH: 14,41	Tmax: 451	IP: 0,32 y GI: 0,22
	Bueno	Tipo IV	Madurez tardía	Bajos índices de producción y potencial generador
Une	TOC: 1,42	IH: 9,64	Tmax: 521 y Ro: 3,30 %	IP: 0,30 y GI: 0,16
	Bueno	Tipo IV	Sobremaduro	Buen productor de gas. Bajo potencial generador
Fómeque	TOC: 2,07	IH: 0,88	Tmax: 386 y Ro: 5,02 %	IP: 0,55 y GI: 0,05
	Muy bueno	Tipo III	Sobremaduro	Bajos índices de producción y potencial generador
Lutitas de Macanal	TOC: 2,28	IH: 2,52	Tmax: 394,27 y Ro: 2,45 %	IP: 0,43 y GI: 0,06
	Muy bueno	Mezcla entre tipo III y IV	Inmaduro a sobremaduro	Buen productor de gas y aceite. Bajo índice generador

La mayoría de los datos muestran rendimientos de S1 y S2 extremadamente bajos, indicando en general, bajo potencial generador de hidrocarburos. Valores altos de TOC entre 1,0% y 10,82%, indican buenos contenidos de materia orgánica, sin embargo, las condiciones de génesis no fueron las adecuadas para la generación de hidrocarburos. Las formaciones Chipaque y Fómeque presentan buen aporte de materia orgánica (TOC promedio = 1,21 % y 2,07%) con Kerógenos tipo III y IV a partir de plantas superiores y detritos oxidados, respectivamente; con una madurez termal tardía a sobremadura con bajo índice de generación de hidrocarburos.

La Formación Lutitas de Macanal presenta las mejores condiciones para producir hidrocarburos, especialmente gaseosos, pues presenta alto contenido de materia orgánica, con una mezcla de Kerógenos tipo III y IV, que indica aporte de material terrestre y detritos oxidados. No obstante se observa un amplio grado de dispersión en cuanto a la madurez termal de la materia orgánica pues alcanza el pico de madurez ideal para la generación de hidrocarburos; en los análisis se encontró que la mayoría de las muestras se consideran sobremaduras.

5.1.2 Carbón

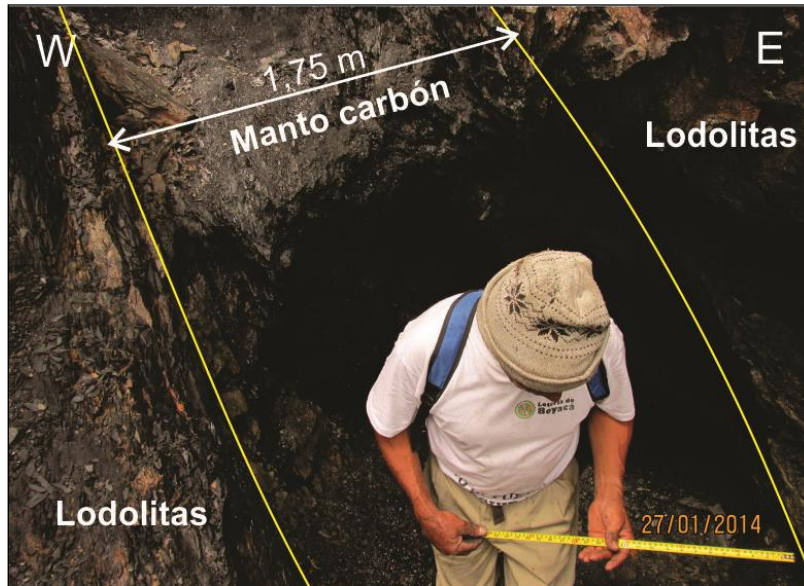
En diferentes zonas de la Plancha 173 – Támara, se encuentran afloramientos de mantos de carbón de espesor variable, aunque no se encuentran evidencias de explotación actual de este recurso. A continuación se describen los sectores donde se presentan estas manifestaciones.

