

RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS

**MARIA MARGARITA MOSQUERA MALAGÓN
CARLOS GUILLERMO GARZÓN GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012**

RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS

**MARIA MARGARITA MOSQUERA MALAGÓN
CARLOS GUILLERMO GARZÓN GÓMEZ**

Trabajo de grado para optar al título de Geólogo

**Director del proyecto:
Geólogo Msc. ALBERTO ORTIZ FERNÁNDEZ**

**Codirector del proyecto:
Geólogo Edwar Hernando Herrera Otero**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012**



Dedicatoria

A mi Esperanza, sostén de mis sueños y origen de mi vida.

Margarita Mosquera

A Mi Mama Miryam Gomez D. Quien me dio la vida y existencia, a Daniela Rodríguez U, la mujer que me acompañó durante, toda mi vida universitaria y me ayudo a sacar mi carrera adelante, a mi Abuelita Meña que dio los pilares de apoyo para ser la persona que soy un profesional.

Guillermo Garzón

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 9 de 280</p>
--	--	--

Agradecimientos

El gran apoyo y respaldo a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. A Alberto Ortiz Fernández y Edwar Herrera O.

A quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, hago este triunfo compartido, sólo esperando que comprendan que estos esfuerzos son inspirados en cada uno de ustedes.

Con amor, agradecimiento y respeto.

Gracias

Guillermo Garzón

Han sido muchas las personas que han aportado a este trabajo, a cada una de ellas quiero dedicarles cada uno de mis esfuerzos durante esta etapa de mi vida. En general quiero agradecer la inmensa colaboración prestada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y por la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Así mismo, a Alberto Ortiz Fernández y Edwar Herrera Otero por sus valiosos aportes como directores y guías, ellos, con su apoyo y sus consejos, dieron forma a este trabajo. En particular, mis más grandes agradecimientos a Silvia García e Iván Botero quienes con su compañía llenaron de alegría, comprensión, cariño y buenos momentos mi camino.

No puedo dejar pasar esta oportunidad para darle gracias a la persona que siempre me ha acompañado en toda mi vida, ella, con su amor, comprensión y dedicación ha sabido darme las herramientas para enfrentar los retos de mi vida cotidiana, excepto utilizar una cafetera. Este trabajo es sólo una muestra de aquellos retos que emprendí, sabiendo de antemano, que contaba con todo su apoyo. A ti mamá, GRACIAS.

Margarita Mosquera

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	24
1. OBJETIVOS.....	25
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	25
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
2. GENERALIDADES.....	26
2.1. LOCALIZACIÓN.....	26
2.2. FISIOGRAFÍA Y CLIMA.....	27
2.2.1. FISIOGRAFÍA.....	27
2.2.2. CLIMA.....	28
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	29
3.2. SEGUIMIENTO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN POZO.....	30
3.2.1. FASE POZO.....	30
3.2.2. FASE OFICINA.....	31
3.3. CAMPAÑA DE CAMPO.....	31
3.4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE POZOS Y SECCIONES ESTRATIGRAFICAS.....	34
3.5. INTEGRACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	37
3.6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	38
4. MARCO TEÓRICO.....	39
5. ANTECEDENTES DEL AREA DE ESTUDIO.....	47
6. GEOLOGÍA GENERAL DEL ÁREA.....	52
6.1. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....	52

6.1.1.	Formación Volcánica (Kv).....	62
6.1.2.	Felsita de Vijes (Kf)	63
6.1.3.	ROCAS SEDIMENTARIAS CRETÁICAS AFLORANTES EN LA SUBCUENCA CAUCA	64
6.1.3.1.	COMPLEJO ESTRUCTURAL DAGUA.....	64
6.1.3.2.	CONJUNTO DE SUPERSECUENCIA DE FLYSCH.....	65
6.1.3.2.1.	Formación Ampudia (K2am).....	65
6.1.3.2.2.	Formación Nogales (Kn)	66
6.1.4.	ROCAS AFLORANTES DEL PLUTONISMO CALCO-ALCALINO EN LA SUBCUENCA CAUCA	66
6.1.4.1.	Batolito de Buga (Kcd).	66
6.1.5.	ROCAS AFLORANTES DE LA COBERTURA ANDINA CENOZOICA EN LA SUBCUENCA CAUCA	67
6.1.5.1.1.	Formación Chimborazo (TPc).....	69
6.1.5.2.	FORMACIONES DEL GRUPO CAUCA	71
6.1.5.2.1.	Formación Guachinte (TOg)	71
6.1.5.2.2.	Formación Ferreira (TOf)	73
6.1.5.2.3.	Formación Vijes (TOv)	74
6.1.6.	ROCAS AFLORANTES DEL GRUPO VALLE (SUBCUENCA CAUCA).....	76
6.1.6.2.	CONJUNTO DE SUPERSECUENCIAS VOLCANOCLÁSTICO	78
6.1.6.2.1.	Formación La Paila (TMp)	78
6.1.7.	DEPOSITOS PLIO-PLEISTOCENOS DEL SUB CUENCA CAUCA	80
6.1.7.1.	Formación Zarzal (Ngp)	80
6.1.8.	DEPOSITOS CUATERNARIOS (Q).....	81

6.2.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	82
6.2.1.	FALLAMIENTO DE LA SUBCUENCA CAUCA	83
7.	RESULTADOS.....	97
7.1.	LITOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL Y AMBIENTES DE DEPÓSITO, DE LAS FORMACIONES PERFORADAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”	97
7.1.1.	LOCALIZACIÓN EN SUPERFICIE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”	97
7.1.1.1.	LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp).....	100
7.1.1.2.	LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOf).....	101
7.1.1.3.	LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR Y MBRO. SUPERIOR) (TMp).....	102
7.1.2.	GEOMORFOLOGÍA DOMINANTE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”	105
7.1.2.1.	GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp)....	105
7.1.2.2.	GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOf).....	107
7.1.2.3.	GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (TMp).....	108
7.1.3.	DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”	110
7.1.3.1.	LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN EL POZO ANH-CAUCA-32-ST-S	110
7.1.3.2.	ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN EL POZO ANH-CAUCA-32-ST-S	113
7.1.3.3.	LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-33-ST-S Y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1.....	124
7.1.3.4.	ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN EL POZO ANH-CAUCA-33-ST-S Y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1	128

7.1.3.5. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp).....	139
7.1.3.6. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOf).....	139
7.1.3.7. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN FERREIRA (TOf) EN EL POZO ANH-CAUCA-17-ST-S	147
7.1.3.8. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN FERREIRA (TOf) ...	156
7.1.3.9. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR) (TMp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-10-ST-S.....	157
7.1.3.10. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-10-ST-S	158
7.1.3.11. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-10-ST-S, ANH-CAUCA-11-ST-S Y ANH-CAUCA-12-ST-S.....	160
7.1.3.12. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-10-ST-S.....	164
7.1.3.13. LITOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) ENCONTRADA EN EL POZO ANH-CAUCA-11-ST-S.....	175
7.1.3.14. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-11-ST-S.....	183
7.1.3.15. LITOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) ENCONTRADA EN EL POZO ANH-CAUCA-12-ST-S.....	198
7.1.3.16. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-12-ST-S.....	201
7.1.3.17. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (TMp).....	216
7.2. LITOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL Y AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LAS FORMACIONES LEVANTADAS MEDIANTE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS DE LA CAMPAÑA DE CAMPO	217
7.2.1. LOCALIZACIÓN DE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS EN CAMPO	219

7.2.1.1.	LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)	219
7.2.1.2.	LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc).....	220
7.2.1.3.	LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg).....	220
7.2.1.4.	LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN VIJES (TOv).....	221
7.2.2.	GEOMORFOLOGÍA DOMINANTE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS	222
7.2.2.1.	GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn).....	222
7.2.2.2.	GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc)	223
7.2.2.3.	GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg) ..	224
7.2.2.4.	GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN VIJES (TOv)	225
7.2.3.	DESCRIPCIÓN LITOSTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS EN EL RECONOCIMIENTO DE CAMPO.....	226
7.2.3.1.	LITOSTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)	226
7.2.3.2.	ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)	229
7.2.3.3.	AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn).....	231
7.2.3.4.	LITOSTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc).....	232
7.2.3.5.	ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc).....	235
7.2.3.6.	AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc).....	237
7.2.3.7.	LITOSTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg).....	238

7.2.3.8.	ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg).....	240
7.2.3.9.	AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN GUACHINTE (TOg)	242
7.2.3.10.	LITOSTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN VIJES (TOv).....	242
7.3.	CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	247
7.4.	COLUMNA GENERALIZADA	261
8.	CONCLUSIONES.....	265
9.	RECOMENDACIONES	267
10.	BIBLIOGRAFÍA	268
11.	ANEXOS.....	277

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa general de la ubicación del área de estudio.....	26
Figura 2. Descripción macroscópica de los núcleos.....	31
Figura 2a. Proceso de descripción litológica de los núcleos de roca en los pozo..	31
Figura 2b. Proceso de descripción litológica de los núcleos de roca en los pozo..	31
Figura 2c. Lupa electrónica utilizada como apoyo en la descripción macroscópica.....	31
Figura 3. Elementos de apoyo para la descripción macroscópica de las muestras.....	36
Figura 3a. Estereomicroscopio marca Nikon SMZ 800.....	36
Figura 3b. Tabla granulométrica.....	36
Figura 3c. Lupa de mano de 20X de aumento.....	36
Figura 3d. Muestras de mano recolectadas en campo.....	36
Figura 4. Elementos de apoyo para la descripción microscópica de las muestras.....	37
Figura 4a. Microscopio marca Nikon Eclipse E200.....	37
Figura 4b. Microscopio marca Nikon Eclipse E200.....	37
Figura 4c. Secciones delgadas descritas.....	37
Figura 5. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca – Patía, durante el lapso Jurásico Cretácico Temprano.....	53
Figura 6. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Cretácico superior.....	54
Figura 7. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Eoceno medio.....	55
Figura 8. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Mioceno medio a tardío.....	57
Figura 9. Carta cronoestratigrafía propuesta por Barrero en 1998.....	59
Figura 10. Esquema estructural que muestra las Unidades de la subcuenca Cauca y sus estructuras primarias.....	83
Figura 11. Modelo conceptual de colisión del arco de pana durante el mioceno	93
Figura 12. Mapa Estructural de la Sub cuenca Cauca.....	94
Figura 13. Corte del valle del cauca según el programa sismico VC-79.....	96
Figura 14. Localización de las formaciones descritas, pozos estratigráficos “Slim Hole” y afloramientos en la subcuenca Cauca.....	99
Figura 15. Mapa Geológico con la localización del Pozo ANH-CAUCA-32-ST-S...	100
Figura 16. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1.....	101
Figura 17. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-17-ST-S.....	102
Figura 18. Mapa geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-10-ST-S.....	103
Figura 19. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-11-ST.....	104
Figura 20. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-12-ST-S.....	105
Figura 21. Relieve predominante sobre la formación Cinta de Piedra, en las inmediaciones del Municipio Obando.....	106

Figura 22. Valle del Rio la Vieja, llanuras de Inundación.....	106
Figura 23. Llanuras de inundación y conos de deyección sobre la cuenca del río La Vieja.....	107
Figura 24. Sistema onduloso y de terrazas aluviales del río La Vieja.....	107
Figura 25. Sistema de lomas de pendientes medias a bajas y Terrazas aluviales..	108
Figura 26. Montículos de topes planos con pendientes suaves, zona aledaña a Tuluá.....	108
Figura 27. Montículos de topes planos con pendientes suaves, zona aledaña Bugalagrande.....	109
Figura 28. Cerros menores de pendiente media y crestas angulosas, Municipio Bugalagrande.....	110
Figura 29. Limolita arenosa con laminación ondulosa paralela continua, 315' de profundidad.....	111
Figura 30. Arenisca lodosa con laminación planoparalela continua, contenidos de material carbonoso, 347' de profundidad.....	111
Figura 31. Arenisca grano fino en contacto gradacional con conglomerado oligomíctico, 439' de profundidad.....	111
Figura 32. Arenisca de grano fino, 435' de profundidad.....	111
Figura 33. Arenisca de grano fino con laminación planoparalela, 663' de profundidad.....	112
Figura 34. Arcillolita abigarrada con contenidos de material calcáreo y venillas de yeso, 1.010' de profundidad.....	112
Figura 35. Arenisca de grano fino gradando a paraconglomerado oligomíctico, 1.227' de profundidad.....	113
Figura 36. Arcillolita abigarrada, 1.333' de profundidad.....	113
Figura 37. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-32-ST-S.....	114
Figura 38. Columna generalizada para pozo ANH-CAUCA-32-ST-S (ANEXO 2E-C).	116
Figura 39. Arcillolita con nódulos de carbonato, 909' de profundidad.....	125
Figura 40. Fracturas rellenas de yeso, 793' de profundidad.....	125
Figura 41. Limolita con nódulos de material carbonatado, 920' de profundidad.....	126
Figura 42. Limolita fracturada, 1.996' de profundidad.....	126
Figura 43. Arenisca con laminación cruzada, 1.612' de profundidad.....	127
Figura 44. Arenisca con laminación ondulosa inclinada, 2.533' de profundidad...	127
Figura 45. Arenisca conglomerática con laminación inclinada, 1.166' de profundidad.....	127
Figura 46. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-33-ST-S.....	129
Figura 47. Columna generalizada para pozo ANH-CAUCA-33-ST-S y 33TWIN-1	132
Figura 48. Paraconglomerados Polimícticos con evidentes cambios texturales, 57' de profundidad.....	140
Figura 49. Conglomerado polimíctico, 77' de profundidad.....	140
Figura 50. Ortoconglomerado Polimíctico, gránulos de lodolitas, cuarzo y chert, a 82,20' de profundidad.....	141
Figura 51. Paraconglomerado oligomíctico intraformacional, clastos de lodo, 425' de profundidad.....	141
Figura 52. Arenisca con laminación paralela continua, 169' de profundidad.....	142



Figura 53. Arenisca con laminación ondulosa, 182' de profundidad.....	143
Figura 54. Arenisca lodosa color gris verdoso, 128' de profundidad.....	143
Figura 55. Arenisca calcárea con estratificación lenticular, 559,47' de profundidad.....	144
Figura 56. Arenisca lodosa calcárea, 736,81' de profundidad.....	145
Figura 57. Limolita arenosa color gris oscuro, 186,86' de profundidad.....	145
Figura 58. Limolita calcárea con presencia de bioturbación, 812' de profundidad..	146
Figura 59. Limolita arenosa calcárea, 964' de profundidad.....	146
Figura 60. Arcillolita calcárea con presencia de microfósiles, 1.044' de profundidad.....	147
Figura 61. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-17-ST-S.....	148
Figura 62. Columna Generalizada pozo ANH-CAUCA-17-ST-S.....	151
Figura 63. Toba volcánica con microfracturas de tendencia horizontal, 798' de profundidad.....	157
Figura 64. Conglomerados polimícticos, 759,47' de profundidad.....	157
Figura 65. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-10-ST-S.....	159
Figura 66. Roca lavada y saturada de agua recuperada hacia los 119,92 pies de profundidad.....	161
Figura 67. Detalle de trazas de carbón, 289' de profundidad.....	162
Figura 68. Detalle de serosidad y plasticidad de Arcillolita, 63' de profundidad.....	162
Figura 69. Detalle de cristales de yeso en limolita fisil, 215,20' de profundidad....	163
Figura 70. Venillas entrecruzadas y concreciones de yeso, 219' y 225' de profundidad.....	163
Figura 71. Detalle de finas concreciones de calcita en limolita, 317' de profundidad.....	163
Figura 72. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-10-ST-S.....	165
Figura 73. Columna generalizada del pozo ANH-CAUCA-10-ST-S	167
Figura 74. Arcillolita astillosa que hacia la base presenta restos de madera y cinta de carbón, 341' de profundidad.....	177
Figura 75. Arcillolita con laminaciones de material limoso y venas rellenas de carbonato, 345' de profundidad.....	177
Figura 76. Arcillolita con delgadas intercalaciones de areniscas, 356' de profundidad.....	177
Figura 77. Arcillolita con delgadas intercalaciones de arenisca de gran medio, 357' de profundidad.....	178
Figura 78. Laminaciones planoparalelas de material limoso y arenoso, 50' de profundidad.....	179
Figura 79. Limolita moteada con alto contenido de carbonato como cemento, 318' de profundidad.....	179
Figura 80. Limolita de cemento calcáreo, 374' de profundidad.....	179
Figura 81. Arenisca conglomerática con matriz arenoarcillosa, 225' de profundidad.....	180
Figura 82. Arenisca de composición cuarzofeldespatica con alineación característica de magnetita, 252' de profundidad.....	181
Figura 83. Arenisca con cemento calcáreo y alineación de magnetita a lo largo	181

del intervalo, 526' de profundidad.....	
Figura 84. Arenisca con alto contenido de fragmentos líticos y carbón hacia la base, 779' de profundidad.....	182
Figura 85. Conglomerado polimíctico, poco consolidado y muy lavado, 60' de profundidad.....	182
Figura 86. Conglomerado Polimíctico, arenosoportado, 850' de profundidad.....	183
Figura 87. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-11-ST-S.....	184
Figura 88. Columna generalizada del pozo ANH-CAUCA-11-ST-S.....	186
Figura 89. Arcillolitas fracturadas con ángulos que varían entre los 40° y 45°, 33' de profundidad.....	199
Figura 90. Arcillolitas bien consolidadas, 1.023' de profundidad.....	199
Figura 91. Limolita con laminación cruzada en artesa, 540' de profundidad.....	199
Figura 92. Areniscas con intercalaciones conglomeráticas, 304' de profundidad...	200
Figura 93. Arenisca de grano fino a grueso con laminación flaser, 613' de profundidad.....	200
Figura 94. Contacto neto de arenisca de grano medio con areniscas conglomeráticas, 616' de profundidad.....	200
Figura 95. Contacto neto de arenisca de grano medio con areniscas conglomeráticas, 463' y 623' de profundidad respectivamente.....	201
Figura 96. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-12-ST-S.....	202
Figura 97. Columna generalizada para el pozo ANH-CAUCA-12-ST-S.....	205
Figura 98. Relieve predominante sobre la formación Nogales, alrededores de la sección MG-17 y MG-18.....	223
Figura 99. Relieve predominante sobre la formación Chimborazo, alrededores de la sección MG-9.....	223
Figura 100. Detalle de las tomas para la panorámica de la geomorfología para Formación Chimborazo.....	224
Figura 101. Relieve predominante sobre la formación Guachinté, alrededores de la sección MG-7.....	225
Figura 102. Relieve predominante sobre la formación Vijes.....	225
Figura 103. Sección representativa de la formación Nogales y detalle de muestras de mano.....	227
Figura 104. Foraminíferos presentes en la muestra de chert de la Formación Nogales, descrita en sección delgada (ANEXO 5).....	228
Figura 105. Columna estratigráfica Formación Nogales.....	230
Figura 106. Sección representativa de la formación Chimborazo y detalle de muestras de mano y estructuras.....	233
Figura 107. Arenisca de la Formación Chimborazo, con zonas de alteración de plagioclasas y micas descrita en sección delgada (ANEXO 5).....	234
Figura 108. Columna estratigráfica Formación Chimborazo.....	236
Figura 109. Sección representativa de la formación Guachinté y detalle de muestras de mano y estructuras.....	238
Figura 110. Arenisca de la Formación Guachinté, abundantes trazas de carbón, descrita en sección delgada (ANEXO 5).....	239
Figura 111. Columna estratigráfica para la Formación Guachinté.....	240
Figura 112. Sección representativa de la formación Vijes y detalle de muestras	243

de mano y estructuras.....	
Figura 113. Caliza de la Formación Vijes, abundantes bioclastos, descrita en sección delgada (ANEXO 5).....	244
Figura 114. Caliza de la Formación Vijes, abundantes bioclastos, descrita en sección delgada (ANEXO 5).....	245
Figura 115. Columna estratigráfica para la Formación Vijes.....	246
Figura 116. Correlación litoestratigráfica de la sucesión del Terciario sobre la subcuenca Cauca-Patía.....	255
Figura 117. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA SUBCUENCA CAUCA PARA LAS UNIDADES DEL Terciario.....	260
Figura 118. COLUMNA GENERALIZADA DE LA SUBCUENCA CAUCA, CUENCA CAUCA-PATIA.....	264

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de planchas 1:25.000 y 1:100.000 respectivas del área de estudio.....	27
Tabla 2. Síntesis de las etapas de desarrollo del proyecto en contraste con su tiempo de ejecución.....	29
Tabla 3. Relación de las zonas visitadas en campo para el levantamiento de secciones estratigráficas mediante afloramientos en las formaciones de interés con las planchas geológicas del Ingeominas.....	33
Tabla 4. Clasificación facies según tamaño de grano, de Miall (1978).....	42
Tabla 5. Asociación de facies y ambientes de depósito, Geoestudios 2008.....	43
Tabla 6. Resumen de eventos tectónicos y sedimentológicos sobre la cuenca Cauca-Patía.....	58
Tabla 7a. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.....	85
Tabla 7b. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.....	86
Tabla 7c. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.....	87
Tabla 8. Información general de los pozos perforados.....	98
Tabla 9. Información general de los afloramientos levantados durante la campaña de campo.....	218
Tabla 10. Intervalos corazonados en metros de las formaciones de la Subcuenca Cauca.....	250

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 22 de 280</p>
--	--	---

RESUMEN

TÍTULO

RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS¹.

AUTORES

MARIA MARGARITAMOSQUERA MALAGÓN²
CARLOS GUILLERMO GARZÓN GÓMEZ³

PALABRAS CLAVE

CUENCA SEDIMENTARIA, CUENCA CAUCA-PATÍA, SUBCUENCA CAUCA, ESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL, AMBIENTES SEDIMENTARIOS, POZOS ESTRATIGRAFICOS “SLIM HOLE”.

CONTENIDO

Como aporte a la investigación geológica disponible de la subcuenca Cauca, sector norte de la cuenca Cauca-Patía, se realiza una recopilación y análisis de información estratigráfica disponible del área. En el marco del convenio interadministrativo No. 26, “PERFORACIÓN DE POZOS TIPO SLIM HOLE EN LA CUENCA CAUCA-PATÍA CON RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS Y TOMA DE REGISTROS” desarrollado entre la Universidad Industrial de Santander-UIS y la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH, con el fin de conocer a profundidad la estratigrafía de la Cuenca Cauca Patía. Gracias este proyecto se presenta el reconocimiento de las condiciones estratigráficas del área en estudio, mediante la descripción y análisis facial detallado de las unidades sedimentarias que fueron corazonadas en los siete (7) pozos estratigráficos “Slim Hole” (ANH-CAUCA-10-ST-S, ANH-CAUCA-11-ST-S, ANH-CAUCA-12-ST-S, ANH-CAUCA-17-ST-S, ANH-CAUCA-33-ST-S, ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1), levantadas en veintiséis (26) secciones estratigráficas mediante afloramientos ubicados estratégicamente en zonas de interés y la información obtenida de la revisión bibliográfica general de la cuenca Cauca-Patía en la que se incluyen dos (2) pozos convencionales perforados en la parte sur de la subcuenca en los años 1965 y 1997 respectivamente (Candelaria -1, Juga-1).

¹ Proyecto de Grado. Modalidad Investigación. Contrato Interadministrativo No. 26, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos – Agencia Nacional de Hidrocarburos.

² Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Geólogo Msc. Alberto Ortiz Fernández. Codirector: Geólogo Edwar Hernando Herrera Otero.

³ Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Geólogo Msc. Alberto Ortiz Fernández. Codirector: Geólogo Edwar Hernando Herrera Otero.

ABSTRACT

TITLE

ACKNOWLEDGMENT OF TERMS STRATIGRAPHIC OF THE CAUCA SUB-BASIN, BASED IN STRATIGRAPHIC WELLS AND OUTCROPS⁴.

AUTHORS:

MARIA MARGARITAMOSQUERA MALAGÓN⁵
CARLOS GUILLERMO GARZÓN GÓMEZ⁶

KEY WORDS:

SEDIMENTARY BASIN, BASIN CAUCA-PATIA, CAUCA SUBBASIN, STRATIGRAPHY, FACIAL ANALYSIS, SEDIMENTARY ENVIRONMENTS, STRATIGRAPHIC WELLS "SLIM HOLE".

As a contribution to the available geological investigation of the sub-Cauca basin, area north of the Cauca-Patia, is made a compilation and analysis of stratigraphic information available in the area. Under the administrative agreement No. 26, "SLIM TYPE DRILLING HOLE IN THE BASIN WITH Cauca-Patia CORE RECOVERY AND MAKING RECORDS" developed between the Universidad Industrial de Santander-UIS and the National Hydrocarbons Agency-ANH to know in depth the Cauca Patia Basin stratigraphy With Project this the recognition of stratigraphic conditions of the study area, through description and detailed facial analysis of the sedimentary units which were cut in seven (7) stratigraphic wells "Slim Hole" (ANH-CAUCA-10-ST-S ANH-CAUCA-11-ST-S, ANH-CAUCA-12-ST-S, ANH-CAUCA-17-ST-S, ANH-CAUCA-33-ST-S, ANH-CAUCA-33-ST-S- TWIN-1), built in twenty-six (26) outcrops located strategically in areas of interest and information obtained from the literature review general Cauca-Patia basin in which are two (2) conventional wells drilled in the southern part of the watershed in 1965 and 1997 respectively (Candelaria -1, Juga-1).

⁴ Proyecto de Grado. Modalidad Investigación. Contrato Interadministrativo No. 26, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos – Agencia Nacional de Hidrocarburos.

⁵ Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Geólogo Msc. Alberto Ortiz Fernández, Codirector: Geólogo Edwar Hernando Herrera Otero.

⁶ Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Geólogo Msc. Alberto Ortiz Fernández, Codirector: Geólogo Edwar Hernando Herrera Otero.

INTRODUCCIÓN

El constante aumento en la demanda de recursos energéticos promueve el estudio y la investigación de yacimientos en áreas sedimentarias que en Colombia aún cuentan con la disponibilidad para adelantar trabajos de exploración. La cuenca Cauca-Patía es una de las cuencas clasificadas como inexploradas y/o no productoras del país.

Con la intención de obtener mayor conocimiento del subsuelo en la cuenca Cauca-Patía, la Universidad Industrial de Santander desarrolló un convenio de cooperación con la Agencia Nacional de Hidrocarburos para la perforación de pozos estratigráficos tipo “Slim Hole” de los cuales fue posible recuperar 2533,05 metros de columna sedimentaria en 7 pozos ubicados en la subcuenca Cauca.

El siguiente estudio presenta los resultados de las actividades que se desarrollaron tanto en el proceso de perforación como en el muestreo y levantamiento de secciones estratigráficas a partir de afloramientos en la parte norte de la cuenca Cauca-Patía, subcuenca Cauca, correspondientes tanto al contrato interadministrativo No. 26 firmado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH y la Universidad Industrial de Santander-UIS.

El informe que se presenta a continuación es el estudio del área que comprende la parte Norte de la cuenca Cauca-Patía referente a la recopilación y seguimiento de las condiciones estratigráficas de la subcuenca Cauca.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una síntesis de los rasgos geológicos sobresalientes de la Subcuenca Cauca con base en el reconocimiento de las condiciones estratigráficas a partir de información de afloramientos y pozos estratigráficos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

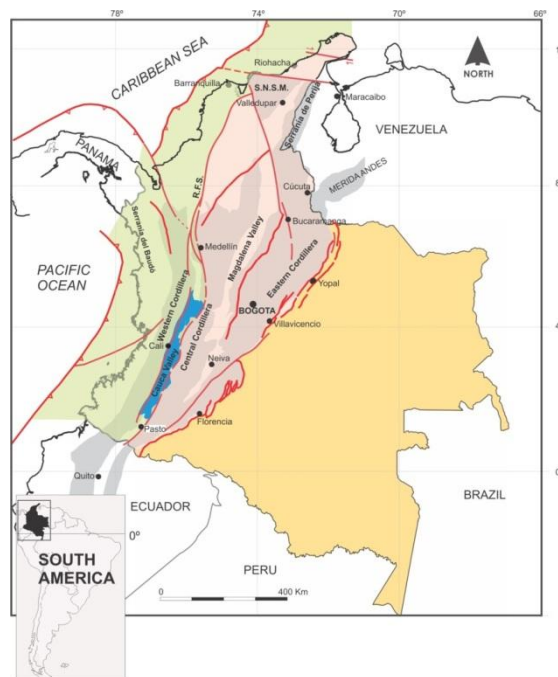
- Elaborar un levantamiento detallado de la columna generalizada de la Subcuenca Cauca a partir de información de afloramientos y pozos estratigráficos.
- Definir y delimitar de manera detallada las unidades estratigráficas presentes en la zona de estudio, mediante el uso de estratigrafía secuencial.
- Realizar la descripción de facies, asociaciones faciales y ambientes de depósito para las unidades de estudio, mediante la descripción de las muestras obtenidas en pozos de tipo Slim Hole y descripción de muestras de afloramientos.
- Definir el ambiente de depósito para cada una de las unidades estratigráficas identificadas en el estudio, a partir de la compilación de los resultados obtenidos del análisis de la información de afloramientos, pozos estratigráficos tipo Slim Hole y análisis de información bibliográfica.

2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACIÓN

Geológicamente el área de estudio corresponde al sector Norte de la cuenca Cauca-Patía, denominada como subcuenca Cauca, limita al Este por el sistema de fallas Romeral, al Oeste por el sistema de fallas Cauca-Patía y al Sur por el paleoalto de Popayán (**Figura 1**). Geográficamente la cuenca Cauca-Patía se encuentra limitada por las cordilleras Occidental al Oeste y Central al Este, en los Andes colombianos; comprende parte de los departamentos Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Cauca; y se encuentra cubierta por planchas topográficas y geológicas escala 1:100.000 y 1:25.000 disponibles en el Instituto Agustín Codazzi y en el Servicio Geológico Colombiano INGEOMINAS respectivamente (**Tabla 1**).

Figura 1. Mapa general de la ubicación del área de estudio.



Tomado. Open Round Colombia 2010-ANH.

Tabla 1. Relación de planchas 1:25.000 y 1:100.000 respectivas del área de estudio

Escala 1:100.000		Escala 1:25.000		
224	Pereira	224	III	C
242	Zarzal	242	II	D
243	Armenia	243	III	A
261	Tuluá	261	II	B
		261	IV	B
280	Palmira	280	III	A
299	Jamundí	299	IV	D
300	Cali	300	V	A
320	Buenos Aires	320	II	B
		320	II	C

2.2. FISIOGRAFÍA Y CLIMA

2.2.1. FISIOGRAFÍA

La subcuenca Cauca se divide en Región⁷ plana o del Valle físico. Valle entre las cordilleras Central y Occidental de los Andes colombianos. Tiene aproximadamente 240 km de largo y su ancho varía entre 32 km (Yumbo y Palmira) y 12 km (Yotoco, Guadalajara de Buga, La Victoria). El valle se encuentra a una altura de 1.000 msnm en promedio y abarca una superficie aproximada de 3.000 km². **Región montañosa.** Comprende las cimas, laderas y vertientes de las cordilleras central y occidental. La cima de la cordillera Occidental en general no sobrepasa los 2.000 msnm de altura, aunque en la parte sur sobrepasa los 3.000 msnm. Al sur en el Departamento del Cauca se encuentra el Cerro Naya, siguiendo hacia el norte están los Farallones de Cali que alcanzan los 4.080 msnm en el pico Pance que es la mayor altura de esta cordillera. Más hacia el norte están los cerros Militar y Pan de Azúcar (3.500 msnm) en los límites con el Chocó. Entre Valle y Chocó se encuentra el cañón del río Garrapatas, el cual es formado entre la cuchilla de Garrapatas (costado sur) y la Serranía de los

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Valle_del_Cauca

Paraguas (costado norte), continuando hacia el norte está la cuchilla de Carrizales. En los límites con los departamentos de Chocó y Risaralda se encuentra el Páramo Tatamá con 3.500 msnm. La cordillera central está conformada por regiones de páramo principalmente, entre los que se tienen: Páramo de Iraca (4.200 msnm) en el municipio de Florida, Páramo de Tinajas (3.800 msnm) en el municipio de Pradera, Páramo de Chinche (4.000 msnm) en el municipio de Palmira, Páramo de las Hermosas (4.000 msnm) en el municipio de Cerrito, Páramo de El Rosario en el municipio de Guadalajara de Buga y el Páramo de Yerbabuena (3.500 msnm) en el municipio de Sevilla.

2.2.2. CLIMA

La temperatura promedio de la región fluctúa entre los 23 y 24 °C, que corresponde al piso térmico cálido. La humedad relativa fluctúa en el rango 65%-75%. Es una región intertropical con dos épocas lluviosas y dos secas al año. La primera época seca entre diciembre y febrero, la primera época lluviosa va de marzo a mayo, la segunda época seca de junio a septiembre y la segunda época lluviosa de octubre a noviembre. Los índices de precipitación anual son: 1.589 mm en el norte (133 días de lluvias), 1882 mm al sur (109 días de lluvias) y 938 mm en el centro (100 días de lluvias). **Región Montañosa.** Clima de páramo, frío y seco.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo planteado, se desarrollaron conjuntamente una serie de fases metodológicas ejecutadas tanto en campo como en oficina (**Tabla 2**), que a continuación se dividen y se resumen en siete (7) etapas según la secuencia desarrollada de adquisición y procesamiento de información:

Tabla 2. Síntesis de las etapas de desarrollo del proyecto en contraste con su tiempo de ejecución

N°	ACTIVIDADES	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes
		1	2	3	4	5	6
1	Recopilación de información bibliográfica (Investigación de antecedentes geológicos e información relacionada).						
2	Seguimiento de los productos obtenidos la perforación de pozos estratigráficos tipo “Slim Hole” (Contrato interadministrativo N° 26), núcleos de roca y registros eléctricos.						
3	Campaña de campo: Levantamiento de secciones Estratigráficas a partir de afloramientos.						
4	Elaboración de secciones delgadas de las muestras obtenidas en pozo.						
4	Tratamiento de la información y muestras obtenidas de pozos y afloramientos; análisis petrográfico macroscópico y microscópico.						
5	Integración y procesamiento en el software Canvas de la información obtenida en pozos y secciones estratigráficas, con el fin de generar una correlación.						
6	Resultados y conclusiones.						
7	Elaboración del informe final.						

3.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa se desarrolló en oficina y se llevó a cabo desde el inicio hasta la finalización del proyecto. Consistió en una recopilación, análisis, filtración y clasificación continua de material bibliográfico de la zona de estudio. Dicha recopilación gira en torno a los aspectos geológicos como, estratigrafía,

estratigrafía secuencial, bioestratigrafía, cartografía, geofísica, y geología estructural y a partir de la cual pudimos obtener un conocimiento general de la geología del área. Como producto de esta fase de trabajo, se generaron una serie de tablas de relación de la información filtrada y clasificada por temática y área de interés; mencionadas en el capítulo de antecedentes y archivadas en los anexos del presente libro (**ANEXO 7**).

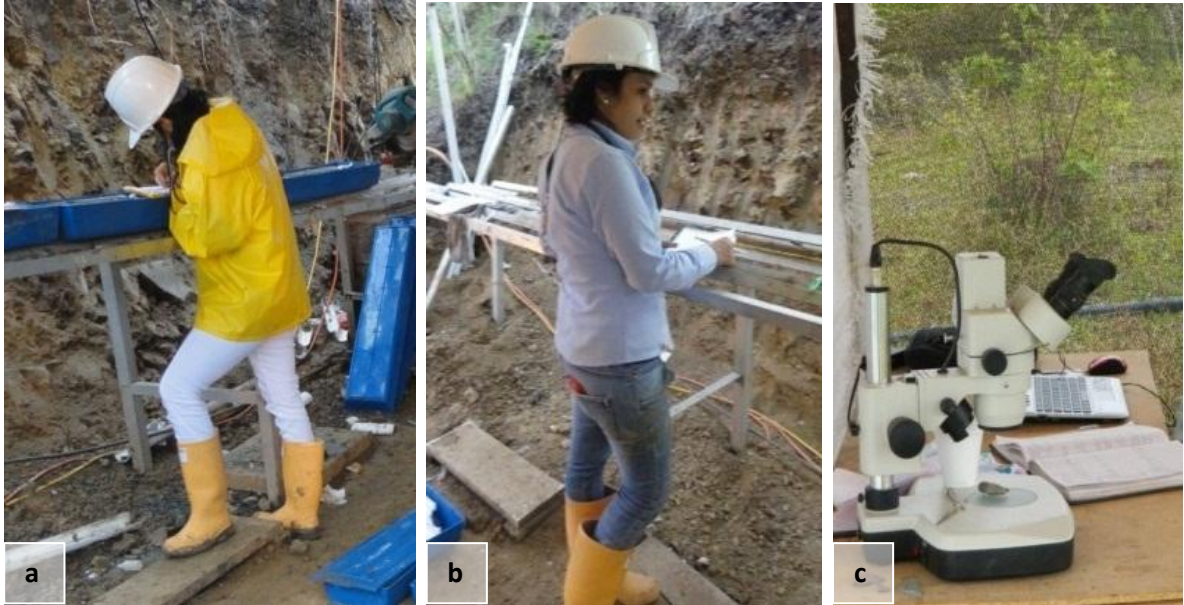
3.2. SEGUIMIENTO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN POZO

Esta fase se llevó a cabo en dos etapas diferentes: durante y después de las operaciones de los siete (7) pozos estratigráficos tipo “Slim Hole” perforados en la subcuenca Cauca, que en general conjuntamente consistieron en el seguimiento de los datos geológicos obtenidos en pozo (descripción pie a pie de núcleos de roca, fotografías de núcleos desnudos), Como auxiliares del proyecto desarrollado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Universidad Industrial de Santander (UIS) fue posible realizar un seguimiento de los datos petrográficos en pozo; resultados que fueron procesados en oficina una vez finalizadas las operaciones, mediante la elaboración de informes geológicos finales de cada uno.

3.2.1. FASE POZO

Esta etapa consistió básicamente en el seguimiento pie a pie y descripción macroscópica de los núcleos de roca recuperados (**Figura 2**); datos consignados en los reportes diarios del área de geología (Reporte de geología, Reporte de corazonamiento y Avance de corazonamiento), diligenciados diariamente durante la perforación de cada pozo (**ANEXO 1**). Entre los elementos utilizados en esta fase de trabajo están las lupas de mano, lupa electrónica, tablas de granulometría, rayadores, ácido clorhídrico reducido al 2%, cámara fotográfica, entre otros. A su vez se realizó un breve análisis geomorfológico de las unidades aflorantes, en área de estudio.

Figura 2. Descripción macroscópica de los núcleos obtenidos en cada pozo. **a** y **b.** Proceso de descripción litológica de los núcleos de roca en los pozo. **c.** Lupa electrónica utilizada como apoyo en la descripción macroscópica.





3.2.2. FASE OFICINA

En esta etapa se realizó la revisión a detalle de la litología de las unidades perforadas, lo que abarcó un análisis sedimentológico a detalle (Descripción de estructuras sedimentarias, evidencias de fallas, caracterizas estructurales, texturales, composicionales, entre otras) en cada uno de los pozos, apoyados en los datos obtenidos en la etapa anterior: revisión de los registros eléctricos, interpretación litoestratigráfica de cada formación y análisis geomorfológico del área. De cada uno de los pozos se hizo un análisis facial detallado para determinar los ambientes y subambientes de formación de la roca.

3.3. CAMPAÑA DE CAMPO

A partir de la información obtenida en la perforación de los siete (7) pozos estratigráficos, se realizó una evaluación de los datos adquiridos del subsuelo y los faltantes para cumplir con el objetivo trazado al iniciar el presente proyecto; por

 <p>Universidad Industrial de Santander</p> <p>ANH AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS COLOMBIA</p> <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>ESCUELA DE GEOLOGÍA</p> <p>Abriel de 2012 Página 32 de 280</p>
---	--	---



lo tanto se elaboró un plan de salida de campo con el fin de elegir las zonas adecuadas en las que se pudiese recolectar la información faltante (**Tabla 3**), en la cual se planteó una división por zonas según objetivo, se trazaron las posibles vías de acceso y se analizó el acceso al sector evitando las zonas restringidas por orden público (**ANEXO 2**). Posteriormente se llevó a cabo la salida de campo la cual tuvo una duración de once (11) días a partir del 12 de Enero hasta el 22 de Enero de 2012, en la que se realizó el levantamiento de veintiséis (26) afloramientos, cinco (7) secciones estratigráficas y cinco (5) poligonales en las zonas donde afloran las formaciones de interés.

Tabla 3. Relación de las zonas visitadas en campo para el levantamiento de secciones estratigráficas mediante afloramientos en las formaciones de interés con las planchas geológicas del Ingeominas.

ZONA	SECTOR	UNIDADES AFLORANTES	PLANCHAS (INGEOMINAS)	
			1:100,000	1:25,000
1	Vijes, Vereda Villa María, Mulaló, Vereda Manga Vieja	Fm Vijes y Fm Volcánica	280 Palmira (CABALLERO, H., ZAPATA, G, 1984)	280-III-A
2	Jamundí, San Antonio, Puerto Tejada, Villa Rica, Vereda Carrasquillal, Puerto Vélez	Fm Chimborazo y Fm Guachinte	299 Jamundí (VERDUGO, G. & ASPDEN, J.A. 1985)	299-IV-D.
3A	Jamundí, Timba, Rio Marilopez, El Cerol, Parque Robles, La Primavera	Fm Ferreira	320 Buenos Aires (MCCOURT W. 1985)	320-II-B
3B	Suarez Cauca, Damián, Buenos Aires.			320-II-C,
4	Vereda el Picacho, Nogales, Los Osos, Diadema, Comunal, Rosario, Antonio Nariño, Rosario.	Fm Nogales	261 Tuluá (DE ARMAS,M., 1985)	261-IV-B
5	Agua Clara, Rio Bugalagrande, La Llanada, Andalucía, El Voladero.	Fm La Paila, Fm Cinta de Piedra	261 Tuluá (DE ARMAS,M., 1985)	261-II-B
6	Zarzal, Vallejuelo, Peaje de Corozal, Corozal-Quindío, Tebaida.	Fm La Paila, Fm Cinta de Piedra	243 Armenia (MCCOURT W. J, MOSQUERA, D. NIVIA, A. & NUÑEZ, A., 1984.)	243-III-A
7	Obando, Las Cruces, Vereda la Grecia, Vereda el Oriente	Fm La Paila, Fm Cinta de Piedra	224 Pereira (CABALLERO, H., ZAPATA, G, 1984)	224-III-C.

En el levantamiento de los afloramientos, una vez en el punto a levantar se implementó la siguiente metodología:

- Asignación y registro en la libreta de campo el punto visitado según nomenclatura que corresponda:
 - Afloramientos: MG - # afloramiento
 - Panorámicas: MG - PC - # de la panorámica
 - Ubicación: MG - PR - # del punto de referencia

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 34 de 280</p>
--	--	---

- Localización geográfica en términos de N, E y Z con Datum Bogotá y sistema Magna Sirgas. Las coordenadas fueron tomadas utilizando un GPS de referencia Garmin Oregon 550.
- Ubicación del punto en el mapa, marcado con su respectiva numeración ya sea de afloramiento, panorámica o punto de referencia.
- Localización geográfica en términos de municipios, veredas, corregimientos, vías, entre otros.
- Descripción geomorfológica de la zona inmediata al afloramiento.
- Esquema representativo del afloramiento con orientación y escala
- Descripción litológica del afloramiento.
- Toma de datos estructurales, rumbos y buzamientos de estratificación, diaclasas, venas fracturas, fallas, entre otros
- Toma de muestras y marcación de las mismas con su respectiva nomenclatura
 - MG - # de la sección a levantar– M # de la muestra
- Toma de fotografías y orientación de las mismas
- Levantamiento de columna estratigráfica si es posible.
- Realización de poligonal si es necesario.

3.4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE POZOS Y SECCIONES ESTRATIGRAFICAS

Esta etapa se llevó a cabo en oficina una vez culminó la visita a campo. Consistió en la interpretación, el procesamiento y la digitalización de la información recolectada; se realizó:

- Libreta de campo digital con toda la información recolectada en campo.
- Catálogo de muestras con su respectiva descripción macroscópica, clasificación y registro gráfico.

- Archivo fotográfico con los archivos catalogados según estación.
- la elaboración de las secciones delgadas de las muestras escogidas de pozos y secciones y la descripción microscópica de las mismas.

Se describieron un total de ochenta y tres (83) muestras de mano obtenidas en la salida de campo, de las cuales a once (11) se les realizó sección delgada (**Figura 3**).

La descripción macroscópica de las muestras se llevó a cabo en un periodo de 5 días, cada una fue lavada, reorientada, descrita, reempacada y posteriormente descrita velando por el cumplimiento los estándares de calidad que exige la Litoteca de la escuela de geología de la UIS a fin de que sean almacenadas en la colección de la escuela. Dicha descripción se desarrolló utilizando las salas de laboratorio para descripción de muestras de la escuela de geología de la Universidad industrial de Santander-UIS, dotadas con Estereomicroscopio binoculares marca Nikon y referencia SZ 800 mediante los cuales fue posible identificar macroscópicamente características composicionales, texturales, estructurales y morfológicos de las rocas.

La descripción microscópica de las once (11) muestras a las cuales se les realizó sección delgada se desarrolló utilizando las salas de laboratorio de microscopía óptica de la escuela de geología de la Universidad Industrial de Santander-UIS, dotada de microscopios marca Nikon y referencia Eclipse E200 y Alphaphot-2 YS2 (**Figura 4**). Dichas descripciones permitieron mostrar a mayor detalle los rasgos texturales y composicionales de las rocas representativas de cada formación, adicionalmente se tomó un registro fotográfico de las características observadas más distintivas acompañadas de una serie de fotografías mediante las cuales se ven reflejados los rasgos más importantes de cada una de las formaciones descritas en dichas muestras.

Figura 3. Elementos de apoyo para la descripción macroscópica de las muestras obtenidas en campo. **a.** Estereomicroscopio marca Nikon SMZ 800. **b.** Tabla granulométrica. **c.** Lupa de mano de 20X de aumento. **d.** Muestras de mano recolectadas en campo.



Figura 4. Elementos de apoyo para la descripción microscópica de las muestras obtenidas en campo. **a y b.** Microscopio marca Nikon Eclipse E200. **c.** Secciones delgadas descritas.



3.5. INTEGRACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta fase se enfocó en el procesamiento de la información obtenida en campo y en pozos y la correlación de la misma. Consistió en la digitalización de columnas estratigráficas y las poligonales de campo, en la correlación de los topes formacionales de las secciones estratigráficas y de pozos y la elaboración de la columna generalizada del área de estudio.

3.6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Esta última fase consistió en la integración final de la información de campo y pozos y los resultados de análisis de la petrografía y de las correlaciones para la elaboración del informe final que abarca la interpretación estratigráfica del área de estudio para poder precisar las conclusiones y recomendaciones de toda la investigación.

4. MARCO TEÓRICO

Uno de los procesos de mayor detalle en el presente estudio es la descripción, análisis e interpretación de texturas y estructuras sedimentarias presentes en las rocas descritas a escala, sección o pie a pie en los pozos estratigráficos Slim Hole, lo cual comprende el análisis detallado de Facies.

Para la geología el concepto de facies es muy importante pues permite dar por medio de este término características que una roca puede tener de modo general y particular. El primero en definirlo fue N. Steno en el siglo XVII y se refirió a este término como: Conjunto de características litológicas y paleontológicas que definen una unidad estratigráfica o conjunto de estratos. Se hace extensivo el uso de este término para denominar al conjunto de características genéticas reinantes durante el depósito, que quedan reflejadas en los materiales y pueden ser deducidas de su estudio litológico y paleontológico. En un sentido empírico encontramos que las facies dan caracterización de materiales y sus cambios laterales. Si le damos el sentido interpretativo o genético, las facies van a indicar situaciones de medio sedimentario (facies fluviales, facies de plataforma, facies pelágicas, entre otras.) Para denominar aquel material rocoso que se deposita en determinadas condiciones que se deducen de su litología o contenido de fósiles (facies de arenas de canal fluvial, facies de calizas de llanuras de mareas entre otras). El enfoque crono estratigráfico se utiliza para denominar a los materiales con características litológicas o paleontológicas que están encasillados en edades determinadas como lo hizo Purberck.

Existen varios tipos de facies:

- **Litofacies:** Características litológicas de un conjunto de estratos y, por tanto, factores fisicoquímicos que reinaron durante el depósito.

Las litofacies son un cuerpo de roca sedimentaria con características específicas. Se puede definir por su color, estructuras, composición, textura, fósiles y arquitectura sedimentaria, normalmente por una combinación entre estos atributos, aun cuando su definición se efectúa con un criterio enteramente objetivo, se considera que este cuerpo de roca ha sido formado bajo determinadas condiciones físicas y químicas, y por lo tanto evidencia un proceso sedimentario en particular.

- **Biofacies:** Características paleontológicas y condiciones biológicas reinantes durante la sedimentación.
- **Microfacies:** Características litológicas y paleontológicas observables al microscopio y, por tanto, condiciones litológicas y biológicas reinantes durante la sedimentación.
- **Electrofacies:** Conjunto de las respuestas de las diagráfias que caracterizan un estrato y permiten que pueda ser diferenciado de los otros que lo rodean.
- **Facies sísmicas:** conjunto de propiedades observables en un perfil sísmico para un estrato o conjunto de estratos.

Los distintos tipos de facies los podemos agrupar mediante la ley de Walter (1894) quien nos dijo que: Facies que se suceden en una secuencia vertical, se formaron en ambientes sedimentarios adyacentes lateralmente. Por medio de esto entonces podemos definir la asociación de facies como: Grupo o conjunto de facies que guardan una clara relación física y genética entre sí. El concepto involucra tanto a las relaciones verticales como laterales entre las facies. El concepto de asociación de facies es fundamental para definir mecanismos de formación de los depósitos sedimentarios, así como proponer modelos sobre sistemas de depositación y ambientes de acumulación.

ASOCIACIONES DE FACIES

El termino asociación de facies fue definido por Potter (1959) como una colección de atributos sedimentarios comúnmente asociados, incluyendo geometría, continuidad, y forma de la unidad litológica, tipo de roca, estructuras sedimentarias y fauna (tipos y abundancia). Otra definición nos habla de un grupo de facies genéticamente relacionadas entre sí, las cuales tienen un significado ambiental. Una asociación de facies esta por lo tanto, basada en observaciones y se puede expresar como una tabla de datos, como un sumario estadístico u un diagrama de ocurrencias estratigráficas (ej. Columna litológica).