En el sector de la quebrada Las Lajas, municipio de Socotá (Boyacá) (C4), aflora una secuencia asociada a la Formación Guaduas, de areniscas de grano fino, lutitas grises oscuras tabulares, plano paralelas con intercalación de mantos de carbón vitreño de espesor entre 0,15 y 3,0 m altamente fracturado (Fotografía 63).



Fotografía 63. Interestratificación de lutitas, areniscas y carbón de la Formación Guaduas en el lecho de la quebrada Las Lajas. Estación LTF-0002, 1 145 441 m.N y 850 595 m.E.

En esa misma unidad, en el sector de la vereda Monserrate del municipio de Socotá (C3), aflora una secuencia de lodolitas laminadas y fracturadas, con un manto de carbón de 1,75 m de espesor, de color negro brillante, con disposición N-S/66°E (Fotografía 64).



Fotografía 64. Manto de carbón en lodolitas de la Formación Guaduas, con rumbo NS, buzando 66° E. Estación DMP-0025, 1 149 401 m.N y 849 733 m.E.

En la vereda Santa Helena del municipio de Támara (F9) en la Formación Diablo, se encuentra un afloramiento de arenisca muy fina hacia el techo y base, con una capa de carbón vitreño de 0,45 m de espesor, cuya disposición es N-S/ 30° E, de geometría tabular y estratificación laminar (Fotografía 65).



Fotografía 65. Manto de carbón intercalado en areniscas de grano muy fino de la Formación San Fernando, en la vereda Santa Helena, Estación HLM-0022, 1 133 948 m.N y 875 670 m.E.

5.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la Plancha 173 – Támara, se encuentran estratos de areniscas con interés económico, para materiales de construcción, como es el caso de la Formación Las Juntas. A lo largo del cauce del río Pauto existen grandes depósitos de materiales pétreos no consolidados, de donde se extrae material de arrastre tamaño grava y arena, específicamente en las veredas Las Brisas (E8) (Fotografía 66) y Las Garzas (G8) ubicadas al oeste y suroeste del municipio de Támara respectivamente.



Fotografía 66. Materiales de arrastre en la ribera del río Pauto en el sector de Las Brisas, Támara. Panorámica tomada desde la estación HLM-0030, 1 138 026 m.N y 874 991 m.E.

Hacia el tope de la Formación Caja afloran conglomerados intercalados con capas muy gruesas de arcillas rojizas plásticas, las cuales se utilizan para la fabricación artesanal de ladrillo (Fotografía 67).



Fotografía 67. Arcillas rojizas de la Formación Caja en la vereda Tamuría de Támara. Estación RAR-0089, 1 120 563 m.N y 877 836 m.E.

6 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

De acuerdo con Ulloa & Rodríguez (1976), la cuenca Cundiboyacense comenzó a hundirse y se produjo la transgresión marina del Titoniano-Berriasiano, se depositaron en áreas de la plancha K-12, donde cubrieron discordantemente sobre rocas precámbricas, paleozoicas del Devoniano Carboniano y unidades del triásico jurásico de la Formación Bata y al norte en el Alto de Chucarima.

Sin embargo, en el área de la Plancha 173 Támara, las rocas más antiguas que se encuentran en la plancha, corresponden a las Lutitas de Macanal, de edad Berriasiano y por lo tanto, están involucradas en la cuenca Cundiboyacense.

Durante el Berriasiano al Aptiano medio, en el área de estudio y zonas aledañas se depositaron sedimentos en aguas poco profundas debido a evidencias paleontológicas como plantas y polen típicos de aguas someras en las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas y Fómeque, este hecho podría indicar que la cuenca estuvo sometida a una subsidencia lenta (Dueñas & Van der Hammen, 2007; Ulloa & Rodríguez, 1979).