CLASIFICACIÓN

Las facies se pueden clasificar estableciendo lotes con características (litológicas y estratigráficas) diferentes, que lógicamente tendrá un significado genético distinto.

A continuación se presenta la tablas de clasificación que son usadas en la asociación de facies para este trabajo se refiere de Miall (1978), y la tabla modificada por Geoestudios es 2008.

Tabla 4. Clasificación facies según tamaño de grano, de Miall (1978).

Código de la Facies	Facies	Estructuras sedimentarias	Interpretación
Gmm	Gravas masivas, matriz soportada	Gradación	Flujos de escombros plásticos
Gmg	Gravas matriz soportada	Gradación normal a inversa	Flujos de escombros pseudoplásticos
Gci	Gravas clasto soportado	Gradación inversa	Flujos de escombros ricos en clastos
Gcm	Gravas masivas, clasto soportado	-----	Flujos de escombros pseudoplásticos
Gh	Gravas ,clasto soportado	Capas horizontales, imbrincación	Formas longitudinales
Gt	Gravas estratificadas	Estratificación de capas cruzadas	Relleno de canales menores
Gp	Gravas estratificadas	Capas cruzadas planas	Formas transversales
St	Arena fina a gruesa	Estratificación cruzada	Dunas de crestas sinuosas y lingoidales (3-D)
Sp	Arena fina a gruesa	Capas cruzadas planas	Formas transversales o lingoidales (dunas 2-D)
Sr	Arena muy fina a gruesa	Ondulitas laminación cruzada	Ondulitas (Regímenes de flujos bajos)
Sh	Arena muy fina a gruesa	Laminación horizontal	Flujos de capas planas (Flujo crítico)
Sl	Arena muy fina a gruesa	Bajo ángulo en capas cruzadas (< 15°)	Relleno de canales
Ss	Arena fina a muy gruesa	Depresiones someras	Relleno de canal
Sm	Arena fina a gruesa	Masiva	Depósitos de sedimentos de flujos de gravedad
Fl	Arena, limo, lodo	Laminación fina, ondulitas pequeñas	Depósitos de canales abandonados, planicie de inundación
Fsm	Limo, lodo	Masivo	Depósitos de canales abandonados
Fm	Limo ,lodo	Masivo, grietas de desecación	Canales abandonados
Fr	Limo, lodo	Masivo, raíces, bioturbación	Depósitos de planicie de inundación
C	Carbón	Plantas	Depósitos de pantano
P	Paleosuelo, carbonato (calcita, siderita)	Rasgos pedogénicos	Suelo con precipitación química

Para la descripción detallada de facies y asociación facial realizada a las unidades estratigráficas descritas en los pozos perforados (Núcleos de roca) y en las secciones estratigráficas levantadas a partir del reconocimiento de campo, hacemos uso de la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008) (**Tabla 5**); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Tabla 5. Asociación de facies y ambientes de depósito, Geoestudios 2008

ASOCIACIONES DE FACIES	AMBIENTE	SISTEMAS
A1	Abanicos Aluviales Proximales	Abanicos Aluviales
A2	Abanicos Aluviales Distales	
D1a	Canales Menores o Secundarios	Ríos Meandriiformes
D1b	Canales de desborde	
D2	Llanuras de Inundación	
E2	Llanura lodo arenosa	Estuarino

SISTEMAS DE ABANICOS ALUVIALES (A)

Paquetes gruesos a muy gruesos de conglomerados homogéneos polimícticos, clasto soportados y matriz soportados con clastos tamaño canto, seguidos por capas delgadas de areniscas. Las sucesiones formadas son generalmente granodecrecientes con contactos irregulares.

- **Asociación de facies A1 (Abanicos aluviales proximales)**

La asociación de facies A1 sugiere procesos de depósito de alta energía, en donde la acumulación de grandes bloques de diferentes tamaños, mal clasificados sin estructuras sedimentarias primarias indican que el depósito se produce por flujo de detritos (Prothero & Schwab, 1996).

- **Asociación de facies A2 (Abanicos aluviales distales)**

La asociación de facies A2 se interpreta como la acumulación de sedimentos por suspensión en regímenes energéticos de baja energía, afectados por esporádicos y catastróficos flujos de alta energía, viscosos cargados de sedimentos, transportados por la gravedad y acumulados en la zona de captación de un abanico aluvial distal (Costa 1988).

SISTEMAS DE RÍOS TRENZADOS (B)

Asociación de facies B1 (Ríos trenzados proximales)

La asociación de facies B1 es interpretada como la acumulación en ambientes de muy alta energía mediante corrientes cargadas de sedimentos y depositadas como barras al disminuir la energía de la corriente; la presencia de contactos irregulares y de intraclastos lodosos y arenosos implica procesos de erosión de capas de esta litología acumuladas anteriormente. Facies de arenitas con estratificación inclinada y ondulosa refleja acumulación durante los periodos de disminución de la energía, su preservación es relativamente rara debido a erosión durante los eventos de alta energía subsiguientes.

Asociación de facies B2 (Ríos trenzados distales)

Las facies que componen la asociación de facies B2 sugieren que se produjo bajo regímenes altos de energía y de eventos rápidos de deposición (Coleman, 1969, Harms et al, 1975; Boggs, 1992) bajo flujos laminares (Miall, 1978). Generalmente este tipo de flujos se generan en ríos de baja sinuosidad en cauces significativamente profundos (Crowley, 1983).

Asociación de facies B3 (Ríos trenzados distales)

La asociación de facies B3 es interpretada como la acumulación por corrientes de alta energía pero menguante en el tiempo, de sedimentos altamente concentrados. La estratificación inclinada revela la migración de los núcleos de las barras. Los contactos planos y ondulados y la geometría y tamaño de las capas sugieren una incipiente y somera canalización.

SISTEMAS DE RÍOS MEANDRIFORMES (C y D)

Asociación de facies C1 (Barra de orilla 1)

La asociación de facies C1 se interpreta como el producto de corriente altamente concentradas, formándose así núcleos de barras longitudinales que crecen corriente abajo por adición de clastos (Rust, 1972; Hein y Walker, 1977), en flujos de alta energía menguantes en el tiempo, (Steel, 1974) en los cuales existe un abundante y continuo suministro de sedimentos junto con una rápida deposición, los lugares donde coexisten estas condiciones son los fondos amplios y poco profundos de los canales que se despliegan entre barras durante las épocas de avenidas del río (Simons et al, 1965).

Asociación de facies D1b (Depósitos de desborde)

La asociación de facies D1b es interpretada como depositada por tracción y por suspensión en eventos rápidos de corrientes de agua cargada de sedimentos gruesos y finos que se acumulan al ir perdiendo la capacidad de transporte. Los eventos que genera estas acumulaciones son interpretadas como el producto de inundaciones repentinas de llanuras aluviales, como crecidas de meandriformes, la frecuencia de las intercalaciones de facies de arena sugieren una distancia proximal al cauce del río. La abundancia de materia vegetal sugiere alta

vegetación, mientras que el contenido de material orgánica sugiere condiciones húmedas.

Asociación de facies D1a (Canales menores o secundarios)

La asociación de facies D1a se interpreta como la acción de corrientes secundarias aisladas, de alta energía menguantes. La presencia de intraclastos lodosos señala, que las corrientes erosionaron y transportaron localmente capas de lodolita infrayacentes de la llanura de inundación, sugiriendo corrientes confinadas.

Asociación de facies D2- (Llanuras de inundación)

Las características faciales de la Asociación de facies D2, la textura y estructuras sedimentarias físicas sugieren que se produce en episodios de acumulación vertical durante periodos menguantes de los flujos con regímenes de energía baja a muy baja, cuyo transporte de carga se hizo en suspensión, ya sea sobre canales abandonados o sobre las llanuras de inundación en zonas principalmente no confinadas, por encima de las márgenes del cauce (Allen, 1970; Reineck & Singh, 1980).

SISTEMA ESTUARINO (E)

Asociación de facies E1 (Llanura mareal lodosa o bahías internas)

El predominio de las facies finas de lodolitas laminadas y facies heterolíticas con poca proporción de arenitas reflejan ambientes de baja energía correspondiente a llanuras intermareales dominadas por lodos (Dalrymple, 1992). En las llanuras mareales, hay un decrecimiento de la energía hacia el continente, lo que se refleja en la litología y las secuencias de sus estructuras físicas (Reineck and Sing, 1980).

5. ANTECEDENTES DEL AREA DE ESTUDIO

Se presentan a continuación los resúmenes más representativos de los estudios realizados sobre la geología de la subcuenca Cauca a partir de los cuales se tomó la principal información para este proyecto.

Nivia G., Álvaro, Mapa Geológico Departamento del Valle del Cauca. Memoria Explicativa

2001.

La siguiente información es expuesta por N Nivia G., Álvaro en la Memoria Explicativa del Mapa Geológico del departamento del Valle del Cauca publicada en el 2001 por el Ingeominas:

La Fm Chimborazo (espesor 3000 m); separado en Miembro Confites (conglomerática) y Miembro Loma Larga (wacas líticas, limolitas, lodolitas y localmente conglomerado). En el Valle el espesor decrece de 400 m, hasta acuñarse. Fm Guachinte: El Miembro basal La Cima son bancos muy gruesos de areniscas cuarzosas grano fino conglomeráticas. El Miembro Los Chorros consiste de una secuencia repetida de ciclotemas, generalmente menores de 4 m de espesor; es rica en carbones. El Miembro La Rampla forma la parte superior de la Fm Guachinte; su base está el horizonte marino La Leona, localizado 10 - 20 m por encima del último estrato de carbón del Miembro Los Chorros. Entre Cali y Yumbo, los Miembros La Cima y Los Chorros no aflora y el Miembro La Rampla descansa sobre los basaltos de la Fm Volcánica. La Fm Ferreira aflora en la quebrada homónima, localizada a unos 3 km al NE de Timba (Valle). ORREGO (1975) describe dos miembros: Suárez (no marino) y Cabrera (marino). Según ORREGO (1975) el espesor es 500m y según SCHWINN (1969), en la quebrada Seguenguito (Cauca) alcanza 1300 m. La base de la Fm Cabrera tiene dos

estratos marinos conocidos como Horizonte de San Francisco (Keiser, 1954; Misión Belga, 1964).

El trabajo excluye del Grupo Cauca, a la Fm Chimborazo y la presenta como una unidad independiente debido a que no tiene relación de origen con las unidades suprayacentes. Además, divide en miembros a las Formaciones Chimborazo, Guachinte y Ferreira.



Reconocen al menos tres fases de deformación: La 1^o intrínseca a las rocas paleozoicas del oriente colombiano, correspondiente al evento de generación de rocas metamórficas; la 2^a notable en rocas Cretácicas de la PLOCO (Provincia Litosférica Oceánica Cretácica Occidental), evidenciada por el desarrollo de una marcada foliación o clivaje milonítico S1; la 3^a fase, que afecta principalmente todas las rocas pre-pliocénicas, y se reconoce con facilidad en las rocas Cenozoicas por la presencia de estructuras de vergencia este - oeste: pliegues amplios y fallas normalmente inversas.

Barrero, Darío y Laverde, Fabio, Estudio Integral de Evaluación de la Geología y Potencial de Hidrocarburos de la Cuenca Intramontana" Cauca-Patía.

1998

Integran y analizan la información de superficie y subsuelo (perfiles de reflexión sísmica) para entender los estilos de deformación y la geometría de las estructuras. Las diferencias de esta geometría entre el sector norte (Valle del Cauca) y el sur (Patía) está determinada básicamente por la diferencia del espesor de la cobertera Terciaria. Con el cubrimiento sísmico regional hacen la interpretación sísmica del Valle del Cauca y del Patía.

Consideran la cuenca Cauca-Patía atractiva considerando las proporciones gas-aceite razonables. Indican que el área del Patía tiene mayor potencial que el Valle

 <p>Universidad Industrial de Santander</p> <p>ANH AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS COLOMBIA</p> <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>ESCUOLA DE GEOLOGIA</p> <p>Abril de 2012 Página 49 de 280</p>
---	--	--

del Cauca, basados en el estilo estructural, espesor de sedimentos, geometría de las estructuras y presencia de manaderos. Hicieron el estimativo de reservas para tres plays: Play Areniscas de Guachinte, Play Arenisca de Mosquera, Play Areniscas del Esmita.

Pardo, A.; Moreno, M.; Gómez, A Estratigrafía y Facies del Cretáceo Superior - Terciario Inferior (?) en el Sector de Nogales - Monteloro (Borde Occidental de la Cordillera Central, Colombia).

2002

Identifican tres segmentos sedimentarios para la Fm Nogales, donde sus características faciales sugieren sedimentación marina somera seguida por depósitos de talud y abanico submarino en un borde continental tectónicamente activo. Identificaron una unidad clástica de más de mil metros de espesor, llamada informalmente “Intervalo Clástico Rojo, cuyas características faciales sugieren un ambiente de sedimentación continental. En el segmento 1 de la Formación Nogales se identificaron Nostoceras sp. y Trochoceras sp. del Campaniano-Maastrichtiano. Identificación de las variaciones laterales y verticales de la unidad y su datación por medio de invertebrados fósiles. La información colectada y analizada les permitió re-evaluar la estratigrafía del área y discutir su implicación en la evolución geológica de la región occidental de Colombia.

Establecen tres segmentos para la Fm Nogales: Segmento 1: arenítico-calcáreo y conglomerático, Segmento 2: lutítico-vulcanoclástico-silíceo, Segmento 3: lutítico-arenítico. En el área, la Fm Nogales se presenta como una franja alargada en dirección NNE-SSO; la dirección de la estratificación es en general de la misma tendencia y el buzamiento predominante es hacia el este. Contactos: Al oeste, en contacto fallado con los basaltos y diabasas (Fm Amaime) y/o con rocas ígneas faneríticas (Batolito de Buga); al este y en contacto paraconforme (?) con una

unidad predominantemente conglomerática llamada informalmente "Intervalo Clástico Rojo".

Destacan la presencia de pliegues sin-sedimentarios (estructuras de deslizamiento de tamaño decimétrico) en todos los sitios estudiados, tanto en las lodolitas silíceas como en las arenitas. Concluyen que la relación fallada entre la Formación Nogales y el Batolito de Buga-Formación Amaime no permite establecer sus relaciones estratigráficas originales.

Nelson, H. W, Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental de Colombia. Sección entre Cali – Buenaventura 1962

El Grupo Dagua subdividido (preliminarmente) en Mbros: Grafitico (más antiguo), Calcáreo, Arcilloso-Tobáceo, Silicificado (más moderno), suprayacido en contacto normal con el Grupo Diabásico, de gran extensión debido a los derrames volcánicos extruídos a gran escala; entre ellos aparecen interestratificados cintas delgadas de esquistos pizarrosos silíceos o de liditas. Las formaciones sedimentarias cenozoicas no fueron objetivo del estudio y por lo tanto, se describe muy brevemente.

En la sección estudiada observaron la existencia de una estructura sinclinal fallada cerca de La Elsa, con el flanco oriental fracturado en bloques y escamas grandes. Muchos ríos como Dagua, El Engaño, quebrada Almorzadero, con notorio curso S-N, reflejan la tectónica y fallamiento.

Las capas de la Formación del Cauca, yacen erguidos y los granos de la arenitas son bastante angulares al microscopio, y su composición, en general, es cuarzo; esto le llama la atención, ya que no pueden derivarse del subsuelo de las diabasas, y tampoco tuvo un transporte largo. Con base a estudios de Barth (1952, Theoretical Petrology), sobre los basaltos orogénicos, Nelson (1962)

observa semejanzas con las rocas basálticas de la Cordillera que se caracterizan por estar saturadas en sílice y carecen de olivino. Supone con base en la constitución tectónica que los derrames volcánicos son de edad más antigua al oeste, y más jóvenes los derrames en contacto con el terciario inferior, al este.

Ríos, Pedro A. y Aranzazu, Juan M, Análisis Litofacial del Intervalo Oligoceno - Mioceno en el Sector Noreste de la Subcuenca del Valle del Cauca
1989

Retoman el nombre de Fm Cartago (Schwinn, 1969) y la redefinen dividiéndola en 3 miembros. De resultados de estudios palinológicos realizados por BIOS S Ltda. (1988), para ECOPETROL) en muestras de roca del Mbro Piedras de Moler, se determinó una edad Oligoceno Temprano. Su contacto inferior es fallado marcado por la Falla de Holguín que lo pone en contacto con sedimentos de la Fm La Paila; el contacto superior es discordante con sedimentos de la Fm Armenia. Con base en el análisis facial, El Mbro Piedras de Moler se dividió en 5 ciclos de sedimentación en un ambiente de corrientes meandriformes de grano fino con influencia subordinada de corrientes trenzadas de facies arenosas. Interpretación de las paleocorrientes sugiere una dirección de flujo desde el NE y hacia el SW.

6. GEOLOGÍA GENERAL DEL ÁREA

6.1. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La Cuenca Cauca-Patía presenta todos los elementos estratigráficos, sedimentológicos y estructurales que permiten clasificarla como una cuenca producto de la colisión de un arco de islas con un margen continental. Este tipo de cuencas se conoce con el nombre de "remnant ocean basin"⁸. Las rocas más antiguas aflorantes pertenecen al Grupo Cajamarca, de edad del Paleozoico Inferior, las cuales fueron depositadas en una cuenca pericratónica, con un origen probablemente turbidítico (Pérez et al 1981). Esta sucesión litológica ha sufrido varios eventos metamórficos superpuestos, los cuales se extienden hasta el Cretáceo (Restrepo et al, 1978; en Pérez et al 1981) grupo⁹ Anaime (Barrero y Laverde.1998)

El siguiente es un resumen de los eventos y efectos causados en la margen occidental de Colombia por esta colisión (**Tabla 7**).

Durante el Mesozoico existió expansión oceánica en el Pacífico Oriental (Miyashiro, 1972; McDonald 1972) lo cual dio origen a la paleotrinchera del Patía como resultado de la interacción de la placa oceánica pacífica y la placa continental Suramericana.

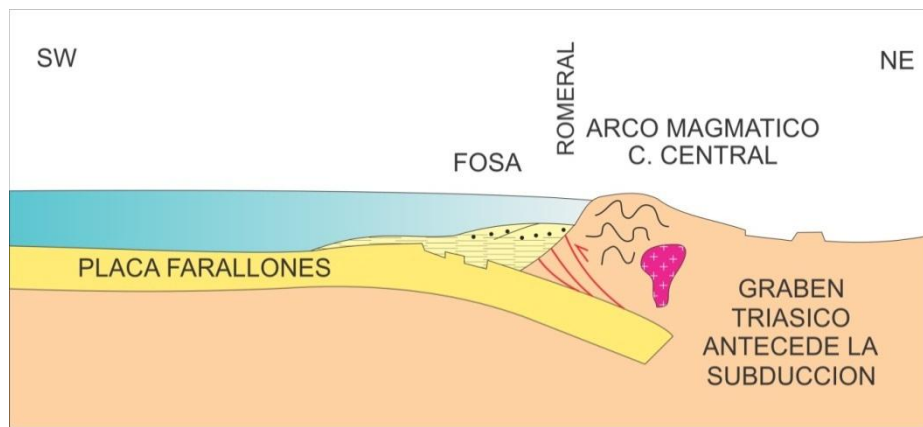
La subducción de esta zona es considerada de edad Jura-Cretácica (**Figura 5**). (Barrero, 1979). Sedimentos turbidíticos provenientes de la cordillera Central se acumularon en la fosa y el plano abisal adyacente, dando origen al Grupo Dagua el cual se depositó sobre corteza oceánica (Pérez et al, 1981). Simultáneamente

⁸ Barrero D., y Laverde F., Geología General Cauca Patia (1998).

⁹ Modificado: Garzón Guillermo-Mosquera Margarita 2011 de Ecopetrol International trading LTDA. Informe Evaluación Cuenca Cauca Patia-1995

se presenta vulcanismo básico de afinidad toleítica- con intercalaciones de rocas sedimentarias de tipo flysch y rocas básicas. Barrero (1979) plantea que el vulcanismo se asocia a un arco de islas inmaduro. En el lapso Cretáceo Tardío- Paleoceno se produce un salto de la zona de subducción hacia el oeste y el acrecionamiento del arco de islas al continente que dio origen a la Cordillera Occidental en el proceso orogénico Calima (Barrero, 1979) (**Figura 6**). Este evento determino el emplazamiento de intrusivos de composición acida a intermedia en la cordillera, así como la generación del fallamiento tensional (Falla del Patía y asociadas). Parte de la secuencia litológica de los Grupos Dagua y Diabásico sufren metamorfismo de bajo grado en las facies Prehnita-Pumpellita.

Figura 5. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca – Patía, durante el lapso Jurásico Cretácico Temprano. Subducción oblicua de la Placa Farallones en dirección NE (coordenadas presentes) Depósitos de fosa (trench) a lo largo del margen W de la Cordillera Central (emergida)



Tomado de: Barrero y Laverde (1998). **Modificado:** Autores del Proyecto.

Figura 6. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Cretácico superior. Se ha establecido una segunda zona de subducción¹⁰ al Este, originando un arco de islas intra-oceánico. Emisión de basaltos intercalados con depósitos hemipelágicos y turbiditas (carbonatos y siliciclásticos) provenientes de la Cordillera Central. Incorporación de olis-tostromas en los depósitos de fosa (trench). Formación de un prisma acrecentivo.



Tomado de: Barrero y Laverde (1998). **Modificado:** Autores del Proyecto.

Contemporáneamente se desarrolla el Valle del Cauca-Patía, el cual se presenta a manera de bloques escalonados en dirección Norte-sur, siendo más profundo al sur. Aparentemente esta tectónica de bloques obedece a fallas de transformación cretácicas con orientación Noreste (Pérez-Téllez, 1980; en Pérez et al, 1981). Sin embargo, el reconocimiento actual de dicho fallamiento es difícil por la compleja evolución tectónica de esta parte de la cuenca.

Como expresión de los eventos de deformación producto de la Orogenia se produce la depositación de la Formación Peña Morada-Rio Guabas, Chimborazo, (Barrero Laverde.1998) en un ambiente de abanicos aluviales durante el Cretácico más superior y posiblemente el Paleoceno Inferior. En el lapso Paleoceno Medio a Eoceno Medio hay un vacío en la sedimentación lo que sugiere que la Cuenca pudo ser un área de no depositación o un área positiva muy suave. Evidencias de campo muestran una clara discordancia entre las rocas del Cretácico Superior-

¹⁰ Barrero D., y Laverde F., Geología General Cauca Patia (1998).

Paleoceno Inferior y las del Eoceno Medio (**Figura 7**). (Formación Mosquera) sugiriendo inicialmente un retroceso, lo que pudo ser reflejo del ambiente tectónico subsidente y una probable estabilización de la Cuenca durante este periodo de vacío sedimentario.

Durante el Eoceno medio se inicia colisión del Arco de Macuchi¹¹ con la margen continental de Ecuador y sur de Colombia En el Cauca - Patía se desarrolla un sistema de "thrust" con vergencia oriental y occidental Se desarrolla una discordancia regional y posteriormente se deposita la Molasa Paleógena

Figura 7. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Eoceno medio.



Tomado de: Barrero y Laverde (1998). **Modificado:** Autores del Proyecto.

En el Eoceno Superior comenzó la depositación de los sedimentos de la Formación Mosquera, Guachinte, Vijes, Nogales y Cinta de Piedra, los cuales constituyen la base del Terciario en la Cuenca. Esta unidad se depositó en un ambiente continental fluvial de corrientes entrecruzadas hacia el sector oriental y deltaico hacia la parte centra occidental. La superposición de rocas de ambientes transicionales sobre ambientes continentales evidencia el avance del mar en dirección al continente, el cual alcanza su máximo apogeo en el Mioceno Inferior-.

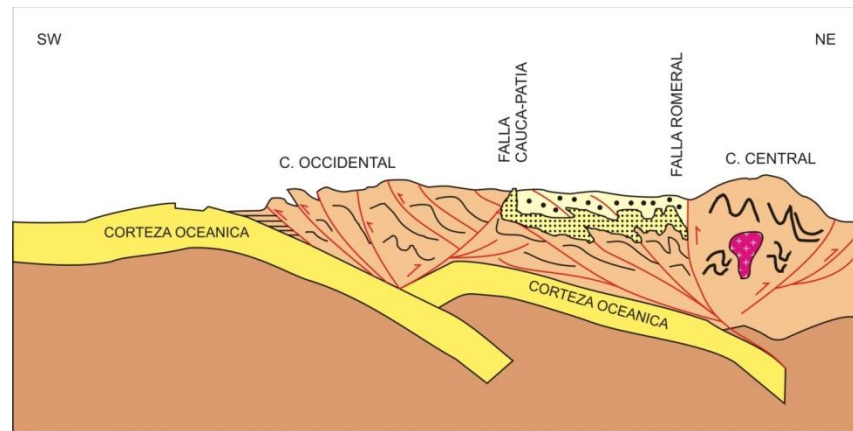
¹¹ Barrero D., y Laverde F., Geología General Cauca Patía (1998).

La composición litológica de la formación muestra que el área de aporte fue la Cordillera Central.

Condiciones de plataforma existieron hacia el Sur y de ambiente marino restringido en el centro y Norte durante la depositación del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita (Mioceno Inferior), evidenciado por calizas, limolitas y carbones. El Miembro Superior arenoso es el producto de la depositación lateral en un ambiente de canales fluviales y llanuras de inundación, evidenciado así el retroceso del mar como producto del levantamiento de la Cordillera Occidental.