En el periodo Albiano la cuenca debió colmatarse con los depósitos de la Formación Une y el Borde del Escudo Guayanés debió sufrir hundimiento. De esta forma la cuenca se amplió hacia la Cuenca de Los Llanos Orientales.

Posterior al Albiano y durante el Cenomaniano Superior hasta el Coniaciano, la cuenca debió sufrir subsidencia depositándose material fino de la Formación Chipaque.

Posteriormente la cuenca sufrió una nueva colmatación y se depositaron sedimentos de aguas poco profundas, correspondientes al Grupo Guadalupe en la parte occidental y al Grupo Palmichal en la parte oriental. Simultáneamente el Escudo Guayanés debió sufrir subsidencia y de esta forma la cuenca se amplió cubriendo gran parte de la actual Cuenca de Los Llanos (Cediel *et al.*, 2003; Barrero *et al.*, 2007).

Durante el Eoceno Plioceno, la cuenca comenzó a sufrir efectos compresivos y empezó el levantamiento de la Cordillera Oriental, generando importantes plegamientos y fallamientos, los cuales a su vez conformaron trampas para hidrocarburos (Cediel *et al.*, 2003; Barrero *et al.*, 2007). La cuenca se subdividió en subcuencas, una con eje Bogotá-Tunja-Sogamoso-Maracaibo y otra, correspondiente al Borde Llanero.

En el Mioceno se presentó una gran fase compresional en la cuenca Cundiboyacense, debido a la colisión del Escudo Guayanés moviéndose hacia el Oeste, y la placa de

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Nazca moviéndose hacia el Este, produciéndose una zona de subducción, y movimientos epirogénicos en gran parte de la Cuenca.

Durante el Pleistoceno-Holoceno, el escudo continuó moviéndose hacia Oeste, ocasionando el gran levantamiento de la Cordillera Oriental, que alcanzo en algunos puntos más de 4 000 m de altura.

En los últimos dos millones de años y como resultado de las crecientes máximas de los afluentes importantes del área de la Plancha 173 - Támara, como el río Pauto, en épocas de fuerte precipitación y gran aporte de material proveniente de las partes altas de las cuencas, se depositó el material aluvial sobre sectores específicos, así como en zonas relativamente planas. Adicionalmente las épocas de intensa glaciación, generaron cubiertas de hielo, que a su vez generaron depósitos fluvioglaciares y morrenas de diversos tamaños y composiciones, sobre todo en las partes más elevadas de la plancha.

7 SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

El recorrido a lo largo del río Pauto es el más completo que se puede hacer en la Plancha 173 - Támara, ya que a lo largo de éste se encuentran varios afloramientos en los que se identifican las secuencias sedimentarias desde el Cenozoico en el sector este de la plancha, hasta el Mesozoico hacia el oeste, permitiendo reconocer afloramientos de prácticamente toda la secuencia que se caracteriza en la plancha, con algunas excepciones como las formaciones areniscas de Socha, La Luna, Los Pinos, Guaduas, entre otras que se encuentran hacia los extremos.

Además de la litología, este cauce ofrece la posibilidad de reconocer varias de las fallas y pliegues más importantes que se identifican en la plancha ya que el mismo cauce se forma por la traza de la Falla del río Pauto que es la más importante, la Falla de Guaicáramo también se manifiesta a lo largo del cauce del río.

En la Fotografía 68 se observan algunas manifestaciones de la secuencia cretácica que aflora a lo largo de la quebrada Las Lajas, un importante afluente del río Pauto. La Fotografía 68a, hace evidente el intenso plegamiento y posterior fallamiento de los estratos sedimentarios, en la Fotografía 68b, se identifica una falla menor, el arrastre causado por el movimiento normal es más evidente en el bloque inferior; finalmente la Fotografía 68c muestra la secuencia de areniscas carbonosas de grano fino que hace parte del Grupo Guadalupe.

Geomorfológicamente, desde el río Pauto se observan las principales características de varias de las unidades definidas en la plancha, de hecho, algunas se definieron a partir de los rasgos observados a lo largo del río.