En el Mioceno Medio a Superior el levantamiento se hizo más intenso y comenzó a haber aporte de sedimentos de origen volcánico, los cuales formaron las rocas del Miembro superior Conglomerático y la Formación Patía, Esmita Conglomerático, La Paila (**Figura 8**). Simultáneamente ocurren los emplazamientos de los intrusivos hipoabisales en la parte más oriental del área. Todo este conjunto de eventos tectónicos marcan el inicio del fuerte evento orogénico Andino, el cual produce la intensa compresión que dio origen a las fallas de tipo thrust y al recortamiento de la corteza.

Figura 8. Esquema del origen y evolución de la Cuenca Cauca - Patía en el Mioceno medio a tardío. Colisión del Arco de Panamá con la Cordillera Central (sector Antioquia)¹². Sedimentación de la Molasa Neógena (Formaciones Patía, Esmita conglomerático y La Paila) Reactivación de fallas y avance progresivo de los "thrust" con vergencia occidental La defoर्मación continúa hasta el presente.



Tomado de: Barrero y Laverde (1998). **Modificado:** Autores del Proyecto.

En el Plioceno-Pleistoceno tiene su máxima manifestación la Orogenia Andina, caracterizada por rocas Volcanoclásticas de las Formaciones Popayán y Mercaderes, Jamundí Zarzal y Armenia, las cuales cubren discordantemente a la secuencia deformada. La intensa erosión y movimientos tectónicos recientes han modelado el paisaje abrupto que se observa hoy en día.

¹² Barrero D., y Laverde F., Geología General Cauca Patía (1998).

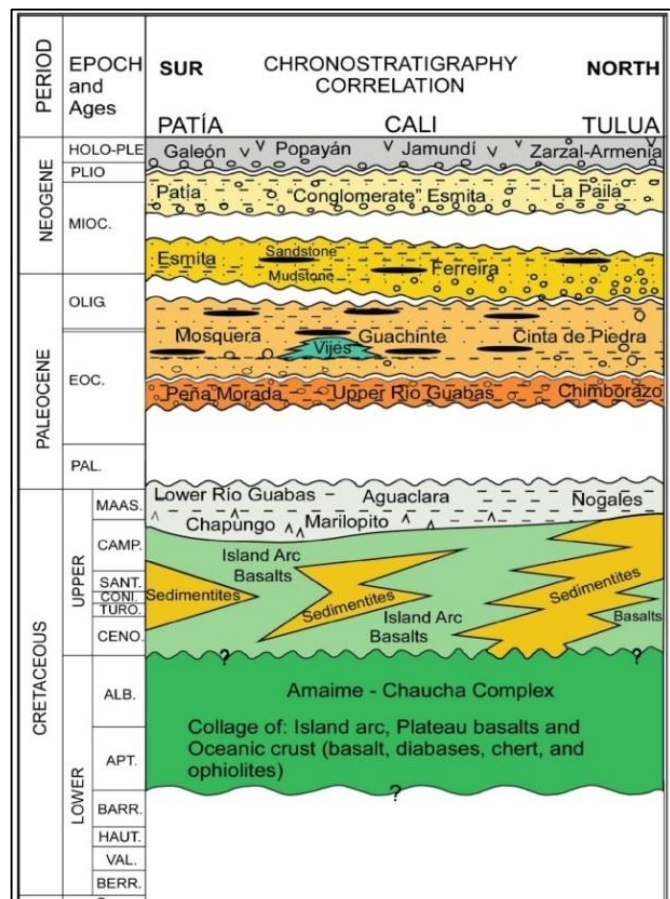
Tabla 6. Resumen de eventos tectónicos y sedimentológicos sobre la cuenca Cauca-Patía.

PERIODO	EPOCA	EDAD(ma)	EVENTOS TECTONICOS	EVENTOS SEDIMENTOLOGICOS	
NEOGENO	HOLOCENO- PLEISTOCENO		1	Depósitos volcánico - sedimentarios Molasa de colisión Neógena Abanicos aluviales y corrientes de alta relación pendiente/descarga Conos aluviales, corrientes trezadas que varían a depósitos de charcas y litorales. de: Barrero y Laverde (1998).	
	PLIOCENO	SUP.	1,8		
		INF.	5,3		
	MIOCENO	SUP.			Colisión de arco de Panamá con occidente Antioquia. Por : N Nivia G., Álvaro (2001)
		MED.			
	INF.	23,8			
PALEOGENO	OLIGOCENO	SUP.		Possible evento eustatico global.	
		INF.	33,7	Discordancia regional en Colombia. : N Nivia G., Álvaro (2001)	
	EOCENO	SUP.		Colisión de Arco de Macuchí con Ecuador y sur de Colombia. : N Nivia G., Álvaro (2001)	
		MED.			
		INF.	54,8		
	PALEOCENO	SUP.		Depósitos epicontinentales. Possible "conexión" con facies de "mar interior" al oriente de: Barrero y Laverde (1998).	
INF.					
CRETACICO	SUPERIOR	MAAS.	65,0	Engullimiento tectónico de depósitos de fosa tectónica. : N TOUSSAINT, J.F. & RESTREPO, J.J. (1993) Migración al oeste de zona de subducción de: Barrero y Laverde (1998).	
		CAMP.			
		SANT.			
		CON.			
		TURO			
		CENO	98,9		
	INFERIOR	ALB		Acrecimiento de terreno oceánico a lo largo de la Falla de Romeral actual. de: Barrero y Laverde (1998).	
		APT			
		BARR.			
		HAUT.			
		VAL.			
BERR.	144,2				

La carta cronoestratigrafía (Figura 8) propuesta por Barrero en 1998, muestra que las formaciones de cuenca Cauca-Patía se encuentran expresadas por edades de eventos sedimentarios, también se tiene en cuenta que todos los contactos son discordantes que enmarcados en las discordancias de:

1. Discordancia Sub-Eoceno Medio.
2. Discordancia Sub-Eoceno Superior.
3. Discordancia Sub-Oligoceno.
4. Discordancia Sub-Mioceno Medio.
5. Discordancia Sub-Plioceno Superior.

Figura 9. Carta cronoestratigrafía propuesta por Barrero en 1998



Tomado. Barrero - Dario, Laverde Fabio Oblique Collision and Basin Formation in Western Colombia: The Origin, Evolution and Petroleum Potential of Cauca – Patía Basin 2006.

UNIDADES AFLORANTES DE LA SUBCUENCA CAUCA SEGÚN ESTUDIOS DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA.

PROVINCIA LITOSFERICA OCEANICA CRETACICA OCCIDENTAL - PLOCO.

De acuerdo con las evidencias geológicas, geofísicas y geoquímicas, disponibles, el bloque occidental de la cuenca, se acrecionó al occidente de la margen continental de Suramérica a lo largo de una zona de sutura conocida, en términos generales, como Zona de Falla de Romeral, de la cual la Falla Cauca- Almaguer constituye el elemento más occidental.

Al occidente de la Falla Cauca-Almaguer, la corteza está formada por un ensamblaje de bloques imbricados de rocas plutónicas, ultramáficas y máficas, volcánicas básicas y rocas sedimentarias. Las primeras, consisten en dunitas serpentinizadas y milonitizadas, piroxenitas y gabros; las segundas, en flujos basálticos y silos y diques doleríticos; y las últimas, principalmente en lodolitas, wacas líticas y cherts.

Por su parte, la PLOCO está constituida por rocas cretácicas, principalmente plutónicas y vulcanitas básicas y por sedientitas de afinidad oceánica. El límite entre estas provincias es la falla Cauca-Almaguer.

En el Departamento del Valle fueron Hubach & Alvarado (1933) y Hubach (1957) los primeros en proponer divisiones estratigráficas para estas rocas. Estos autores propusieron el nombre de Serie de Faldequera¹³ para las rocas volcánicas y denominaron respectivamente Serie de Dagua y Piso del Espinal a la secuencia de “pizarras y filitas” expuesta al oeste de Loboguerrero (Municipio de Dagua) y a las sedimentitas silíceas, que afloran inmediatamente al oriente de esta misma

¹³ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

población. En 1957, Nelson propuso referirse a esta secuencia de rocas volcánicas básicas, en el Departamento del Valle, con el nombre de Grupo Diabásico.

Hubach (1957), sugirió que el Grupo Diabásico suprayacía conformablemente a una serie de rocas metasedimentarias y sedimentarias a las que denominó Grupo del Dagua; las partes superior e inferior de este grupo eran equivalentes al Piso del Espinal y a la Serie del Dagua. Barrero (1979) propuso una nueva nomenclatura en la cual, reteniendo los Grupos Dagua y Diabásico de Nelson le dio categoría de formación a las sedimentitas de Espinal y red denominó Formación Cisneros a las filitas y pizarras. De acuerdo con Barrero, el Grupo Dagua consiste en dos formaciones, una más antigua y metamórfica, la Formación Cisneros; y otra más joven, aparentemente concordante, pero esencialmente no metamórfica, la Formación Espinal.

Aspden (1984) llamó la atención sobre la imposibilidad de separar los basaltos del Grupo Diabásico en formaciones; y como, por definición, un grupo debe consistir de estas (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983) le pareció inapropiado mantener la categoría de grupo para estas rocas. Al respecto, recomendó discontinuar el uso de los nombres Grupo Diabásico y Grupo Dagua y dar nombres de formaciones a las principales unidades litoestratigráficas que conforman la secuencia volcanosedimentaria cretácica de la Cordillera Occidental. De acuerdo con esta propuesta denominó Formación Volcánica a las rocas volcánicas básicas de la Cordillera Occidental y retuvo los términos Espinal y Cisneros a nivel de formaciones pero eliminando el término Grupo Dagua.

Adicionalmente, McCourt et al. (1984) separaron las rocas volcánicas que afloran en el flanco occidental de la Cordillera Central (incluidas previamente dentro del Grupo Diabásico) como la Formación Amaime a la que consideraron más antigua y probablemente no relacionada con los basaltos de la Cordillera Occidental. Por

otra parte, en trabajos de cartografía geológica regional al norte del Departamento del Valle se refieren a las rocas volcánicas como Basaltos de la Trinidad y a las rocas acumuladas por procesos sedimentarios las separaron en las formaciones Lázaro y Consólida.

Nivia et al. (1996) reportan que las rocas de la PLOCO afloran formando cinturones discontinuos constituidos por bloques corticales romboidales.

6.1.1. Formación Volcánica (Kv)

Aspden et al., (1985)¹⁴ propusieron el nombre de Formación Volcánica para las rocas volcánicas básicas que afloran en el Departamento del Valle al occidente de la Falla Cali-Patía, limitando en esta forma su área de afloramiento a la Cordillera Occidental. Debido al desarrollo de regolitos espesos y a la presencia de fallas regionales principales, la estructura y estratigrafía detallada de la unidad no están bien establecidas; sin embargo, las evidencias disponibles indican que la dirección de los flujos lávicos es aproximadamente paralela a la dirección principal de elongación de las escamas imbricadas que buzan en general hacia el este. Estas mismas evidencias sugieren que la unidad es más joven hacia el oeste. A causa de la pobre exposición es difícil seleccionar un área tipo. La carretera Panorama entre Cali y Rio frío ofrece una exposición excelente de la unidad; sin embargo, dada su dirección paralela al rumbo de las estructuras solo expone los horizontes más orientales. La carretera Cali-Dagua, especialmente entre Cali y El Saladito y la carretera a Buenaventura, al oeste de Loboguerrero, proporcionan secciones representativas. El espesor de la secuencia se desconoce pero probablemente excede varios kilómetros.

¹⁴ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

Correlaciones. La Formación Volcánica representa la porción occidental del Grupo Diabásico y por lo tanto se correlaciona con las vulcanitas básicas cartografiadas con este nombre en el sur y centro de la PLOCO (Caballero et al., 1984). En algunos trabajos al sur del país (Paris & Marín, 1979) se incluye dentro del Grupo Diabásico las vulcanitas del Complejo Quebradagrande con las que la correlación es incorrecta. También es incorrecta la correlación del Grupo Diabásico con la Formación Macuchi del Ecuador (Goossens & Rose, 1973) donde Lebrat et al., (1985) demostraron tanto diferente composición geoquímica como menor edad.

6.1.2. Felsita de Vijes (Kf)

McCourt et al., (1985) denominaron Felsita de Vijes¹⁵ a una serie de cuellos redondeados, mantos y diques félsicos que afloran intruyendo la Formación Volcánica a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Occidental, en los municipios de Vijes, Restrepo y Yotoco Estas rocas se extienden formando un cinturón orientado norte-sur que tiene una longitud máxima de 18 km y está limitando al oeste por la Falla de Santanay al este por la Falla de Cali, fosilizada en este sector.

Localmente la felsita se encuentra en íntima relación con basaltos, formando texturas de mezcla de magmas que consisten en glóbulos de felsita, de varios centímetros a algunos decímetros de intercepto, soportados en una matriz de basalto, donde la relación glóbulos a matriz es aproximadamente 1:1. La naturaleza globular de los contactos entre los dos tipos de roca y la presencia en éstos, de márgenes de reacción y enfriamiento indican que los dos magmas coexistieron en estado líquido. La Felsita de Vijes incluye también intercalaciones

¹⁵ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

rítmicas de brechas volcánicas que consisten en clastos de rocas básicas y felsíticas que gradan hacia arriba a depósitos de ceniza.

La felsita es criptocristalina a microcristalina, de textura porfírica y esferulítica. Sus constituyentes esenciales son plagioclasa y cuarzo que ocurren tanto en fenocristales finos (que alcanzan aproximadamente un 5% por volumen) como en la matriz esferulítica. Los fenocristales consisten tanto en listones subhedrales a anhedrales saussuritizadas como en esferulitos de plagioclasa y en cristales subhedrales con bordes corroídos y dentados de cuarzo beta. En la matriz la plagioclasa se presenta formando agregados intersticiales asociados a clorita, epidota/clinozoisita y con menor frecuencia pumpellita. En la parte central del cinturón la roca presenta mineralización incipiente de pirita y calcopirita.

6.1.3. ROCAS SEDIMENTARIAS CRETÁICAS AFLORANTES EN LA SUBCUENCA CAUCA

A continuación se exponen las unidades sedimentarias aflorantes sobre la subcuenca Cauca de edad Cretácica.

6.1.3.1. COMPLEJO ESTRUCTURAL DAGUA

En los trabajos de cartografía geológica regional del Departamento del Valle¹⁶ las rocas sedimentarias de la PLOCO se han clasificado utilizando varios esquemas de nomenclatura estratigráfica (Cf: 5.1), tales como Grupo Dagua (formaciones Cisneros y Espinal), formaciones Nogales, Ampudia, Rio Piedras, etc. Sin embargo, dado que la alta deformación presente en estas rocas impide la definición de unidades litoestratigráficas formales en la PLOCO, Nivia et al., (1996) proponen considerar todas las rocas sedimentarias como una unidad

¹⁶ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

litodémica (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983) a la que asignan el nombre de Complejo Estructural Dagua.

Bajo esta denominación agrupan las rocas acumuladas por procesos sedimentarios tales como lodolitas, wacas, arenitas, cherts, tobas, aglomerados y calizas. Entre las cuales tobas y aglomerados presentan además un componente de acumulación por procesos volcánicos y están relacionados a las unidades de vulcanitas básicas descritas anteriormente.

6.1.3.2. CONJUNTO DE SUPERSECUENCIA DE FLYSCH

Cuando se formaron las cuencas oceánicas remanentes; en la Subcuenca Cauca¹⁷, se depositaron las supersecuencias de Flysch que están relacionados con los depósitos de la Formación Ampudia en el SW de la subcuenca y la Formación Nogales al NE de la subcuenca. Cuando las cuencas oceánicas se cerraron estas unidades fueron posteriormente adosadas tectónicamente a las Cordilleras Occidental y Central.

6.1.3.2.1. Formación Ampudia (K2am)

Esta Unidad fue propuesta por Verdugo & Nivia (1985)¹⁸, para referirse a una secuencia sedimentaria expuesta en la carretera Jamundí - Villa Colombia cerca de Ampudia. Keiser (1954), denominó como Estratos de Ampudia, a una serie monótona de esquistos arcillosos de color gris, localizados al oeste del caserío de Ampudia y les asignó una edad del Cretácico superior. Posteriormente Verdugo & Nivia (1985), redefinieron como Formación Ampudia.

¹⁷ Borrero P. Carlos A. Localización De Pozos Tipo Slim Hole Cuenca Cauca-Patía y en el sector Central Del Area Sinú-Urabá Informe Final Contrato 113 U-Caldas-ANH 2009.

¹⁸ Barbosa Camacho Gonzalo Febrero De 2003 Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Cauca.

La unidad es predominantemente sedimentaria, limitada por bloques corticales de la Formación Volcánica. Está constituida por una secuencia de chert, lodolitas síliceas, limolitas, areniscas y localmente lodolitas arcillosas con horizontes de brechas sedimentarias. Se presentan igualmente unas intercalaciones menores de basaltos y doleritas que hacen parte de esta unidad (N Nivia, 2001). Los Chert son usualmente de color gris oscuro y ocurre en capas hasta de 12 cm de espesor y están compuestos por cuarzo criptocristalino y material arcilloso. Se observan estructuras circulares que probablemente representan restos de radiolarios y/o foraminíferos.

6.1.3.2.2. Formación Nogales (Kn)

Esta unidad definida por Nelson (1957)¹⁹ aflora formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central en los municipios de San Pedro, Tulúa y Andalucía. Está expuesta en la vía que une las poblaciones de Venus y Monteloro (IDPs de Tulúa) y en los cauces de los ríos Bugalagrande, Tulúa y San Marcos. Está constituida por una serie de cherts, areniscas y conglomerados. Escamas corticales de composición similar, pero de dimensiones no representables a la escala afloramiento de la Formación Nogales, asociadas a los basaltos de la Formación Amaime.

6.1.4. ROCAS AFLORANTES DEL PLUTONISMO CALCO-ALCALINO EN LA SUBCUENCA CAUCA

6.1.4.1. Batolito de Buga (Kcd).

Aflora en los municipios de Buga, San Pedro y Tulúa²⁰ formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central. El Batolito de Buga está intruido en el Macizo

¹⁹ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

²⁰ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento

de Ginebra que, en su extremo norte, forma sobre éste un techo pendiente. La presencia de abundantes venas y diques en las áreas de contacto entre el batolito y las toleitas de la Formación Amaime sugieren que con esta unidad presenta también relaciones intrusivas. La mayor parte del contacto entre estas dos unidades corresponde, sin embargo, con la Falla Guabas-Pradera que limita el batolito al oriente.

El Batolito de Buga es un granitoide calco-alcálido (Aspden et al., 1987) cuya composición varía de cuarzdiorita hornbléndica a tonalita con variaciones a diorita hornbléndica en sus contactos, particularmente en el occidental con los meta-basaltos del Macizo de Ginebra.

Presenta textura hipidiomórfica de tamaño medio de cristales, caracterizada por, tabletas subhedrales de plagioclasa, prismas cortos de hornblenda, cuarzoes anhedrales gruesos y cantidades variables de biotita subhedral. Las plagioclasas se presentan zonadas y su composición varía de labradorita-andesina a oligoclasa; la hornblenda, generalmente fresca, está asociada con glomero-pórfidos de cuarzo.

El batolito no está foliado aunque presenta una zona bandeada rica en xenolitos a lo largo de contacto occidental en la Q. Negra.

6.1.5. ROCAS AFLORANTES DE LA COBERTURA ANDINA CENOZOICA EN LA SUBCUENCA CAUCA

Las aflorantes de la cobertura andina cenozoica sobre la subcuenca cauca están asociadas al graben interandino Cauca-Patia – GICP.

MEGASECUENCIA DE MOLASA

El conjunto supersecuencias de Molasa en la Subcuenca Cauca²¹ representa la transición de la cuenca remanente oceánica a una cuenca de antepaís periférica cuando el orógeno de la Cordillera Central comenzó a cabalgar sobre el borde oriental de la subcuenca, lo cual ocurrió probablemente durante del Eoceno Temprano al Mioceno Temprano, edad durante la cual se depositaron las supersecuencias que integran las formaciones del Terciario Carbonífero del Cauca y Valle del Cauca.

Las rocas sedimentarias cenozoicas en la Subcuenca Cauca se acumularon en el denominado Depresión del Graben Interandino Cauca-Patía-GICP (Acosta, 1970 en Nivia, 2001). En la Subcuenca Patía (Barbosa, 2003) proponen las formaciones Chimborazo, Guachinte, Ferreira y Esmita. Estas unidades, con excepción de la Formación Esmita, se pueden seguir hacia el norte, en la Subcuenca Cauca en el Departamento del Valle del Cauca. No obstante, en superficie se acuñan y desaparecen al norte de Cali y en su lugar aflora una secuencia de rocas calcáreas del Mioceno Inferior denominada Formación Vijes. Sin embargo, Barrero *et al.* (2006) basado en la interpretación de las líneas sísmicas a la latitud de Cali proponen la continuidad de estas secuencias por debajo del Cuaternario Aluvial del Río Cauca. Pero, en las partes central y norte de la Subcuenca Cauca no hay información sísmica para confirmar la continuidad de estas unidades.

Por otra parte, al norte de Guacarí, sobre las estribaciones occidentales de la Cordillera Central, aflora una secuencia areno-rudacea de edad Oligoceno-Mioceno definida por Schwinn (1969) como el Grupo Valle. En esta unidad McCourt *et al.* (1985 en Nivia, 2001) separaron las formaciones Cinta de Piedra,

²¹ Borrero P. Carlos A. Localización De Pozos Tipo Slim Hole Cuenca Cauca-Patía y en el sector Central Del Area Sinú-Urabá Informe Final Contrato 113 U-Caldas-ANH 2009.

La Paila y La Pobreza pero introdujeron inconvenientes de nomenclatura estratigráfica similares a los del Grupo Cauca

Todas las rocas mencionadas están cubiertas en la Subcuenca Cauca, parcialmente por unidades locales más recientes, no consolidadas, plio-pleistocenos lacustres, volcánicos o de abanicos aluviales como las formaciones Zarzal, Armenia y Jamundí.

6.1.5.1.1. Formación Chimborazo (TPc)

Esta unidad, conocida por los geólogos de Intercol²² como Formación Uribe (Schwinn, 1969), está constituida por una secuencia de sedimentitas marinas que aflora en la población de Chimborazo (IDP de Morales, Cauca) suprayaciendo discordantemente las formaciones Volcánica y/o Ampudia y suprayacida, a su vez, en forma discordante por la Formación Guachinte (Orrego, 1975).

La Formación Chimborazo tiene más de 3000 m de espesor en su localidad tipo, donde se separaron dos miembros: uno inferior, Confites; y otro superior, Loma Larga (Orrego, 1975). Sin embargo, en el Valle, no se puede reconocer esta división y el espesor de la formación decrece desde 400 m, hasta acuñarse cerca a la población de Villa Carmelo (Corregimiento de Meléndez, Cali) donde la Formación Guachinte la superpone transgresivamente. El miembro Confites, característico por consistir en una secuencia conglomerática de turbiditas proximales, no se puede seguir al norte del río Guachinte, donde es reemplazado por una secuencia de rocas de grano fino y buena selección. Esta secuencia, que tiene la misma posición estratigráfica que la Formación Chimborazo, en el sentido de que esta suprayacida por la Formación Guachinte y descansa directamente (con un conglomerado basal) sobre las rocas cretácicas, no puede, en su aspecto sedimentológico, igualarse con el miembro Confites, expuesto más al sur, y se

²² Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

toma, por lo tanto, como equivalente lateral del miembro Loma Larga. Padilla (1991) sugiere modificar la nomenclatura de las rocas terciarias del GICP y denominar Formación Confites a la Formación Chimborazo, separándola en los miembros Ampudia y Nogales. Sin embargo, dado que estos nombres se utilizan en la cartografía geológica de las rocas cretácicas de la PLOCO la propuesta es inaplicable.

Litología: En el Departamento del Cauca, donde aflora el miembro Confites, consiste en brechas a conglomerados Polimícticos interestratificados con wacas líticas y limolitas. Los clastos, que hacia la base pueden presentar hasta 1 m de intercepto mayor, incluyen principalmente cherts y basaltos.

El miembro Loma Larga es de grano más fino y en la sección tipo está compuesto de una secuencia monótona de wacas líticas, limolitas, lodolitas y horizontes locales de conglomerados. Al norte del río Guachinte la formación consiste de base a techo, en un horizonte de brechas a conglomerados, una secuencia de areniscas de grano fino y buena selección, limolitas, lodolitas y shales.

Edad: La edad de la Formación Chimborazo no está bien definida. Orrego et al. (1976) consideran que es paleocena a eocena media según el tipo de radiolarios encontrados en el miembro Confites.

Nota: La Formación Chimborazo se considera una formación aparte del grupo del Cauca.