El camino Piedra Ancha-Las Delicias ofrece buenos afloramientos de extensos depósitos fluvio-glaciales que cubren parte de la plancha, así que este recorrido también es interesante.

En la quebrada La Pisbana también se encuentran afloramientos de parte de la secuencia cretácica y se observan rasgos de los pliegues que se extienden hacia ese sector, además esta quebrada sigue la traza de la falla del mismo nombre, así que es un buen sitio para evaluar la dinámica de dicha falla.

A lo largo de las quebradas Las Lajas, Mugrosa y La Buitrera se pueden hacer cortes transversales para determinar las características más importantes de la Formación Chipaque, y la secuencia suprayacente, Grupo Guadalupe y Formación Guaduas.



Fotografía 68. Afloramientos de la secuencia cretácica a lo largo de la quebrada Las Lajas. a) Estación CPM-0009, 1 145 378 m.N y 849 583 m.E; b) y c) Estación LTF-0002,1 145 440 m.N y 850 593 m.E.

8 CONCLUSIONES

Durante la realización del Proyecto de cartografía geológica regional de la Plancha 173 – Támara, se realizaron 442 estaciones de campo, se recolectaron 558 muestras, se escogieron 487 para realizarles diferentes tipos de análisis. Se delimitaron las unidades geológicas formaciones del Cretácico Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fόμεque, Une, Chipaque, La Luna, Los Pinos, Lidita Dura, Plaeners, Arenisca Tierna, Guaduas, el Intervalo arenoso indiferenciado (Grupo Palmichal), las formaciones del Paleógeno, Areniscas de Socha, Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando; las unidades del Neógeno, Diablo y Caja; y los depósitos cuaternarios asociados con aluviales antiguos, fluvio-glaciares y aluviales recientes.

Unidades como las formaciones Fόμεque y Chipaque pudieron ser datadas mediante la recolección de palinomorfos y/o microfósiles, estableciendo edades entre el Cretácico Medio para la Formación Chipaque y Oligoceno superior a Mioceno para la Formación Diablo, siendo coherentes con datos previamente publicados por otros autores. Algunas otras unidades presentan escaso registro de material para datar, por lo que se recomienda llevar a cabo un muestreo más detallado en las demás unidades.

El área de la Plancha 173 – Támara, expone claramente una complejidad estructural evidenciada por las estructuras como fallas de cabalgamiento y plegamientos, los cuales han deformado las secuencias sedimentaria; esto pone en evidencia, los diferentes procesos geológicos que han acontecido en esta zona del país desde el Cretácico hasta el presente, y la gran influencia que ha tenido la tectónica de placas y la orogenia Andina, dando como resultado el levantamiento de la Cordillera Oriental. Fallas como La Palma, Ilusión, Puerto Nuevo, Santuario, Guaicáramo, Miraflores y Monterrosa representan este tipo de procesos estructurales.

En el área estructuralmente se puede distinguir el gran Anticlinorio de Paya, el cual está limitado al Oeste por el Borde oriental del Sinclinorio de Sogamoso-Paz de Río Plancha 172, y al Este por el Sistema de Fallas de Guaicáramo y el sistema tectónico del Borde Llanero. Este importante Anticlinorio contiene numerosas estructuras sinclinales, anticlinales y fallas de Este a Oeste.