6.1.5.2. FORMACIONES DEL GRUPO CAUCA

6.1.5.2.1. Formación Guachinte (TOg)

El nombre de Formación Guachinte²³ fue utilizado por primera vez por Schwinn (1969) para referirse a una secuencia de sedimentitas de origen parálico que aflora a lo largo del río Guachinte y contiene importantes horizontes de carbón. Orrego (1975) reporta que en su área tipo esta unidad suprayace en discordancia la Formación Chimborazo y es suprayacida en contacto concordante por la Formación Ferreira. Al norte del río Pance la Formación Guachinte reposa directamente sobre la Formación Volcánica. La secuencia de la Formación Guachinte se puede dividir en varios miembros: en su área tipo Orrego (1975) reconoce dos miembros, uno inferior, La Cima y otro superior La Rampla. Dentro de esta última Hubach & Alvarado (1934) habían usado el nombre Horizonte Los Chorros para referirse a la sección portadora de carbones por lo que Verdugo & Nivia (1985) proponen, además, dividir el miembro La Rampla en dos: una secuencia inferior rica en carbones para la cual sugieren el nombre de miembro Los Chorros y una superior de areniscas sin horizontes de carbón a la que proponen denominar miembro La Rampla La base de este último está marcada por la presencia de un horizonte marino que contiene gasterópodos y pectínidos conocido como Horizonte La Leona (Hubach & Alvarado, 1934).

El espesor de la Formación Guachinte en la sección tipo es de 643 m (Orrego, 1975) pero se adelgaza hacia el norte y desaparece en el área de Yumbo.

Litología: La formación Guachinté está dividida en tres miembros: **La Rampla, La Cima y Los Chorros.**

²³ Barbosa Camacho Gonzalo Febrero De 2003 Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Cauca.

El miembro basal La Cima presenta un espesor decreciente desde 105 m en el río Guachinte (Orrego, 1975) hasta desaparecer en el río Jordán. Consiste en bancos muy gruesos de areniscas cuarzosas blanco grisáceas, de grano fino a conglomeráticas interestratificadas con bancos de espesor medio a grueso de limolitas grises oscuras y lentes delgados de conglomerados.

El miembro Los Chorros consiste en una secuencia repetida de ciclotemas, generalmente menores de 4 m de espesor, que normalmente decrecen en tamaño de grano de base a techo desde areniscas de grano grueso y medio a limolitas, lodolitas y shales. El contenido de carbón se incrementa hacia arriba, estando las secuencias normalmente cubiertas por mantos de carbón que en el área de minas de La Cascada, al suroccidente de Cali, varían en espesor de 0.5 a 2.0 m alcanzando localmente los 3.7 m.

El miembro La Rampla forma la parte superior de la Formación Guachinte. Su base está marcada por el horizonte marino La Leona localizado 10 - 20 m por encima del último estrato de carbón del miembro Los Chorros. En la sección de la mina La Cascada las areniscas del miembro La Rampla varían en tamaño de grano fino a muy grueso y consisten esencialmente en granos de cuarzo, feldspatos y en menor proporción fragmentos de roca que constituyen menos del 10% del volumen de la roca. Las estructuras comunes a estas rocas son estratificación cruzada, laminación flasser y gradación normal.

La edad de la Formación Guachinte no está bien establecida. Basado en análisis de polen, Schwinn (1969) sugiere una edad eocena superior. Dueñas (en Aspden, 1984) indica que el miembro Los Chorros se depositó después del Eoceno superior y que la abundancia de esporas sugiere una edad oligocena.

6.1.5.2.2. Formación Ferreira (TO_f)

Esta unidad fue propuesta por Orrego (1975)²⁴ para designar la secuencia sedimentaria aflorante en la Q. Ferreira localizada a unos 3 km al noreste de Timba (Valle). A esta misma se había referido Van Der Hammen (1958) como la Formación Cauca Superior y Schwinn (1969) como la Formación Jamundí. La Formación Ferreira reposa en concordancia sobre la Formación Guachinte. En el Departamento del Cauca, la Formación Esmita reposa en forma concordante sobre la Formación Ferreira (Cuadro 7) pero en el Valle no se presenta la Formación Esmita y la Formación Ferreira está cubierta en discordancia por depósitos plio-pleistocenos más jóvenes. De acuerdo con Orrego (1975) la formación consiste de un miembro inferior, no marino, el miembro Suárez y de uno superior, esencialmente marino el miembro Cabrera.

La Formación Ferreira se acuña hacia el norte y desaparece inmediatamente al sur del río Pance. En su sección tipo tiene un espesor de 500 m (Orrego, 1975) y de acuerdo con Schwinn (1969) en la Q. Seguenguito (Cauca) este alcanza los 1300 m.

El miembro Suárez se caracteriza por la presencia, en su base, de niveles lenticulares de conglomerados que se destacan topográficamente formando riscos. Estos niveles, que alcanzan 50 m de espesor, consisten en guijarros sub-redondeados a bien redondeados de cuarzo lechoso y cantidades menores de chert soportados en una matriz de arena cuarzosa. Interestratificados con los conglomerados se presentan shales carbonáceos, lodolitas y areniscas. La parte superior del miembro Suárez es también en parte conglomerática pero incluye una secuencia rítmica de shales, limolitas, shales carbonáceos y carbones. En el río Guachinte el miembro Suárez tiene 225 m de espesor (Orrego, 1975). La base del

²⁴ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

miembro Cabrera está marcada por dos estratos marinos conocidos localmente como el Horizonte de San Francisco, expuesto en los ríos Guachinte, Claro y Lili. Este contiene restos mal preservados de gasterópodos y pelecípodos. Sobre este horizonte fosilífero se presenta una secuencia monótona de limolitas y en menor cantidad de areniscas que son en parte calcáreas. En el río Guachinte el miembro Cabrera tiene 280 m de espesor (Orrego, 1975).

Schwinn (1969) reporta una edad eocena superior para estas rocas. De acuerdo con Keiser (1954) los fósiles colectados en el horizonte de San Francisco serían del Eoceno superior al Oligoceno inferior. La posibilidad de que esta unidad se haya depositado durante el Mioceno (Orrego, 1975; Orrego et al, 1976; París & Marín, 1979) se puede descartar por estar intruida por el Stock de Pance de 17-19 Ma.

6.1.5.2.3. Formación Vijes (TOv)

Esta unidad que consiste en una secuencia de calizas y areniscas que afloran al oeste y sureste de Vijes fue descrita inicialmente por y subsecuentemente por Nelson (1957) quien se refirió a ellas como las Calizas de Vijes. Schwinn (1969) propuso denominarlas Formación Vijes. Esta secuencia que suprayace en discordancia la Formación Volcánica tiene un espesor variable que alcanza un máximo de aproximadamente 300 m al norte de la Q. San Marcos (Mulalo, IDP de Yumbo). Las calizas de la Formación Vijes son económicamente importantes para la elaboración de cemento.

Esta unidad aflora en bloques individuales limitados por fallas. En un bloque localizado al norte de la Q. San Marcos la base de la formación está marcada por un horizonte que varía de un potente conglomerado (hasta 30 m) al norte hasta una banda pobremente expuesta de una brecha lítica oligomictica al sur. Este horizonte consiste en clastos derivados de la denudación de la Formación

Volcánica y sus intrusivos relacionados. En los otros bloques las areniscas calcáreas o calizas reposan directamente sobre la Formación Volcánica. Las primeras, que generalmente no exceden los 2 m de espesor, se presentan bien estratificadas y varían de areniscas de grano fino a grueso; algunas contienen capas de fragmentos que incluyen clastos de calizas nodulares. Donde las calizas suprayacen directamente la Formación Volcánica, presentan normalmente estratificación delgada y nodular, algunas veces con delgados horizontes de brechas calcáreas.

En los niveles basales de estas secuencias de calizas se presentan también guijarros angulares de basalto. Los principales tipos de rocas que forman la Formación Vije son calizas, areniscas calcáreas, arenitas de cuarzo y brechas. Las calizas varían de micritas a esparitas de grano grueso recristalizadas. Las últimas contienen cantidades variables de materiales detríticos incluyendo granos angulares de cuarzo, cantidades menores de fragmentos de rocas silíceas y de clastos basálticos. El contenido de fragmentos de fósiles varía considerablemente; localmente comprende el volumen total de la roca y se presentan soportados en una matriz muy escasa de micrita. Las areniscas calcáreas son de grano medio a grueso y consisten en cuarcos angulares a subredondeados y fragmentos líticos, no esféricos, soportados en una matriz de micrita o cementados con esparita. Los fragmentos de fósiles son comunes. Las areniscas están compuestas esencialmente de granos de cuarzo y cerca de un 10% de fragmentos de roca que incluyen chert, basalto y felsita. La estratificación gradada a pequeña escala es común. Las brechas sedimentarias basálticas del bloque occidental consisten en fragmentos angulares a subangulares de basalto, chert y felsita en una matriz cuarzosa de grano fino.

La edad de la formación no está bien establecida a pesar de que los fósiles le son comunes. Hubach y Alvarado (1934) consideraron que se había depositado en el

Terciario medio. Esta edad fue revisada por Hubach (1957) quien con base en la presencia de algunos especímenes de venericardia postula una edad eocena superior. Stutzer (1934) y Bürgl (1961) consideran que es del Oligoceno, mientras que Schwinn (1969) reporta una edad miocena inferior. No obstante estas evidencian fósiles acerca de la posible edad de la formación su relación con las rocas del Grupo Cauca al sur y del Grupo Valle al norte son inciertas.

6.1.6. ROCAS AFLORANTES DEL GRUPO VALLE (SUBCUENCA CAUCA)

A partir de Guacarí hacia el norte, a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Central²⁵, aflora un cinturón elongado de rocas conglomeráticas de origen continental, que se extiende entre 120-130 km en dirección NE, con un ancho que varía entre 5-25 km. La evidencia fósil disponible (Van Der Hammen, 1958; Schwinn, 1969) indica que su edad varía probablemente de oligocena superior a miocena media. La secuencia presenta poca variabilidad en su litología, que en adición a la deformación y a los pobres controles establecidos con respecto a su edad dificultan las subdivisiones y correlaciones. Schwinn (1969) se refiere a estas sedimentitas como el Grupo Valle, compuesto por las formaciones Cartago y Buga. McCourt et al. (1985a) reconocen como parte del Grupo Valle las formaciones Cinta de Piedra, La Paila y La Pobreza. Dada, sin embargo, la relación discordante entre las Formaciones La Paila y La Pobreza, en esta memoria se considera al Grupo Valle como constituido solamente por las Formaciones Cinta de Piedra y La Paila.

²⁵ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

6.1.6.1. Formación Cinta de Piedra (TOcp)

Corresponde a la secuencia de areniscas y arcillolitas compactas intercaladas con horizontes de conglomerados²⁶, expuesta en una franja N-S al N y NO de Sevilla, ocupando el núcleo del Sinclinal de Miravalles-San Isidro. Los contactos principales son fallados al oeste con la Formación La Paila y al este con las formaciones La Pobreza o Amaime. Schwinn (1969) reporta que en el núcleo de un pequeño anticlinal, al oriente de Buga, la Formación La Paila reposa en concordancia sobre la Formación Cinta de Piedra.

La Formación está compuesta por rocas detríticas de pobre selección en cuanto a tamaño, composición y forma, que varían de areniscas líticas a conglomerados polimícticos a través de areniscas conglomeráticas y que ocurren interestratificadas con lodolitas azul-grisáceas ligeramente carbonosas, en estratos de espesor grueso a muy grueso.

La formación incluye, principalmente, areniscas friables de color gris verdoso con tamaño de grano variable, intercaladas con conglomerados polimícticos y arcillolitas verdosas. Los componentes sedimentarios de las areniscas incluyen cuarzo, plagioclasa, moscovita y fragmentos de roca soportados en una matriz arcillosa.

Los conglomerados incluyen fragmentos de cuarzo lechoso, chert negro, basalto y lodolita soportados en una matriz areno-arcillosa. La selección, en cuanto a tamaño de estos componentes, es pobre y los cantos individuales pueden alcanzar hasta 30 cm de intercepto. Las Arcillolitas presentan colores abigarrados y contienen láminas delgadas onduladas, no paralelas, continuas.

²⁶ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

Edad: La Formación Cinta de Piedra se asigna tentativamente al Oligoceno superior (Van Der Hammen, 1958; De Porta, 1974)²⁷ a partir de su relación con la Formación La Paila del Mioceno. Van Der Hammen y De Porta claramente definen su tope en el primer nivel de tobas de la parte inferior de la Formación La Paila. Schwinn (1969) cita una edad miocena media para su Formación Buga, correspondiente a la parte superior de La Formación La Paila, mientras que Nelson (1957) y Álvarez (1983) asignan una edad miocena medio-inferior para la Formación La Paila. Por inferencia la Formación Cinta de Piedra es pre- miocena y más probablemente oligocena.

6.1.6.2. CONJUNTO DE SUPERSECUENCIAS VOLCANOCLÁSTICO

El Conjunto de Supersecuencias Vulcanoclástico, se depositó²⁸ desde el Mioceno Tardío y hasta la Reciente y está definido por el depósito de la secuencia volcanoclástica relacionada con una cuenca de antearco probablemente localizado en un sector medio de la Cordillera Central. En la Subcuenca Cauca, este conjunto volcanoclástico está localizado solo en el sector oriental y nororiental de la subcuenca, y está definido por las formaciones La Paila, Zarzal y Armenia

6.1.6.2.1. Formación La Paila (TMp)

Según Van der Hammen (1958)²⁹ esta unidad que fue propuesta, en 1955, en un informe inédito de Keiser, Nelson & Van der Hammen, está formada por rocas acumuladas por procesos sedimentario volcánicos y consiste principalmente en intercalaciones de conglomerados y tobas dacíticas. Nelson (1957) dividió la formación en una unidad inferior correspondiente a aproximadamente 200 m de

²⁷ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

²⁸ Borrero P. Carlos A. Localización De Pozos Tipo Slim Hole Cuenca Cauca-Patía y en el sector Central Del Area Sinú-Urabá Informe Final Contrato 113 U-Caldas-ANH 2009.

²⁹ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

tobas dacíticas seguidas por una secuencia clástica, esencialmente conglomerática. El espesor de esta última varía de 400 a 600 m.

Los horizontes de origen clástico de la Formación La Paila varían de conglomerados polimícticos de cantos a areniscas grueso granulares a conglomeráticas que se presentan en bancos de espesor muy grueso a grueso de estratificación plana, no paralela, continua.

Los componentes sedimentarios de estas rocas presentan forma elipsoidal a esférica y buen redondeamiento; su composición refleja la geología general de la Cordillera Central: basalto, tonalita, diorita, metamorfitas, cuarzo y algo de chert negro. Un rasgo característico es la presencia de fragmentos de madera silicificada.

Las estructuras sedimentarias más comunes son canales de relleno³⁰ y estratificación cruzada. Por su parte, las tobas dacíticas ocurren en estratos tabulares macizos, gruesos a muy gruesos de colores claros en tonos de habano y crema. Interestratificados con conglomerados y tobas dacíticas ocurren también areniscas de grano grueso a medio y de colores claros en tonos de gris habano y crema, cuya composición (que incluye granos de hornblenda, biotita, magnetita, plagioclasa) sugiere una contribución Vulcano-clástica importante. Estas se presentan en estratos de espesor medio con estratificación cruzada y gradación. En menor abundancia se presentan lodolitas arenosas de color amarillo ocre en bancos de espesor grueso a muy grueso de estratificación plana, paralela, continua. La estructura sedimentaria más común en estas últimas es la laminación, que normalmente varía de media a gruesa.

³⁰ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

Edad: Su edad según datos palinológicos es miocena (Van der Hammen, 1958; Schwin, 1969)³¹; McCourt (1984) sugiere, sin embargo, que esta unidad puede ser más antigua, probablemente oligocena y correlacionables, al menos en parte, con el Grupo Cauca y la Formación Amagá.

6.1.7. DEPOSITOS PLIO-PLEISTOCENOS DEL SUB CUENCA CAUCA

6.1.7.1. Formación Zarzal (Ngp)

El nombre de Zarzal fue dado por Van der Hammen (1958 en De Porta, 1974) a un conjunto de depósitos compuestos por diatomitas, arcillas y arenas volcánicas, que afloran al norte del Departamento del Valle del Cauca; una descripción más detallada es realizada por Suter *et al.* (2008b).

Esta unidad aflora, a manera de parches con diferentes dimensiones al occidente de la ciudad de Pereira y al norte y sur de La Virginia (departamento de Risaralda), y al occidente del curso actual del Río La Vieja, en el nororiente del Departamento del Valle e incluye los municipios de Zarzal, La Victoria, Cartago y Ansermanuevo.

Litología: La secuencia está compuesta por delgadas capas de arena con alto contenido de partículas volcánicas interdigitadas con capas finas de diatomeas, arcillas. En sectores se observan lentes conglomeráticos (flujos de lodos Vulcanoclásticos), el espesor máximo registrado es de 40 m (Suter *et al.*, 2008b).

Edad: No hay una datación precisa de la Formación Zarzal, y sin evidencia palinológica Van der Hammen (1958 en De Porta, 1974) asumió una probable edad Plioceno. Suter *et al.* (2008 b) propone una edad del Plio-Pleistoceno, pero no presenta las bases para esta edad. La unidad suprayace de manera

discordante la Formación La Paila, y en el valle del Río Cauca es suprayacida discordantemente por conglomerados aluviales recientes.

Ambiente: El depósito de la Formación Zarzal está relacionado con un lago rico en diatomeas, cuyo origen puede estar relacionado con un probable represamiento del Río La Vieja durante las primeras etapas de la progradación del abanico del Quindío-Risaralda (Formación Armenia). Esta unidad representa los depósitos más antiguos de la zona que no han sido deformados por la fase Pliocénica de la tectónica Andina.

6.1.8. DEPOSITOS CUATERNARIOS (Q)

Los materiales aluviales (Qd)³² son comunes a lo largo de los cursos de los ríos principales y consistentes en depósitos clásticos gruesos a muy gruesos, de gravas estratificadas y relativamente bien seleccionadas, gravas arenosas y arenas con unidades locales de limos. En las márgenes del valle del Río Cauca, al sur de Sonso (IDP de Guacarí), existen abundantes conos aluviales (Qca) generalmente complejos.

Estos comprenden gravas y gravas arenosas con capas delgadas de arena. Las partes proximales de los conos carecen de estratificación interna, sin embargo, distalmente presentan un decrecimiento hacia arriba en el tamaño del grano y raramente algunas gravas arenosas bien seleccionadas de estratificación cruzada rellenan canales locales. La secuencia de la formación de abanicos y sus relaciones discordantes son evidentes a partir de fotografías aéreas. Algunos depósitos más grandes comprenden hasta tres abanicos individuales.

Confinados a las partes más altas de la Cordillera Central, por encima de los 3500 m se presentan depósitos glaciales, morrénicos (Qg). Estos comprenden

³² Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

depósitos caóticos de bloques de metamorfitas del Complejo Cajamarca y materiales ígneos.

En las cercanías de la Unión, Roldanillo, Primavera, ocurren depósitos piroclásticos localmente extensos (Qp), aunque las cenizas son predominantes; se identifican también lápilli, pumita y bombas.

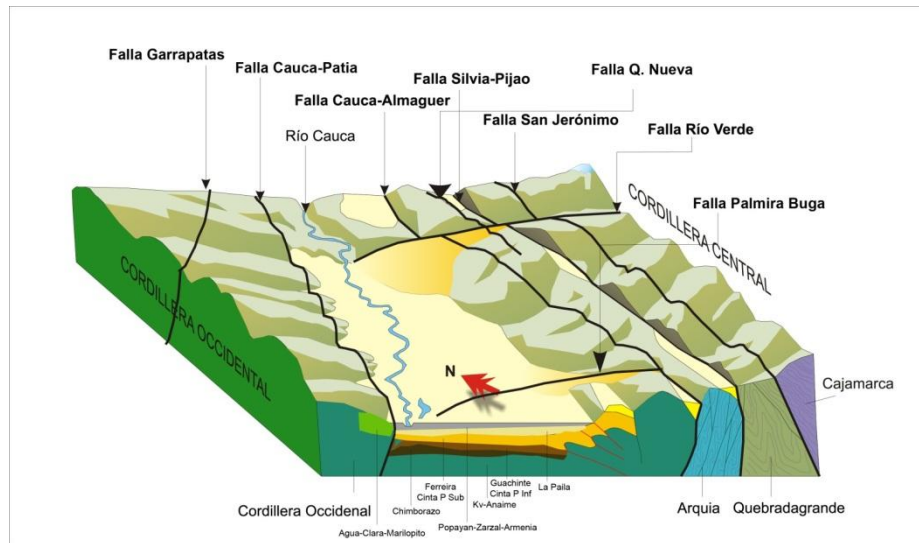
Estos depósitos están relacionados a la actividad volcánica reciente de los estratovolcanes que se presentan a lo largo del eje de la Cordillera Central: nevados del Ruiz, Tolima, Quindío, etc. y se cree que son de edad holocena.

6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

De acuerdo a los perfiles sísmicos realizados por Ecopetrol, principalmente entre Cali y Yotoco en el Valle del Cauca que han sido interpretados por Barrero y Laverde, 1998, y con la reconstrucción de información arrojada de geología de superficie (Ingeominas) se relacionan los aspectos más relevantes de la geología estructural en subcuenca Cauca.

El esquema (**Figura 12**) muestra la distribución de la unidades litológicas y el sistema de fallamiento sobre la cordillera central y occidental en la subcuenca Cauca teniendo en cuenta toda la información obtenida sobre la geología estructural y basado en el esquema hecho por López Cardona Myriam de Eafit en el 2006 en su publicación llamada Análisis de deformación tectónica en Los Piedemontes de Las Cordilleras Central y Occidental, Valle del Cauca, Colombia.

Figura 10. Esquema estructural que muestra las Unidades de la subcuenca Cauca y sus estructuras primarias



Tomado. López Cardona Myriam 2006, **Modificado** Autores del Proyecto.

6.2.1. FALLAMIENTO DE LA SUBCUENCA CAUCA

La superposición de las fases de deformación ha resultado en una estructura cortical determinada esencialmente por la interacción de un sistema complejo de fallas regionales³³, en las que predominan tres direcciones de fallamiento: N20-30E, N60-70E y N40- 50W (Nivia et al., 1996).

La hipótesis de Nivia (2001), se presenta bien documentada en la memoria del mapa geológico del departamento del Valle y conlleva a la definición de tres fases de deformación ocurridos en el occidente del Continente Suramericano.

³³ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

La teoría de Nivia (1996)³⁴, sobre la formación de las rocas paleozoicas directamente en un margen activo continental al occidente del escudo de las Guayanas, que permitió la formación de los complejos Cajamarca y Arquía, En el departamento del Valle del Cauca, Nivia (2001), propone como mínimo se reconocen tres fases de deformación, que por continuidad tectonoestratigráfica deberían ser las mismas para el Departamento del Cauca.

- D1 Relacionada a las deformaciones de las rocas del Paleozoico presentes en la Cordillera Central y caracterizada por la generación de metamorfismo regional de los Complejos Cajamarca y Arquía.
- D2 Relacionada con el establecimiento de la PLOCO y su correspondiente deformación que permitió la generación de metamorfismo dinámico y reflejado en la foliación milonítica especialmente en rocas de baja competencia a la deformación.
- D3 Afecta a todas las unidades litológicas pre-pliocénicas y se caracteriza por la generación del fallamiento con tendencia NE-SW y plegamientos suaves en rocas del Terciario con planos axiales en la misma dirección del fallamiento.

Los movimientos generados a lo largo de estas fallas han interactuado para acomodar la deformación sufrida por la Placa Suramericana, como resultado de los esfuerzos producidos por el movimiento de las placas Nazca y Caribe y da lugar a la traslación y rotación de bloques corticales y a la superposición de rasgos estructurales. La estructura de la corteza consiste, en consecuencia, en un conjunto de bloques romboidales, limitados por fallas y elongados en dirección aproximada N-S. A pesar de que en la cartografía geológica se han separado bloques principales de litología homogénea hay que tener en cuenta que

³⁴ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

internamente cada bloque cortical puede presentar un número infinito de fallas por estar, el Occidente Colombiano, asociado a la imbricación de escamas corticales en un complejo acrecionario. Las fallas individuales que limitan los bloques principales tienen historias de movimientos múltiples y complejas y aunque pueden presentar fallas inversas de alto ángulo, el patrón general de fallamiento es característico y similar al encontrado en otras zonas de colisión (e.g. Oeste de los Estados Unidos, Nueva Zelanda y Sumatra), caracterizadas por desplazamientos laterales de gran escala, resultantes de una tectónica de deslizamiento de rumbo relacionada con subducción oblicua (Aspden, 1984).

A continuación se resumen las estructuras presentes en cada una de las planchas cubiertas sobre la zona de estudio; estas estructuras fueron evaluadas durante el reconocimiento para la campaña de campo así como también para el inicio de la perforación de cada uno de los pozos.

Tabla 7a. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.

ESTRUCTURAS PRESENTES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO		
PLANCHAS	FALLAS	PLIEGUES
Plancha 320 Buenos Aires	SISTEMA DE FALLA CALI-PATIA SISTEMA DE FALLA PALMIRA BUGA Falla Raso Bobo (Falla Inferida) Falla Limoncito (Falla Normal) Falla Badeas (Falla Normal) Falla Bellavista (Falla Inversa o de Cabalgamiento) Falla Paso (Falla de Rumbo Sinextral) Falla Sanmiguel (Inferida) Falla Sierra (Falla d Rumbo Sinextral Inferida)	Anticlinal Marilopita Sinclinal de Agua Clara (Volcado Inferido) Sinclinal de Agua Blanca (Volcado Inferido)
Plancha 299 Jamundí	Falla Villa Colombia (Falla Normal) Falla Bellavista (Falla Inversa o de Cabalgamiento) Falla del Rio Timba (Falla Normal) Falla del Rio Jamundí (Falla Normal) Falla del Rio Meléndez. (Falla Normal) Falla Sam Bernardo (Falla Normal) Falla Dagua Calima (Falla Normal) Falla Rio Bravo (Falla Normal)	Sinclinales sin Nombre Anticlinales sin Nombre

Tabla 7b. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.

ESTRUCTURAS PRESENTES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO		
PLANCHAS	FALLAS	PLIEGUES
Plancha 280 Palмира	Falla Palmira Buga Sistema de Falla Guabas Pradera Falla Potrerillos Falla Toche (Falla Normal) Falla Mulato (Falla Normal) Falla la Tigra (Falla de Rumbo dextral) Falla Rosario (Falla de Rumbo Sinextral Inferida) Falla de Guacarí (Falla Normal) Sistema de Falla Cauca-Patía(Falla Normal) Falla Santana (Falla Inferida-Tipo Normal) Falla Rio Anaime (Falla Inferida-Tipo Normal)	Anticlinal del Sonso
Plancha 261 Tutuá	Falla Rio Bravo (Falla Incierta-de Tipo Normal) Falla Cristales (Falla Inversa) Falla Indianópolis (Falla Incierta-de Rumbo) Falla Calima (Falla de Normal) Falla Roldanillo (Falla Incierta-de tipo Normal) Falla Santana (Falla Incierta-Tipo Normal) Falla Media Canoa (Falla Incierta-Tipo Normal) Sistema de Falla Guabas Pradera (Tipo Normal) Falla Porterillos. (Falla Incierta-Tipo Normal) Sistema de Fallas de Romeral Falla Trujillo (Falla Incierta-de Rumbo)	Anticlinales y sinclinales sin nombre
Plancha 242 Zarzal	Falla Cañas (Falla de Rumbo dextral) Falla Trujillo (Falla Normal) Falla Roldanillo (Falla de Rumbo) Falla Garrapatas (Falla Normal) Falla Vallejuelo (Falla de Rumbo) Sistema de Falla Cali Patía (Falla Tipo Normal) Falla el Dovia (Falla Normal) Falla Cristales (Falla Inversa) Falla Rio Dovia (Falla Normal) Falla de Toro (Falla Normal) Falla Garrapatas (Falla Normal) Falla del Cairo (Falla Normal) Falla del Rio Blanco Este (Falla Normal) Falla del Rio Blanco Oeste (Falla Normal)	Anticlinal la Paila

Tabla 7c. Resumen de estructuras tectónicas presentes en la zona de estudio, sobre la cuenca Cauca-Patía.

ESTRUCTURAS PRESENTES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO		
PLANCHAS	FALLAS	PLIEGUES
Plancha 243 Armenia	Falla el Campanario (Falla Normal) Sistema de fallas de Pijao (Falla Normal) Falla Buenavista (Falla Normal) Falla Caicedonia (Falla Inversa) Falla Potrerillos-Rio La Vieja Falla de Sevilla (Falla Normal) Falla del Rio Verde (Falla de Rumbo) Falla Córdoba (Falla Normal) Falla El Salado (Falla Normal) Falla Navarco (Falla Normal) Falla Armenia (Falla Normal) Sistema de Fallas Cauca Romeral. (Falla Normal) Falla de Holanda (Falla Normal) Falla Quebrada Nueva (Falla Inversa) Falla Silvia-Pijao (Falla Normal)	
Plancha 224 Pereira	Falla Quebrada Nueva Falla (Falla Inversa) Falla Toro. Falla (Inferida Normal) Falla Sin Nombre 6 (Inferidas Normal)	Sinclinal de Miravalles

ESTRUCTURAS DOMINANTES SOBRE LA SUBCUENCA CAUCA

SISTEMA DE FALLAMIENTO N20-30E

Las relaciones entre los tres sistemas principales de fallas parecen indicar que el más antiguo es el orientado N20-30E, cuyas fallas al poner en contacto tipos diferentes de rocas, definen provincias litológicas principales. Este sistema principal, denominado tipo “Palestina” (Lozano, 1986), es paralelo además con la dirección de los rumbos de la mayoría de los planos de foliación S1 registrados. Dentro de este sistema de fallamiento se presentan en el Departamento del Valle, de este a oeste, los siguientes sistemas de fallas de importancia regional:

- **Sistema de Fallas de Romeral**

Regionalmente la zona se encuentra afectada por el Sistema de Fallas de Romeral³⁵, En Aranzazu y Rios (1989), reconocido y nombrado por Grosse (1926) en González (1980), en el sureste de Antioquia; ha sido descrito como un sistema de fallas inversas de ángulo alto, que buza hacia el Este. McCourt y Aspden (1983), interpretaron el sistema de fallas de Romeral, como un sistema de fallas de rumbo dextrolateral (**right-lateral strike-slip fault system**), usando datos gravimétricos, en el Valle del Cauca, definen la falla de Romeral como una falla vertical; además, la interpretan como una zona de sutura de edad Cretácico Superior.

- **Sistema de Fallas Cali-Patía / Falla Cauca-Patía**

Hay que tener en cuenta que cuando hablamos de **Falla Cali-Patía** y **Falla Cauca-Patía** hablamos de la misma estructura de fallamiento.

En el piedemonte oriental de la Cordillera Occidental se ha cartografiado la Falla de Cali (Mccourt et al., 1984). Con base en geofísica Bermúdez et al. (1985) determinaron que representa el límite oriental de la secuencia del Cretácico superior de la Cordillera Occidental (Kv). En este trabajo se hace referencia a esta falla como la Falla Cauca-Patía aunque si en la referencia del algún autor está expuesta como falla Cali se dejara de tal manera lo exponga el autor referenciado. Por ejemplo (Barrero y Laverde1998) exponen la falla Cauca-Patía como **La Falla del Cauca**.

³⁵ Bedoya A. Lorena, Giraldo Becerra 2009 U. Caldas Estratigrafía Detallada De La Formación La Paila En La Sección Buga-La Habana. Pag 35

Mosquera y Orrego (1990), proponen este nombre para renombrar las fallas conocidas con el nombre de Fallas del Río Cauca³⁶ y así evitar problemas de sinonimia. Las fallas de este sistema sirven de límite oriental de la Cordillera Occidental, Su trazo tiene una dirección N19°E y ponen en contacto rocas cretáceas de esa unidad geomorfológica contra rocas sedimentarias del Terciarias y depósitos del Cenozoico tardío que conforman el Valle interandino Cauca-Patía.

En gran parte de su longitud, la falla sigue aproximadamente el curso de los ríos Patía y Cauca y su definición se realizó a partir de estudios geofísicos (Bermúdez et al, 1985). Pertenecientes a este mismo sistema, se encuentran las Fallas Patía-El Bordo, Las Badeas, Limoncillo y el Guabo. Estas fallas son de rumbo con dirección noreste y componente inverso de alto ángulo inclinadas al oeste.

Esta falla fue definida geofísicamente en la mayor parte de su longitud (Bermúdez et al., 1985), representa el límite oriental de la secuencia del Cretáceo superior de la Cordillera Occidental y controla además el límite occidental del valle aluvial del río Cauca. El límite entre la cordillera y la llanura aluvial corresponde a una serie de fallas escalonadas de trazo rectilíneo (fallas o Falla Cali-Patía) que muestran marcados rasgos de transcurrencia (López et al., 2009).

³⁶ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

- **Falla Palmira-Buga**

La falla Palmira-Buga en López (2006)³⁷, se encuentra ubicada al occidente de la falla Guabas-Pradera, definida originalmente como una falla inversa de vergencia oeste por Alfonso et al., 1994, marca el límite occidental de las rocas máficas y ultramáficas del Macizo Ofiolítico de Ginebra (Nivia 2001).

Según Mesa y Suarez (2001), esta falla se ubica en la parte media de la cuenca del Río Guadalajara, con una dirección aproximada de N15°-28E; controla el cauce de la quebrada La Puente; se evidencia por el contacto tectónico entre la Formación la Paila y las rocas del Macizo Ofiolítico de Ginebra, que presentan rocas con textura cataclástica cerca de la zona de falla, afectando conos aluviales cuaternarios de la zona de la Hacienda El Paraíso, donde se ha documentado un desplazamiento inverso y una pequeña componente lateral derecha (INGEOMINAS, 1995 en Mesa y Suarez, 2001).

- **Sistema de Falla Campanario-San Jerónimo**

Se considera como una de las fallas principales del **Sistema de Falla de Palestina**³⁸ (McCourt, 1984a, Maya & González, 1996). En el Departamento del Valle, la Falla de San Jerónimo define el límite oriental del Complejo Quebradagrande en su sector norte y en su sector sur el límite entre los complejos Cajamarca y Arquía. Esta falla se interpreta como la línea aproximada de una zona de sutura paleozoica (McCourt et al.1984). **La Falla Silvia-Pijao** que marca el límite occidental del Complejo Quebradagrande haría parte del mismo sistema de fallas.

³⁷ Bedoya A. Lorena, Giraldo Becerra 2009 U. Caldas Estratigrafía Detallada De La Formación La Paila En La Sección Buga-La Habana. Pag 35

³⁸ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

- **Sistema de Falla Guabas-Pradera (Potrerillos)**

Define el límite occidental de las vulcanitas de Amaime y el límite oriental aproximado de los sedimentos terciarios. Esta falla afecta el basamento Cretácico y controla el frente montañoso³⁹. A partir de esta falla se inician los despegues de los cabalgamientos principales hacia el oeste en la subcuenca Cauca.

- **Fallas Dagua-Calima-Buenavista** (Aspden et al., 1985) y **Toro** (Parra et al., 1984) **Andinapolis** (Barrero, 1979)

Definen el límite occidental de la secuencia esencialmente masiva de basaltos que conforman la porción oriental de la Cordillera Occidental.

Al occidente de la secuencia esencialmente masiva de basaltos se presentan varios cinturones regionales de basaltos, intercalados con metapelitas del Complejo Estructural Dagua limitados por las fallas El Dovio, Cristales (Barrero, 1979), La Argelia, El Cairo, Río Blanco Este y Río Blanco Oeste (Parra et al., 1984).

SISTEMA DE FALLAMIENTO N40-50W

El segundo sistema de fallas con dirección N40-50W⁴⁰, denominado “tipo Salento” (Lozano, 1986) ocurre en trazos segmentados dispuestos a manera de «echelon» a lo largo de los cuales se identifican movimientos sinestrales que desplazan las trayectorias de las fallas del sistema N20-30W. Estas fallas no son muy notables en el campo pero son claramente identificables en imágenes de sensores remotos. Las más notables son la Falla de Naranjal, que atraviesa la Cordillera Occidental en la parte norte del departamento, la Falla de Las Cañas que desplaza, a la

³⁹ Lopez Cardona Myriam Eafit 2006 Análisis de Deformación Tectónica En Los Piedemontes de Las Cordilleras Central y Occidental, Valle Del Cauca, Colombia.

⁴⁰ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001

latitud de Zarzal, el valle aluvial del río Cauca y que, conjuntamente con una serie de fallas menores, deflectan los ejes de los pliegues desarrollados en la secuencia terciaria (Nivia et al., 1997).

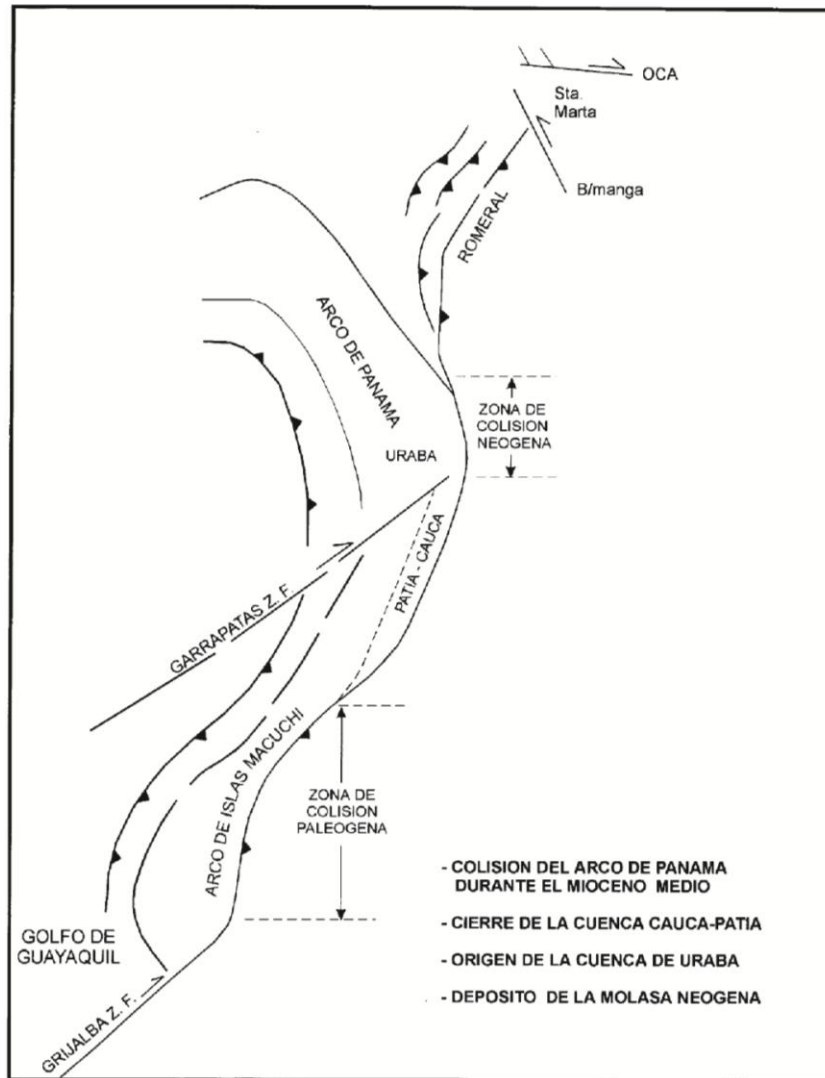
Estas fallas principales pueden haber sufrido varios movimientos y cambios de estilo durante la evolución del Suroccidente Colombiano. Alfonso et al. (1994) demostraron que forman parte de un cinturón de pliegues y fallas inversas de vergencia hacia el occidente (**Figura 10, 11 y 12**).

Nivia 2001 en sobre el mapa Geológico del Valle del cauca expone que la variación en la dirección y buzamientos de las fallas individuales define bloques corticales romboedrales y elongados⁴¹ cuyo estilo recuerda los modelos de Harding & Lowell (1979) para las fallas transcurrentes. McCourt (1984a) y Aspden (1984) indican que, en efecto, estas fallas se han movido al menos una vez en su historia como fallas trascurrentes con desplazamientos horizontales de deslizamiento de rumbo de gran escala.

Los desplazamientos y movimientos tectónicos desde que ocurren desde punto vista estructural tuvieron un momento fuerte en esfuerzos durante el Mioceno medio en donde sucede la colisión del arco de Panamá seguido a este evento tectónico sucede el cierre de la Cuenca Cauca-Patía, el Origen de la Cuenca de Urabá, y los depósitos de la Molasa Neógena (**Figura 9**).

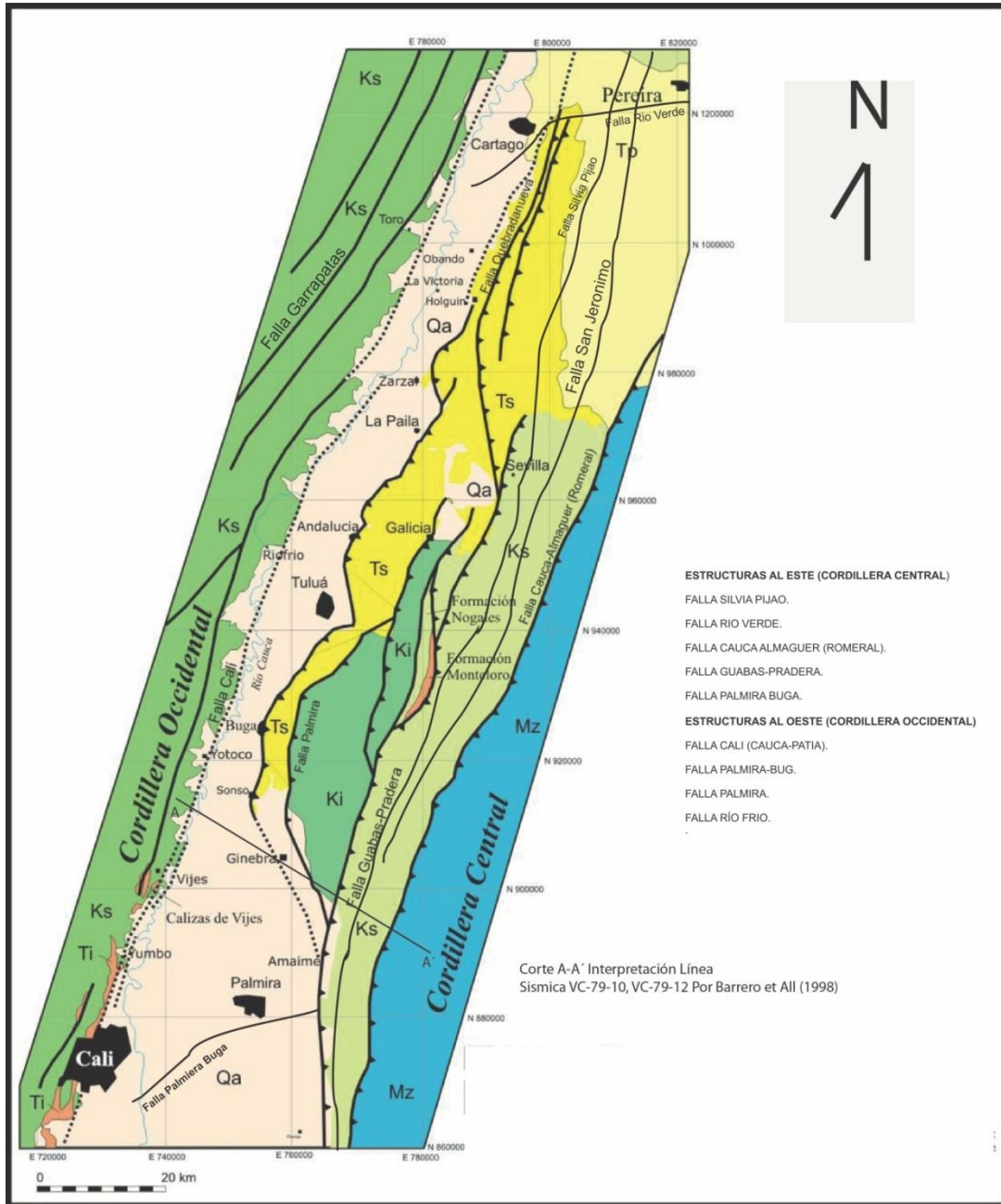
Figura 11. Modelo conceptual de colisión del arco de pana durante el mioceno

⁴¹ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001



Tomado. Barrero D., y Laverde F (1998).

Figura 12. Mapa Estructural de la Sub cuenca Cauca.



Tomado Barrero y Laverde (1998) y Modificado. Moreno-Sánchez y Pardo Trujillo (2003) y López (2006). Autores del Proyecto.

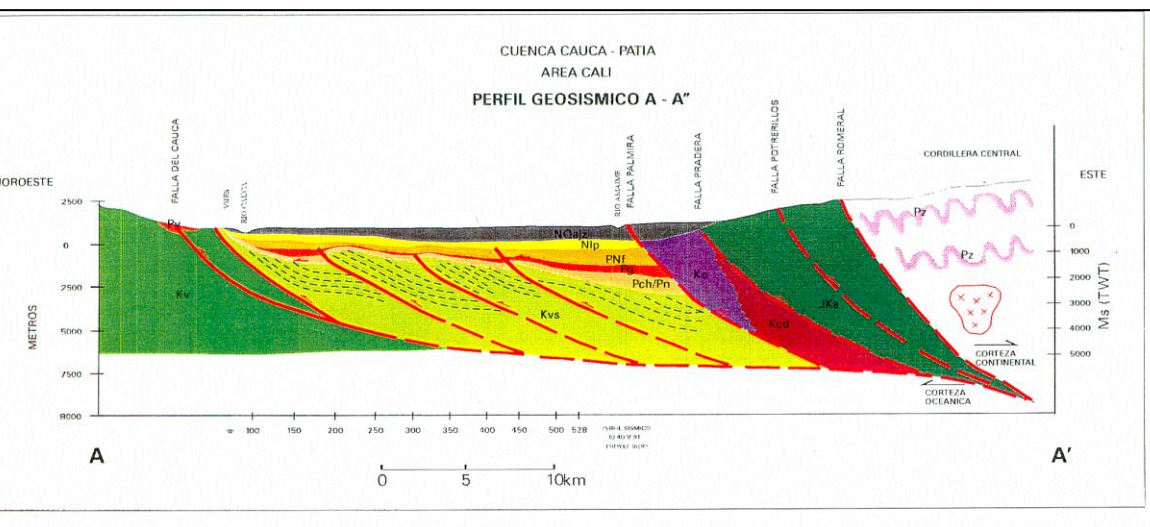
PERFILES ESTRUCTURALES SOBRE LA SUBCUENCA CAUCA

Según Barrero y Laverde en 1998 nos dicen que los perfiles sísmicos desde el sur de Cali hasta Yotoco⁴² muestran un estilo estructural persistente que consiste de un sistema de imbricados (imbricate thrust system) con geometría lístrica y vergencia occidental. La Cordillera Central ha servido como un contrafuerte (back-stop) a partir de la cual se propagó la deformación. El ángulo de inclinación de las fallas se hace más suave hacia la Cordillera Occidental y la edad de las unidades litológicas envueltas en cada escama tiende a ser más joven al occidente. Estos tres elementos nos permiten concluir que durante el Cretácico se desarrolló un sistema de cabalgamientos lístricos en secuencia unidireccional hacia el occidente, lo cual tipifica una forward-breaking sequence". Sobre este sistema de "thrust" se depositó la cobertera terciaria.

La cobertera terciaria, en forma de cuña delgada con sus espesores máximos en el costado oriental se adaptó al estilo estructural del basamento Cretácico. El mecanismo de plegamiento es de propagación de falla cuyo acortamiento es transmitido hacia el tope de la secuencia terciaria en plegamientos amplios y suaves. A continuación se presenta el perfil sísmico interpretado para el valle de Cauca por Barrero Laverde 1998 este análisis se deja la imagen original para no alterar su interpretación.

⁴² Barrero D., y Laverde F., Geología General Cauca Patía (1998).

Figura 13. Corte del valle del cauca según el programa sísmico VC-79



Tomado. Barrero y Laverde (1998).

7. RESULTADOS

Una vez finalizadas las actividades de recolección de información durante el proceso de perforación de los pozos estratigráficos tipo “Slim Hole” y el reconocimiento de las unidades de roca en superficie, se realizó a detalle el seguimiento y análisis de la información obtenida como se indica en la metodología. A continuación se muestran los resultados conseguidos en el desarrollo de la investigación.

7.1. LITOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL Y AMBIENTES DE DEPÓSITO, DE LAS FORMACIONES PERFORADAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”

A partir del convenio de cooperación realizado por la Universidad Industrial de Santander y la Agencia Nacional de Hidrocarburos de la perforación de pozos estratigráficos tipo “Slim Hole” se realiza una descripción facial a detalle de la columna sedimentaria obtenida por formación según edad, en cada uno de los pozos perforados sobre la subcuenca Cauca.