Los plegamientos más importantes y de carácter regional son el Sinclinal El Crisol, del Desespero, Anticlinal y Sinclinal de Paya, Anticlinal Villa de Leyva y Sinclinal San Francisco.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Actualmente no hay explotaciones activas de depósitos minerales de interés económico en la Plancha 173 – Támara. Entre las pocas ocurrencias con potencial económico que se observaron en campo, se pueden destacar los mantos de carbón en las formaciones Lutitas de Macanal y Guaduas en las que se han realizado pequeñas explotaciones artesanales en pequeños socavones y unas capas con laminación carbonosa de la Formación San Fernando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, B., & SARMIENTO, R. (1944). *Informe geológico sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de Paz del Río, departamento de Boyacá*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional. Informe 468 (inédito).
- BARRERO, D., PARDO, A., VARGAS, C., & MARTINEZ, J. (2007). *Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal*. ANH, Bogotá.
- BÜRGL, H. (1957). Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín geológico. Instituto Geológico Nacional, Vol 5, n2, 113-147.
- BÜRGL, H. (1961). Historia Geológica de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(43), 137-191.
- CAMPBELL, C. (1962): Section through the Cordillera Oriental of Colombia between Bogotá and Villavicencio. Soc. Petr. Geol. and Geoph. Ann. Field conf. 4:29.
- CARVAJAL, J. (2011). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica de Colombia*. Bogotá: INGEOMINAS.
- CEDIEL, F., SHAW, P & CÁCERES, C. (2003). Tectonic assembly of the Northern Andean Block AAPG Memoir 79: 815-848.
- COOPER, M., ADDISON, F., ALVÁREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R., HAYWARD, A., & TABORDA, A. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. *The American Association of Petroleum Geologist - AAPG Bulletin*, 79(10), 1421-1443.
- DICKINSON, W. (1985). *Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. Laboratory of Geotectonics, department of Geosciences*. Tucson, Arizona, 85721 USA: University of Arizona.
- DUEÑAS, H., & HAMMEN, V. D. (2007). Significado geológico y asociaciones palinológicas de las formaciones Diablo Inferior (Mioceno Tardío) y San Fernando Superior (Mioceno Medio), Piedemonte cuenca de los Llanos Orientales, Colombia. *Ciencias de la Tierra*, 31(121), 482-498.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- ETAYO SERNA, F. (1985). Paleontología Estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. En *Proyecto Cretácico* (págs. 1 -47). Bogotá: INGEOMINAS.
- ETAYO SERNA, F., RENZONI, G., & BARRERO, D. (1976). Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia. *Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología*, (págs. 217-252). Bogotá.
- FABRE, A. (1981). *Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy Plancha 137 - El Cocuy*. Bogotá: INGEOMINAS.
- FABRE, A. (1983). *Geología de la extremidad Sur de la Sierra Nevada de El Cocuy y los alrededores de La Salina y Sácama. Plancha 153, Escala 1:100.000*. Bogotá: Ingeominas.
- FABRE, A. (1985). Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental). En *Proyecto Cretácico, Publicación Geología Especial* (págs. 1-20). Bogotá: Ingeominas.
- FABRE, G. (1986). *Principles of isotope geology*. Columbus, Ohio: Jhon Wiley & Sons.
- FOLK, R. (1954). The distribution between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 344-359.
- FOLK, R. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Hemphill Publishing Co.
- GONZALEZ, H; RINCÓN, J.P; MONTERO, D VELEZ, W., RONDÓN R., & BANQUEZ, K.(2015). Memoria Explicativa Plancha 154 - Hato Corozal. Escala 1:000.000. Bogotá. SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.
- HETTNER, A. (1892). Die Kordillere Von Bogota. *Petermanns geographische Mitteilungen. Ergänzungsheft*.