7.1.1. LOCALIZACIÓN EN SUPERFICIE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRAFICOS TIPO “SLIM HOLE”

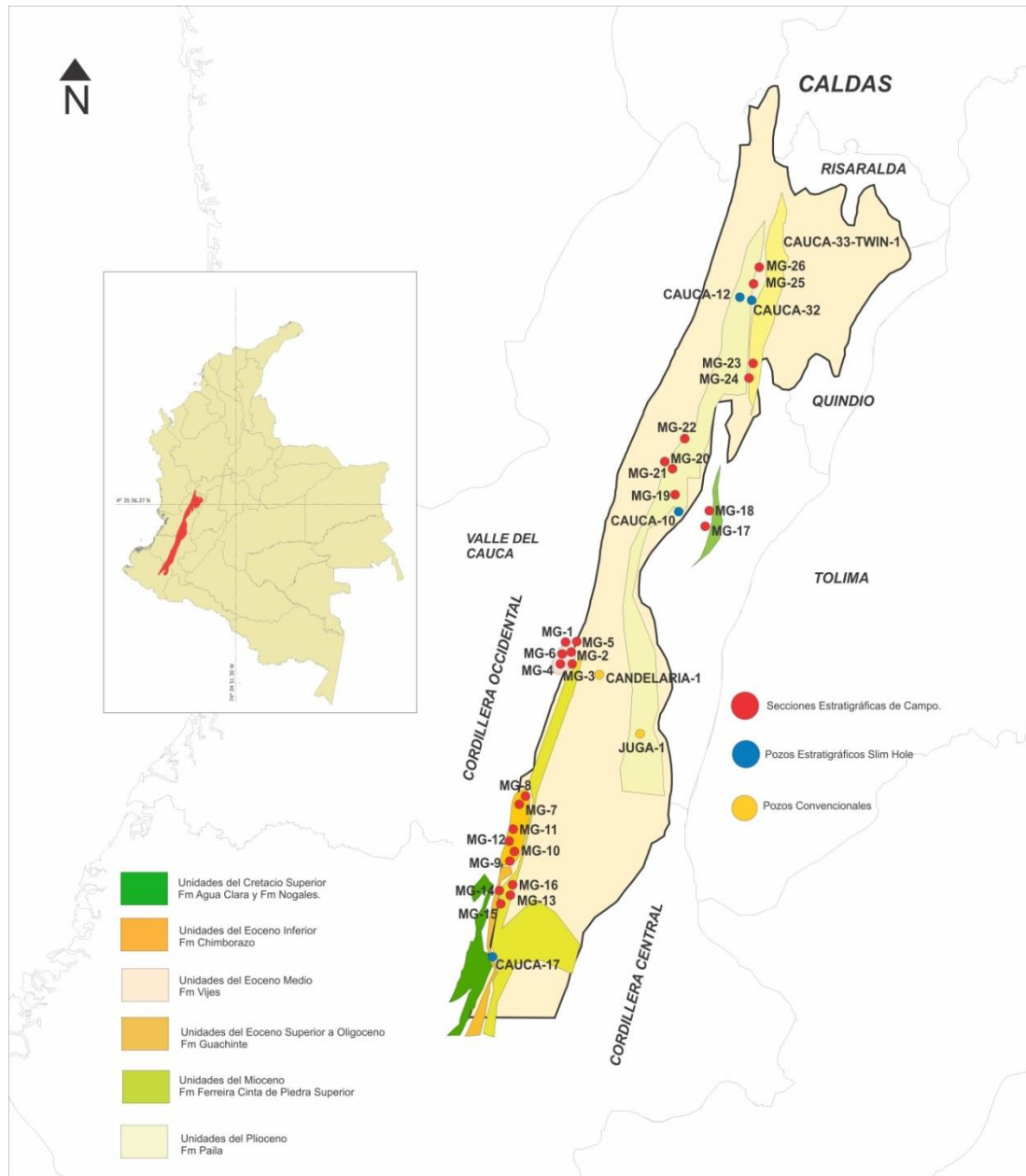
El área de estudio y sobre la cual fueron perforados los pozos, como bien se ha mencionado corresponde al sector Norte de la cuenca Cauca-Patía, Subcuenca cauca (**Figura 14**).

A continuación se relaciona la tabla de localización de cada uno de los pozos perforados sobre las formaciones descritas.

Tabla 8. Información general de los pozos perforados

POZO	UBICACIÓN	COORDENADAS Datum Magna-Sirgas, Origen Bogotá	TVD (ft)	UNIDADES PERFORADAS	PLANCHA
					1:100,000
ANH-CAUCA-10-ST-S	El Picacho, Tuluá, Valle del Cauca	N: 939.134 m E: 770.556 m	939,72	Fm La Paila Mbro. Superior Fm La Paila Mbro. Inferior	261 Tuluá
ANH-CAUCA-11-ST-S	La Uribe, Bugalagrande	N: 962.278 m E: 776.278 m	893,86	Fm La Paila Mbro. Superior	242 Zarzal
ANH-CAUCA-12-ST-S	Agua Bonita, Obando	N: 996.421 m E: 791.683 m	1.480,59	Fm La Paila Mbro. Superior	243 Armenia
ANH-CAUCA-17-ST-S	Suarez, Cauca	N: 819.958 m E: 709.344 m	1.326,99	Fm. Popayán, Fm. Esmita? Fm Ferreira (Miembro Cabrera)?	Cuadrángulo N-6, Popayán
ANH-CAUCA-32-ST-S	La Divisa, Obando	N: 995.627 m E: 794.686 m	1.406,76	Fm. Cinta de Piedra	243 Armenia
ANH-CAUCA-33-ST-S	Piedras de Moler, Cartago	N: 1.013.107 m E: 802.746 m	759,66	Fm. Cinta de Piedra	224 Pereira
ANH-CAUCA-33-ST-S-T-TWIN-1	Piedras de Moler, Cartago	N: 1.013.126 m E: 802.669 m	2.289,59	Fm. Cinta de Piedra	224 Pereira

Figura 14. Localización de las formaciones descritas, pozos estratigráficos “Slim Hole” y secciones estratigráficas de campo en la subcuenca Cauca



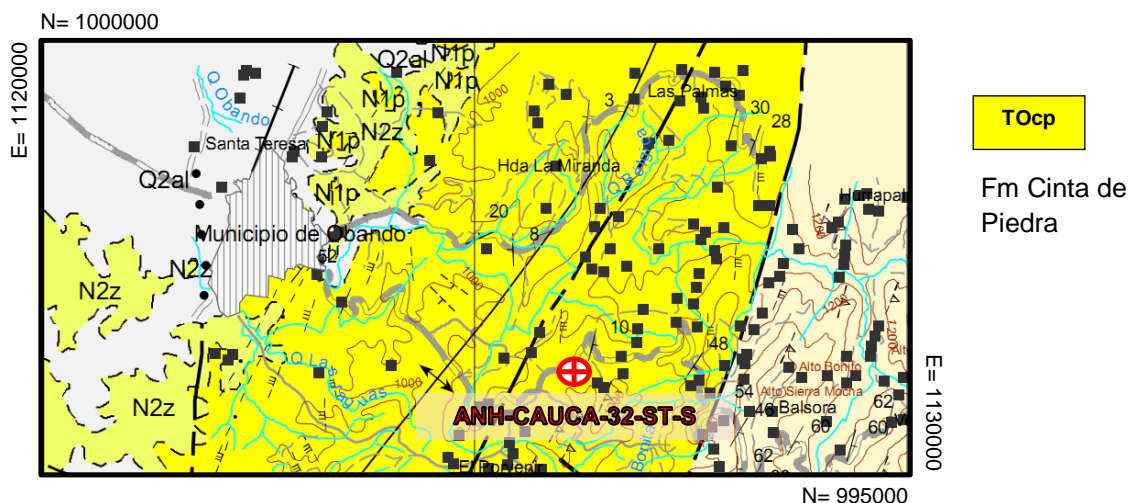
Fuente: Autores del Proyecto

7.1.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp).

La formación Cinta de Piedra forma una franja alargada en dirección NNE y aflora en las planchas 224 Pereira y 243 Armenia al nororiente de la Subcuenca Cauca, más precisamente se encuentra en los municipios de Sevilla, La Victoria, Zarzal y Cartago, oeste de Alcalá y Ulloa (Departamento del Valle del Cauca), Montenegro, Obando, Quimbaya (departamento del Quindío) (**Figura 14**), fue perforada hacia la parte norte de la subcuenca Cauca en los pozos “Slim Hole”:

POZO ANH-CAUCA-32-ST-P en el cual fueron descritos 1.390,02 pies de núcleos de roca de dicha unidad. Este pozo se perforó sobre la Vereda Salem, del corregimiento de El Chuzo, al margen derecho de la carretera a 6 km aproximadamente desde el Municipio de Obando – Valle del Cauca. Este municipio está situado al norte del departamento del Valle del Cauca, sobre la Cordillera Central, y alcanza alturas entre 917 metros y los 1.700 metros sobre el nivel del mar (**Figura 15**).

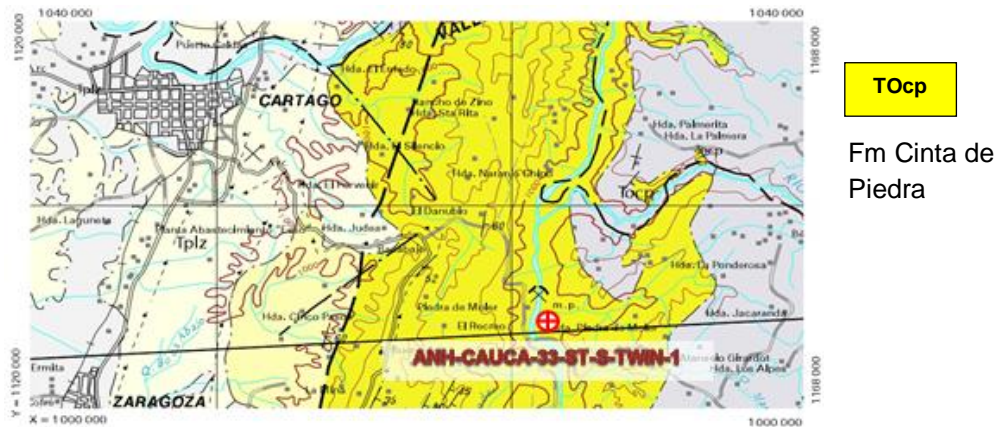
Figura 15. Mapa Geológico con la localización del Pozo ANH-CAUCA-32-ST-S



Tomado. Plancha geológica 243-Armenia, Escala 1:100.000, • MCCOURT W. J, MOSQUERA, D. NIVIA, A. & NUÑEZ, A., 1984.

POZO ANH-CAUCA-33-ST-P - ANH-CAUCA-33-ST-P-TWIN-1 en los cuales fueron descritos 711.93 pes y 2.338,07 pies de núcleos de roca respectivamente. Estos pozos se perforaron sobre la llanura aluvial de la margen derecho aguas abajo del Río La Vieja en un lote vacío en una zona de rastrojos en inmediaciones del Hotel los ángeles en la vereda Piedras de Moler en el Municipio de Alcalá (**Figura 16**).

Figura 16. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1



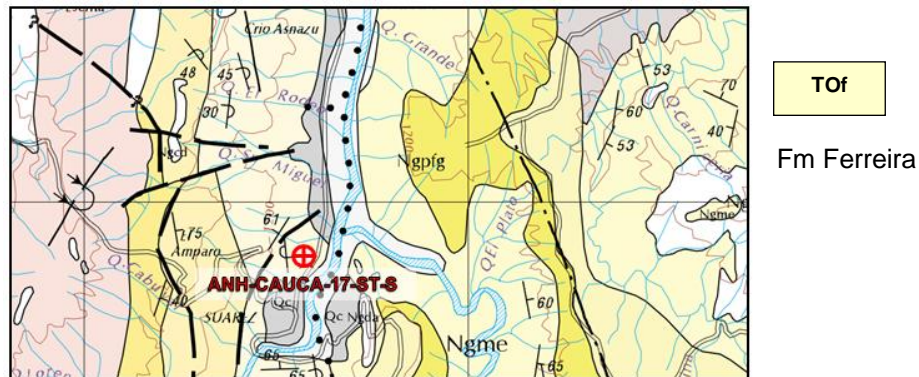
Tomado. Plancha geológica 224-Pereira, Escala 1:100.000, INGEOMINAS.

7.1.1.2. LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOF)

La formación Ferreira Hacia el norte se acuña y desaparece al sur del Río Pance. Esta unidad aflora en la Subcuenca Cauca en la parte central del Anticlinal de Seguenguito, en cercanías a los municipios de El Tambo, Cajibío, Morales y Suárez, en el Departamento del Cauca. También se encuentra al norte de El Embalse de La Salvajina y al norte de los municipios Suárez, Buenos Aires y Jamundí y como un remanente al sur de la cabecera municipal de Cali (**Figura 14**), fue perforada hacia la parte sur de la subcuenca Cauca en el pozo “Slim Hole”:

POZO ANH-CAUCA-17-ST-P en el cual fueron descritos 1.269,27 pies de núcleos de roca. Se encuentra en una explanada a la entrada del Barrio Villa Flor en la margen izquierda de la carretera que conduce del Municipio de Suárez al Municipio de Timba (ubicado al norte de Suárez), en las afueras del casco urbano (**Figura 17**).

Figura 17. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-17-ST-S



Tomado. Plancha geológica N6 Popayán a escala 1:100.000, ORREGO, A. ROSSMAN, D. & PARIS G., 1976.

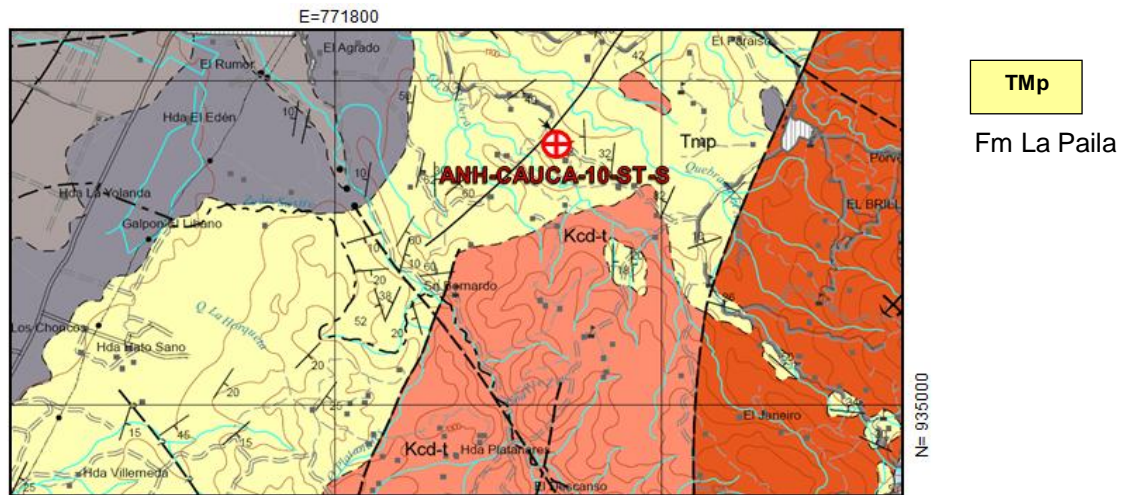
7.1.1.3. LOCALIZACIÓN DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR Y MBRO. SUPERIOR) (Tm_p).

La formación La Paila Miembro Superior Aflora en la Subcuenca Cauca, formando un cinturón alargado en dirección SW-NE, presente en los alrededores de los municipios de Buga, San Pedro, Tuluá, Sevilla, Buga La Grande, Zarzal, La Victoria, Obando y Cartago, en el Departamento del Valle del Cauca. También se observa en pequeños remanentes, al sur del Departamento de Caldas, en jurisdicción de los municipios de Viterbo, Belalcázar y San José, (**Figura 14**). La formación La Paila Miembro inferior fue perforada hacia la parte norte de la subcuenca Cauca en el pozo “Slim Hole”:

POZO ANH-CAUCA-10-ST-P en el cual fueron descritos 109,90 pies de núcleos de roca del miembro Inferior, y 637,40 pies de núcleos de roca del miembro Superior. Se ubica en la vereda El Picacho del municipio de Tuluá (Valle del Cauca). A este punto se tiene acceso tomando un desvío desde la vía

panamericana hacia la salida de Tuluá que conduce al pueblo La Marina pasando por los caseríos La Riviera y El Picacho (**Figura 18**).

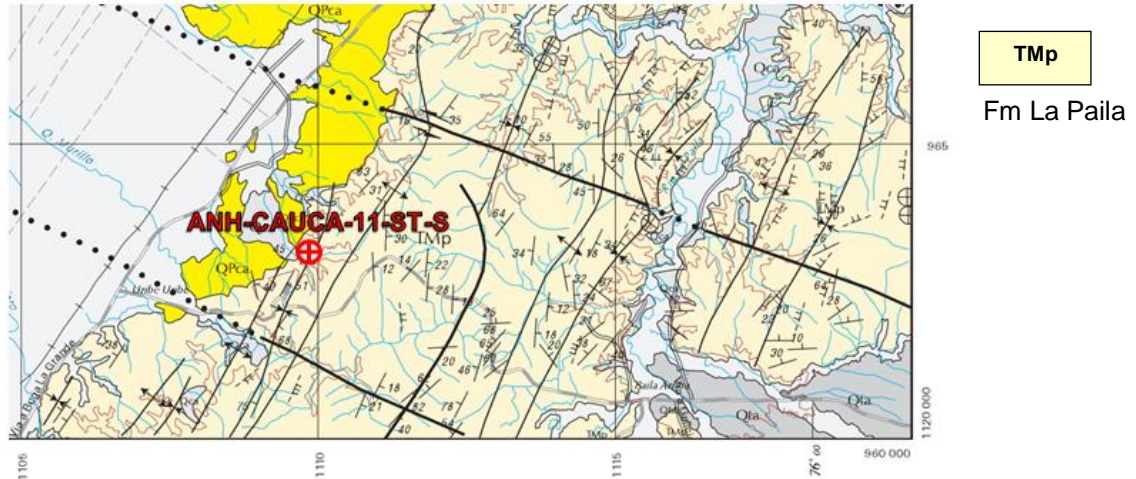
Figura 18. Mapa geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-10-ST-S



Tomado. Plancha geológica 261-Tuluá, ASPDEN, J.A. 1984.

POZO ANH-CAUCA-11-ST-P en el cual fueron descritos 844,86 pies de núcleos de roca del miembro Superior. Se ubica entre la vereda La Uribe al Norte del municipio de Bugalagrande, y Oeste del municipio de Sevilla, en un predio de la finca La Carelia en el departamento del Valle de Cauca (**Figura 19**).

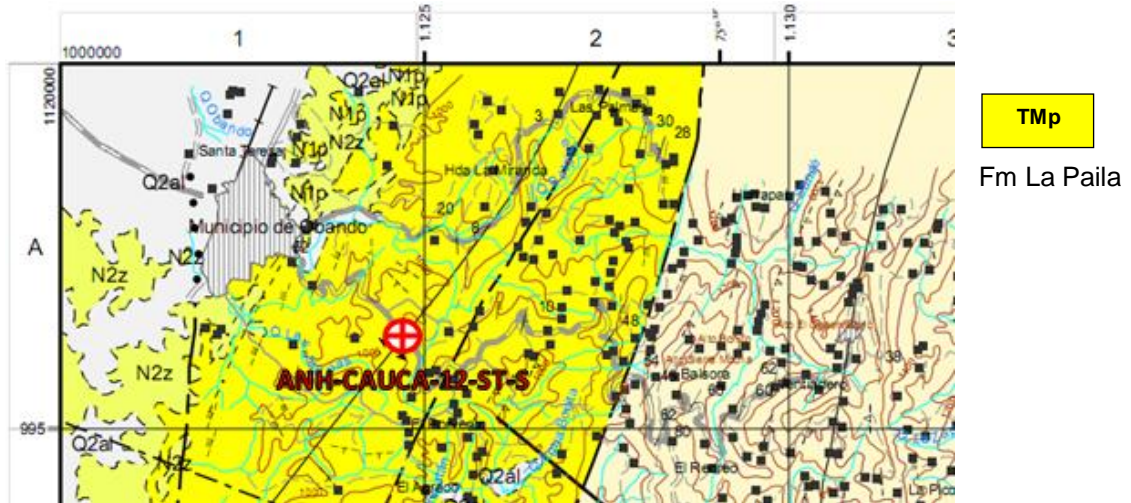
Figura 19. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-11-ST



Tomado. Plancha geológico 242-Zarzal; ASPDEN, J.A. 1984.

POZO ANH-CAUCA-12-ST-P en el cual fueron descritos 1.468,74 pies de núcleos de roca. Se encuentra en la vereda El Yucatán del municipio de Obando (Valle del Cauca), en el primer potrero de la Hacienda Agua Bonita Sobre la margen derecha de la carretera, a 4 Km de recorrido hacia el oriente contados desde el parque central del Municipio de Obando (**Figura 20**).

Figura 20. Mapa Geológico con localización del Pozo ANH-CAUCA-12-ST-S



Tomado. Plancha geológica 243-Armenia a escala 1:100.00 MCCOURT W. J, MOSQUERA, D. NIVIA, A. & NUÑEZ, A., 1984.

7.1.2. GEOMORFOLOGÍA DOMINANTE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS TIPO “SLIM HOLE”

7.1.2.1. GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp).

El área donde afloran rocas sedimentarias continentales de la Formación Cinta de Piedra en inmediaciones al municipio Obando, Valle del Cauca, presenta un relieve y geoformas de colinas de pendiente suave, donde se ven asociados fenómenos de remoción en masa y desgarres superficiales comunes en el sector por la poca consolidación del material. En general presenta drenajes de buena disección que forman valles en V (**Figura 21**).

Figura 21. Relieve predominante sobre la formación Cinta de Piedra, en las inmediaciones del Municipio Obando.



Hacia la parte norte de la subcuenca, en los alrededores del Municipio Cartago, hay una predominancia de zonas de llanuras de inundación donde la disposición del terreno es relativamente plana, es un área de adyacente al río La Vieja sujeta a inundaciones recurrentes y terrazas aluviales; está rodeada de montículos de topes planos y pendientes medias a suaves y laderas amplias (**Figuras 22, 23 y 24**).

Figura 22. Valle del Rio la Vieja, llanuras de Inundación



Figura 23. Llanuras de inundación y conos de deyección sobre la cuenca del río La Vieja



Figura 24. Sistema ondulado y de terrazas aluviales del río La Vieja



7.1.2.2. GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOf)

El área donde afloran rocas sedimentarias de la Formación Ferreira, en inmediaciones al municipio de Suarez, Cauca, presenta abundancia de terrazas aluviales generadas por el Río Cauca, presentando una baja inestabilidad por abanicos de escala menor que no afectaron las condiciones de la perforación, hacia la margen izquierda se observa un sistema lomas de baja pendiente entre unos 10° a 15° (**Figura 25**).

Figura 25. Sistema de lomas de pendientes medias a bajas y Terrazas aluviales



7.1.2.3. GEOMORFOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (TmP)

En el área donde afloran rocas sedimentarias continentales de la Formación La Paila, en inmediaciones del municipio de Tuluá, la disposición del terreno es relativamente plana, rodeada de montículos de topos planos y de poca altura con pendientes suaves y laderas rectas y planas (**Figuras 26 y 27**).

Figura 26. Montículos de topos planos con pendientes suaves, zona aledaña a Tuluá

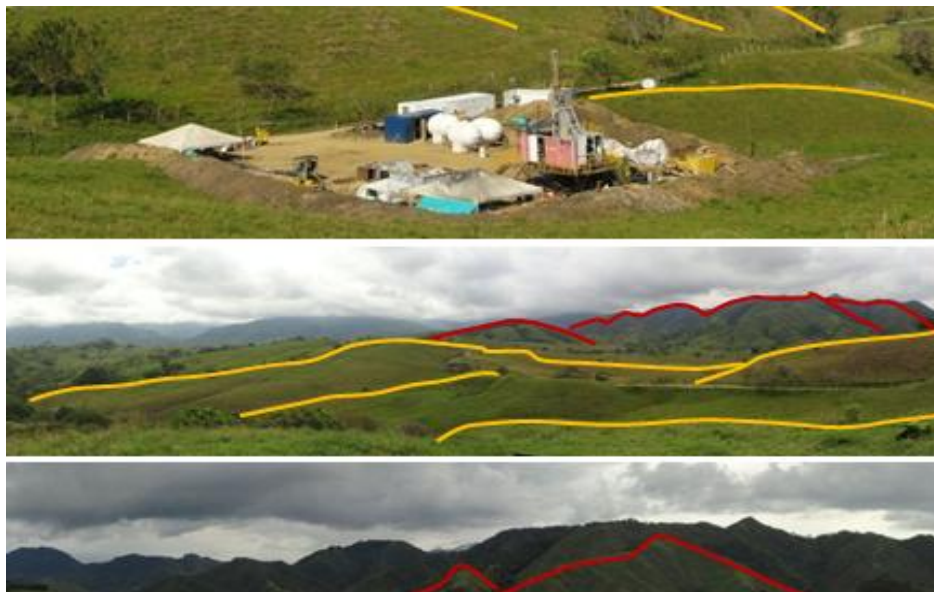
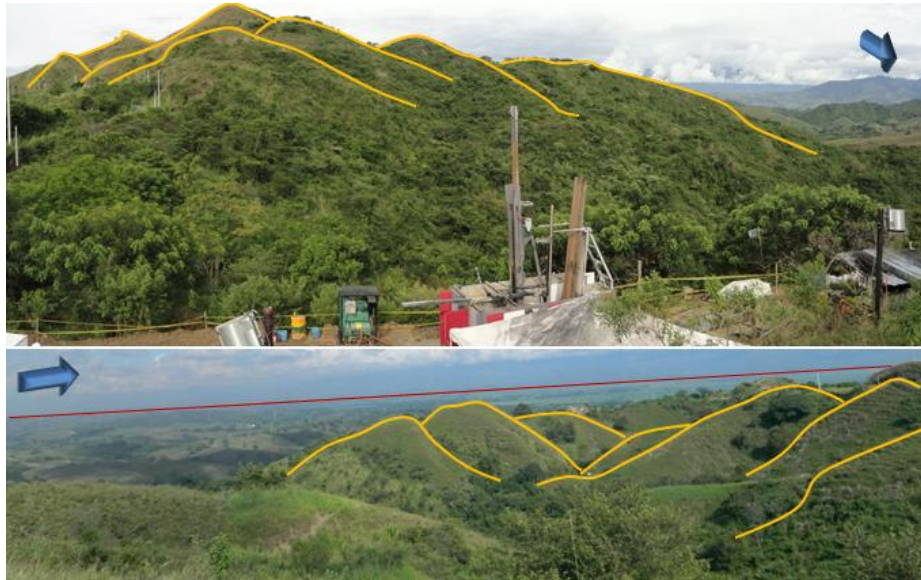


Figura 27. Montículos de topes planos con pendientes suaves, zona aledaña Bugalagrande



En los alrededores del municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca, el terreno se caracteriza por una serie de colinas y cerros menores con laderas de pendiente media a suave con crestas angulosas y rectilíneas (**Figura 28**), en general hay zonas inestables que son evidentes por los deslizamientos de los alrededores, los cuales involucran movimientos en masa de tipo traslacional, en cuña y hasta de volcamiento del macizo rocoso por la ladera, lo que obedece precisamente a la poca consolidación del material rocoso.