- HUBACH, E. (1931). *Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander. Informe 176 (inédito)*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.
- HUBACH, E. (1957). *Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia*. Bogotá: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (1998). *Sismotectónica de Colombia: Deformación Continental Activa y Subducción*. Bogotá: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (2007). *Atlas Geológico de Colombia Plancha 5-10, Escala 1:500.000*. Bogotá: INGEOMINAS.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- INGEOMINAS. (2010). *Memoria Técnica Plancha 5-10 Mapa de Permeabilidades de Colombia, Escala 1:500.000*. Bogotá: INGEOMINAS.
- JULIVERT, M. (1968). Lexique Stratigraphique International. Amerique Latine, Colombie (premiere partie) -Precambrien, Paleozoique, Mesozoique et intrusions d'age Mesozoique-Tertiaire. 5(4a) :1-651. Centre Nat. Rech. Sci. Paris.
- MOJICA, J., CASTILLO, H., BRICEÑO, L., ARCE, C., CUARTAS, C., GÓMEZ, C., . . . OSORNO, J. (2009). Prosectividad de las cuencas ofrecidas para la Ronda Abierta Colombia 2010. Bogotá: ANH.
- MONTOYA, D., NUMPAQUE, A., MARTIN, C., & ALCÁRCEL, F. (2013). *Geología de la Plancha 193 - Yopal*. Bogotá: INGEOMINAS.
- NOTESTEIN, F., HUBMAN, C., & BOWLER, J. (1944). Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia. South America. *Bulletin Geological Society of America*, Volume 55, 1165-1216.
- OSORNO, J. (1994). Estratigrafía y ambientes de depósito de la secuencia regresiva localizada al Noreste de Sogamoso. Manizales: Tesis grado, Universidad de Caldas.
- PARIS, G., MACHETTE, M., DART, R., & HALLER, K. (2000). Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. U.S. Geological Survey Open-File Report 00-0284.
- PÉREZ, G., & SALAZAR, A. (1978). Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. *Geología Colombiana*, 10, 7-86.
- RENZONI, G. (1962). Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al Este y Sureste de Bogotá. *Boletín Geológico* 10 (1-3), 59-72.
- RENZONI, G. (1985). Interpretación fotogeológica de la Plancha 193 – Yopal. Escala 1: 100.000. Informe 1951. Ingeominas, Bogotá.
- RODRIGUEZ, A., & SOLANO, O. (2000). *Mapa Geologico del Departamento de Boyaca*. Bogotá: Ingeominas.
- ROYERO, J., & CLAVIJO, J. (2001). *Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander, escala 1:400.000. Memoria Explicativa*. Bogotá: INGEOMINAS.
- SUAREZ, M. (1985). *Interpretación fotogeológica de la Pancha 174 Paz de Ariporo*. Bogotá: INGEOMINAS.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- TERRAZA, R., MONTOYA, D., REYES, G., MORENO, G., & FÚQUEN, J. (2008). *Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental. Planchas 210, 228 y 229*. Bogotá: Ingeominas.
- ULLOA & ARIAS (1998). Geología del área Yopal, Cocuy y Saravena. Documento interno. GEOSUR Ltda.
- ULLOA, C., & RODRÍGUEZ, E. (1976). *Geología de la Plancha 171 - Duitama, 191 - Tunja, 211 - Tauramena y 230 - Monterrey. Cuadrángulos J-12 y K-13. Escala 1:100.000*. Bogotá: INGEOMINAS.
- ULLOA, C., & RODRIGUEZ, E. (1979). *Geología de las Planchas 170 y Vélez 190 Chiquinquirá*. Bogotá: INGEOMINAS.
- ULLOA, C., & RODRIGUEZ, E. (1981). *Geología del Cuadrángulo K13- Tauramena*. Bogotá: Boletín Geológico 24(2). Ingeominas.
- ULLOA, C., ARIAS, A., & SOLANO, F. (2000). *Caracterización de unidades geológicas y geomorfológicas de Colombia*. Bogotá.
- ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., & RODRÍGUEZ, G. (2003). *Geología Plancha 172 - Paz de Río*. Ingeominas.
- VAN DER HAMMEN, T. (1957). Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental). *Boletín Geológico*, 5(2).
- VAN DER HAMMEN, T. (1958). *Estratigrafía del terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogenesis de los Andes Colombianos*. Bogotá: Servicio Geologico Nacional, Boletín Geológico No 6.
- VAN DER HAMMEN, T. (1968). *Climatic and vegetational succession in the Equatorial Andes of Colombia*. Colloquium of geographicum.