Figura 28. Cerros menores de pendiente media y crestas angulosas, Municipio Bugalagrande



7.1.3. DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRAFÍA DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS TIPO “SLIM HOLE”

A continuación se presenta una descripción a detalle de la litología encontrada por formación perforada, junto con el análisis facial realizado para cada uno de los pozos estratigráficos tipo “SLIM HOLE”.

7.1.3.1. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TO_{cp}) EN EL POZO ANH-CAUCA-32-ST-S

Esta unidad se encontró compuesta por rocas detríticas de pobre selección, composicionalmente varían desde areniscas líticas a paraconglomerados polimícticos interestratificadas con arcillolitas y lodolitas. Hacia el tope inicia la secuencia con materiales blandos tipo limo y arcillas de colores predominantemente pardos producto de la oxidación de minerales ferruginosos; masivas, friables, levemente permeables y presencia de nódulos calcáreos en baja proporción; las capas arenosas presentan tonalidades grisáceas claras, son masivas, compactas y porosas, compuestas por granos finos a muy finos de

cuarzo translúcido, líticos volcánicos y plagioclasas, ocasionalmente limolitas arenosas y areniscas lodosas, presentan laminación ondulosa paralela continua (**Figuras 29 y 30**).

Figura 29. Limolita arenosa con laminación ondulosa paralela continua, 315' de profundidad



Figura 30. Arenisca lodosa con laminación planoparalela continua, contenidos de material carbonoso, 347' de profundidad



Aumentando la profundidad se observan contactos gradacionales entre areniscas de color gris verdoso y conglomerados oligomícticos (**Figuras 31 y 32**).

Figura 31. Arenisca grano fino en contacto gradacional con conglomerado oligomíctico, 439' de profundidad



Figura 32. Arenisca de grano fino, 435' de profundidad



Los bancos arenosos están compuestos por granos de tamaño fino a medio de cuarzo translúcido a subtranslúcido, líticos volcánicos, líticos plutónicos (granitoide) y plagioclasas en menor proporción, es constante la aparición de

venillas milimétricas de calcita, yeso y restos centimétricos de material carbonoso. Los ortoconglomerados oligomícticos presentan en general coloraciones grisáceas, son muy compactos y están compuestos por gránulos y guijos de lodolitas gris verdosas, que presentan forma redondeadas a subredondeadas, alto contenido de cemento calcáreo; matriz compuesta por granos medios de cuarzo translúcido a subtranslúcido, líticos volcánicos, líticos plutónicos (granitoide) y plagioclasas en menor proporción. Seguido de las capas conglomeráticas se observa una secuencia homogénea de areniscas compactas con laminación planoparalela discontinua (**Figura 33**).

Figura 33. Arenisca de grano fino con laminación planoparalela, 663' de profundidad



Continúa la secuencia con materiales blandos como limos y arcillas, hacia los 697,49 pies de profundidad hasta 1.190 pies, se caracterizan por ser de composición homogénea, abigarradas con predominio de tonalidades gris rojizas, poco compactas, masivas, cerosas, moderadamente fracturadas y presencia de nódulos calcáreos y venillas milimétricas de yeso (**Figura 33**).

Figura 34. Arcillolita abigarrada con contenidos de material calcáreo y venillas de yeso, 1.010' de profundidad



Seguido se observan bancos de aproximadamente 90 pies de material arenoso de grano fino y bien seleccionado que se pone en contacto con paraconglomerados oligomícticos

compuestos por gránulos y guijos lodosos, de baja esfericidad; mala calibración, de cemento calcáreo, con presencia de líticos amorfos de color negro, y cuarzo (**Figura 34**).

Figura 35. Arenisca de grano fino gradando a paraconglomerado oligomíctico, 1.227' de profundidad



Y finalizando la secuencia perforada se observan arcillolitas de coloraciones pardas, con alto contenido de óxidos de hierro, presentan nódulos calcáreos y venillas de yeso (**Figura 36**).

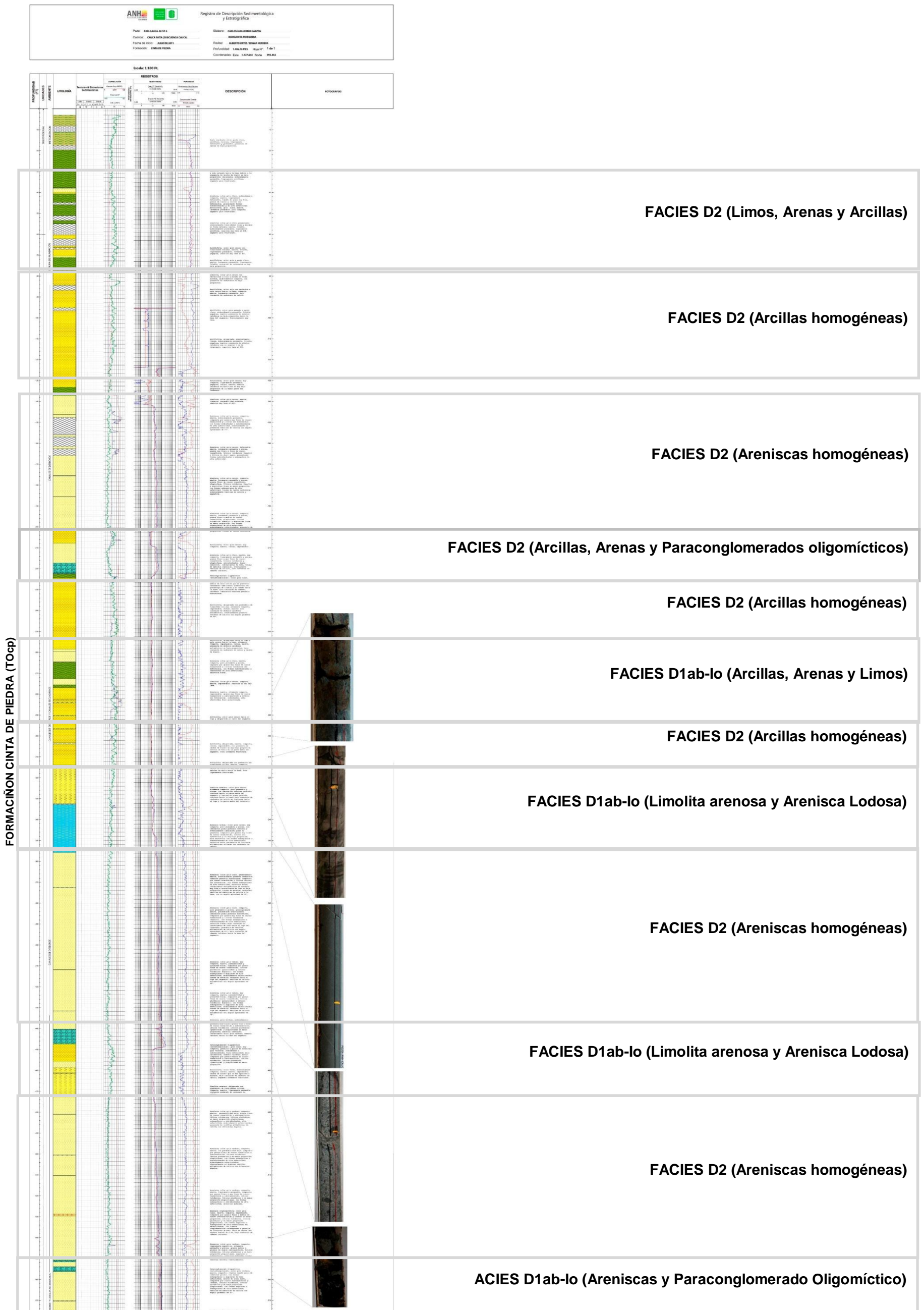
Figura 36. Arcillolita abigarrada, 1.333' de profundidad



7.1.3.2. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN EL POZO ANH-CAUCA-32-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-32-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 36**), y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 37. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-32-ST-S (ANEXO 2E-A)



FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp)

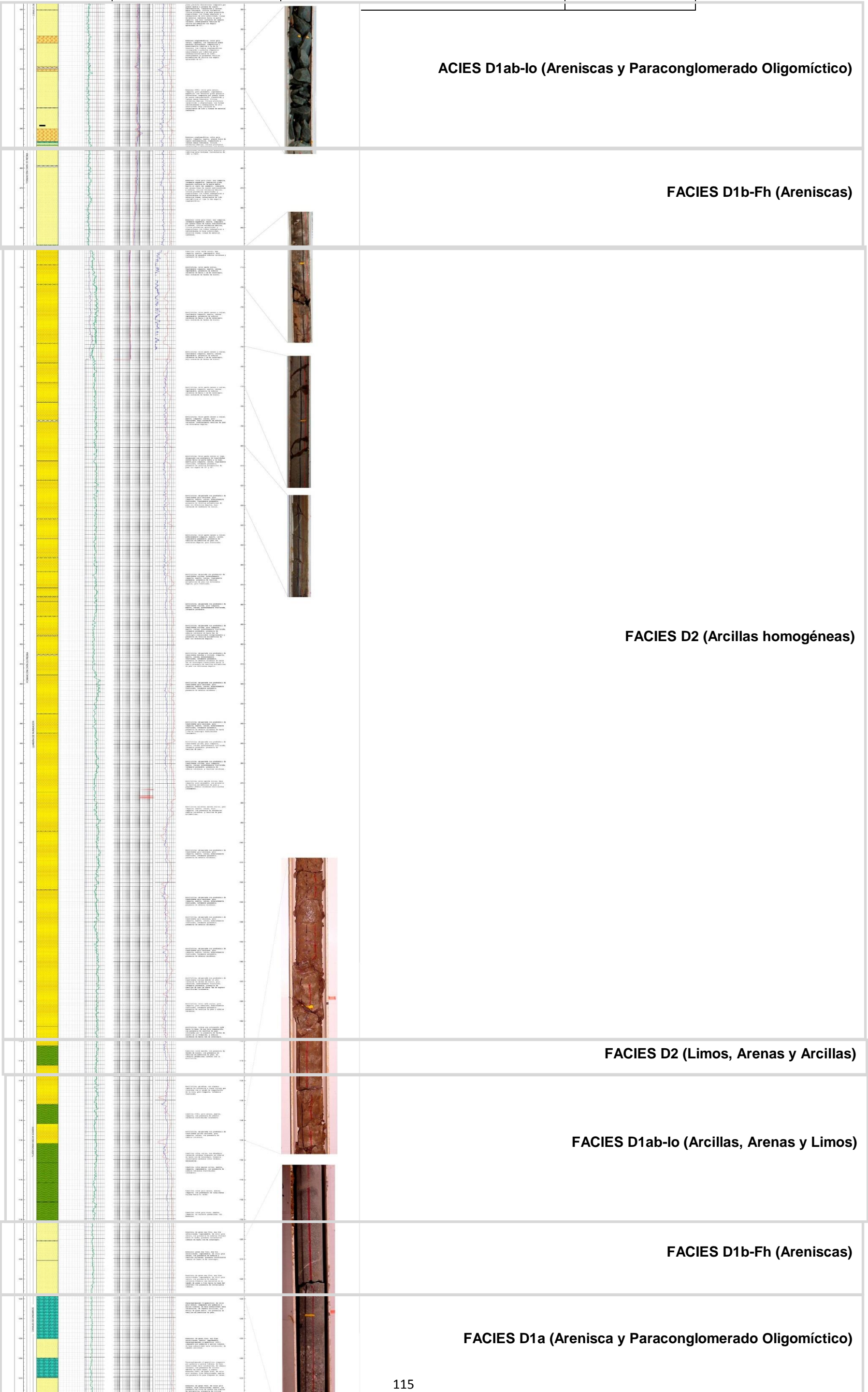
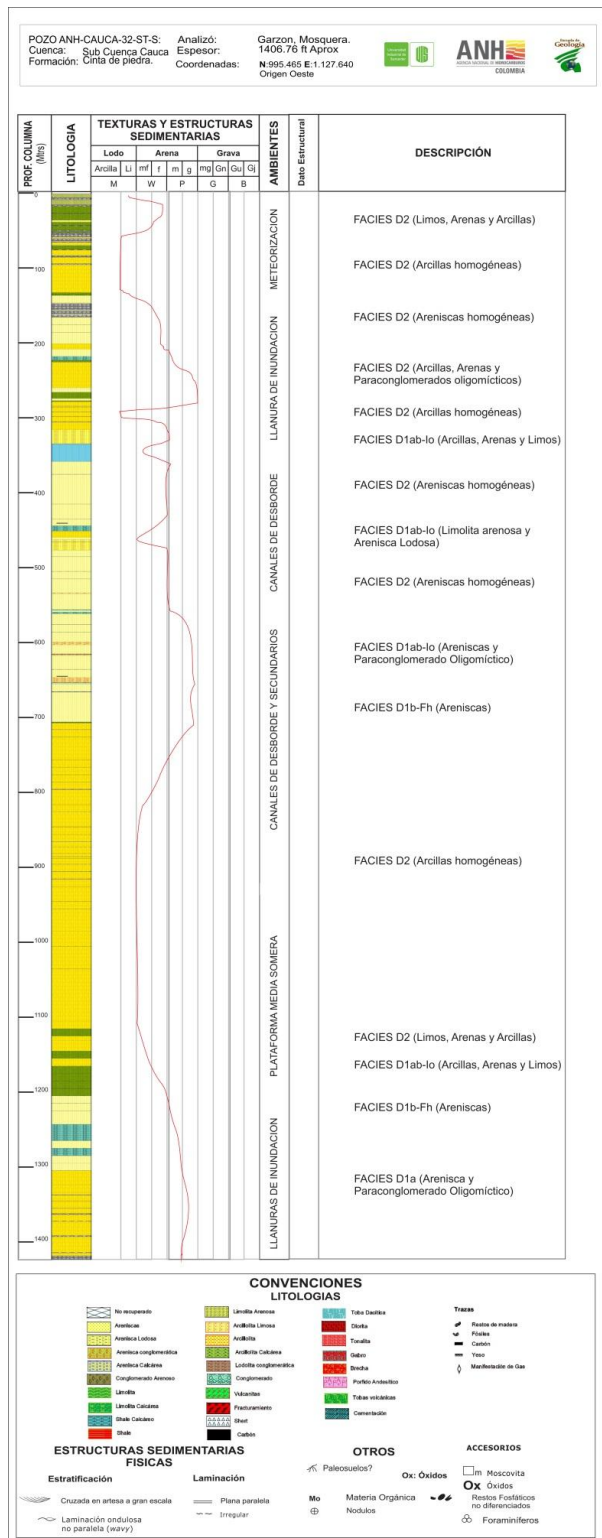


Figura 38. Columna generalizada para pozo ANH-CAUCA-32-ST-S (ANEXO 2E-C).

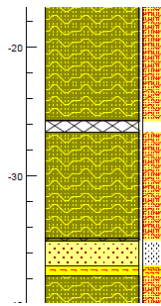
FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp)



A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación Cinta de Piedra en el pozo ANH-CAUCA-32-ST-S.

FACIES D2 (Limos, Arenas y Arcillas)

(Intervalo 23'- 40')

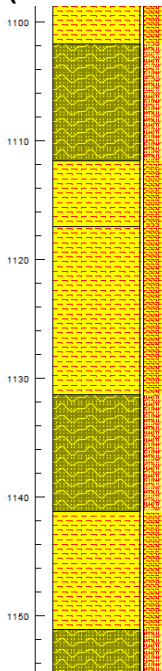


Banco espeso de Limolita de color gris claro, deleznable, moderadamente permeable, masiva, ligeramente arcillosa, se observa ocasionalmente Arcillolita de color gris clara, masiva, permeable, poco compacta y levemente fracturada y Arenisca de color gris claro, masiva, ligeramente deleznable, tamaño de grano muy fino, granos de cuarzo y líticos sin diferenciar, presentando

formas subredondeadas y de alta esfericidad, leve reacción al HCl.

FACIES D2 (Limos y Arcillas)

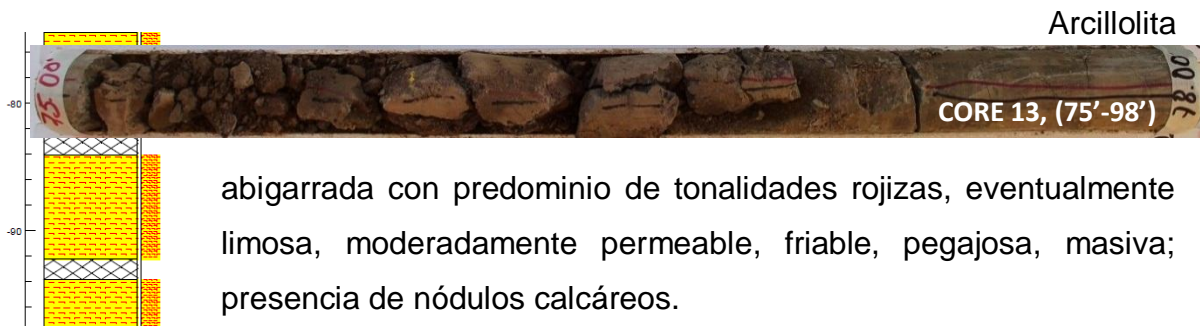
(Intervalo 1.100'- 1.169')



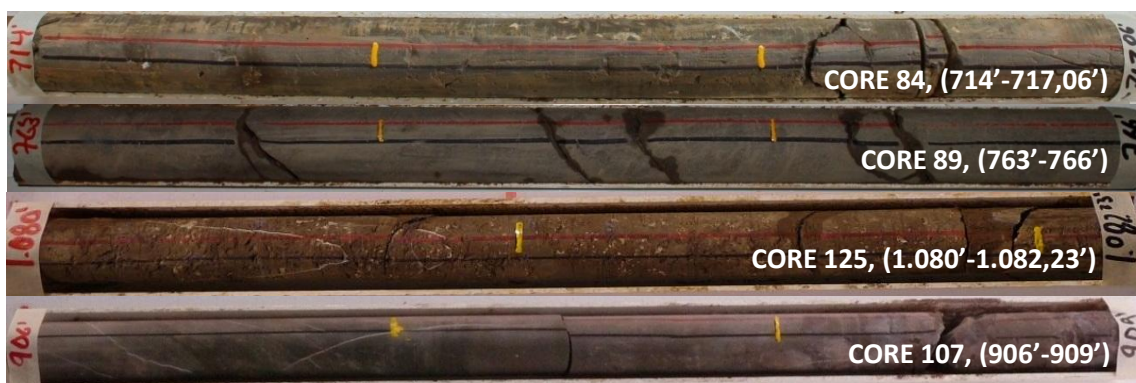
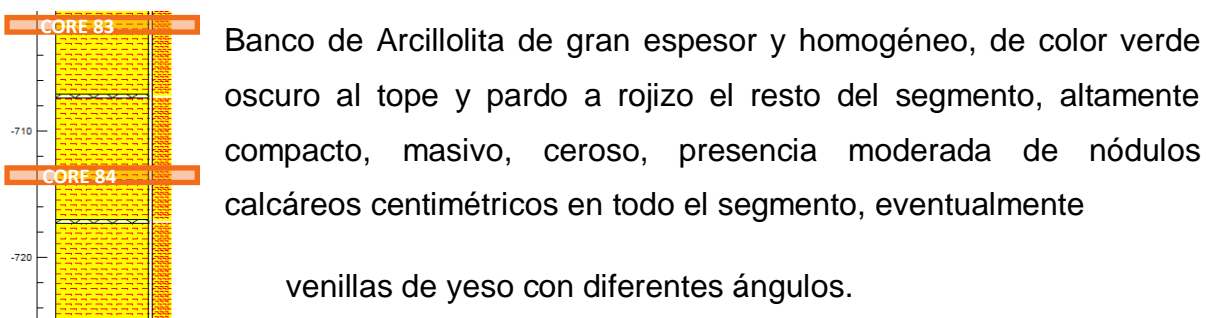
Intercalación de Limolita color marrón, con presencia de óxidos de hierro y venillas milimétricas de yeso, en contacto gradacional inverso con: Arcillolita abigarrada con predominio en las tonalidades marrón rojizas y grisáceas, con bajo contenido de óxidos ferrosos y presencia de nódulos calcáreos hacia la base, masiva, cerosa, moderadamente fracturada, levemente permeable, con Arcillolita color rojizo, poco compacta, masiva, cerosa, con presencia de nódulos calcares concentrados localmente de hasta 1cm de intercepto en contacto gradacional con Limolita gris oscura, masiva, compacta, con presencia de nódulos calcáreos distribuidos localmente.



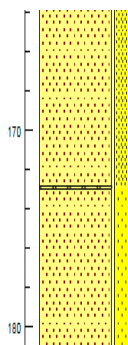
FACIES D2 (Arcillolitas homogéneas) (Intervalo 77' - 98')



FACIES D2 (Arcillolitas homogéneas)



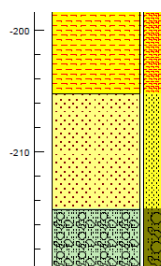
FACIES D1b-Fh (Areniscas homogéneas)



Banco de arenisca de color gris oscuro, compacta, masiva, levemente permeable y porosa, granos muy finos a finos de cuarzo translúcido, líticos volcánicos (basalto) y líticos de chert negro, presentando formas subredondeadas a subangulares; presencia de intraclastos de lodo; trazas de restos carbonosos; eventualmente venillas de calcita.



FACIES D1b-lo (Arcillas, Arenas y Paraconglomerados oligomícticos)



Secuencia granodecreciente, paraconglomerado oligomíctico (intraformacional) de color gris claro, masivo, compacto, poco permeable; compuesto por gránulos y guijos finos a medios de arcillolita que se presentan tenuemente imbricados, alto contenido de cemento calcáreo; laminación ondulosa paralela discontinua.

Arenisca masiva, muy compacta, ligeramente permeable y porosa, de granos finos a muy finos de cuarzo translúcido, líticos volcánicos y plagioclasa, subredondeados, buena selección; presencia de trazas de material carbonoso, eventualmente venillas de calcita, alto contenido de cemento calcáreo; Arcillolita abigarrada, moderadamente compacta, masiva, impermeable, ligeramente friable, con bajo contenido de carbonato de calcio.

- **Paraconglomerado oligomíctico**



- Arcillolita



- Arenisca

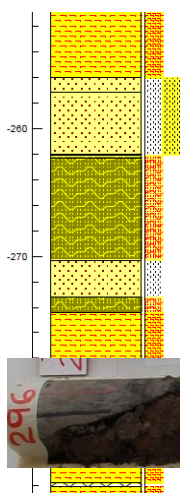


- Limolita arenosa



FACIES D1ab-lo (Arcillas, Arenas y Limos)
(Intervalo 250'- 299')

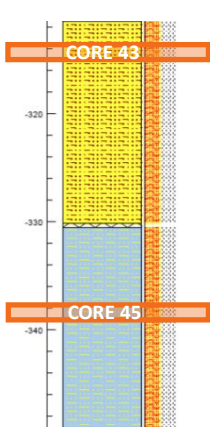
Banco de gran espesor de Arcillolita abigarrada, compacta, impermeable, cerosa, masiva; alto contenido de nódulos calcáreos, presenta venillas de calcita y óxidos



de hierro; intercalado con capas de Arenisca de color gris claro, masiva, compacta y porosa, granos muy finos de cuarzo translúcido y líticos volcánicos sin diferenciar, con formas subredondeadas a redondeadas; selección buena y Limolita de color gris oscuro, compacta, masiva, impermeable, reacción al HCl muy leve.



FACIES D1ab-lo (Limolita arenosa y Arenisca Lodosa)



Limolita arenosa de color gris oscuro, compacta, porosa, con laminación ondulosa paralela continua hacia la parte media del segmento y laminación plana paralela continua hacia la base; bajo contenido de carbonato de calcio en fracturas hacia el tope y la parte media del intervalo. Intercalada con arenisca lodosa color gris oscuro, muy compacta, porosa, con laminación plana paralela continua y eventualmente laminación plana no paralela; compuesta por granos muy finos de cuarzo translúcido, líticos sin diferenciar y

en muy baja proporción, mica moscovita; con formas subangulares a subredondeadas de alta esfericidad, selección mala; presencia de fracturas milimétricas rellenas con carbonato de calcio.

- **Limolita arenosa**

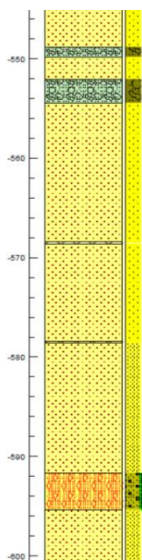


- **Arenisca lodosa**



FACIES D1ab-lo (Areniscas y Paraconglomerado Oligomóctico)

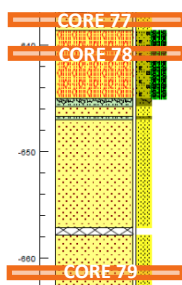
(Intervalo 550' - 594')



Banco de Arenisca de color gris verdoso, compacta, con laminación plana paralela discontinua, ligeramente magnética, permeable y porosa, compuesta por granos medios a gruesos de cuarzo subtranslúcido y lechoso en menor proporción, líticos volcánicos, líticos plutónicos y en baja proporción plagioclasas, con formas angulares a subangulares de alta esfericidad, selección moderada; trazas de material carbonoso al tope e intraclastos de lodo hacia la base en baja proporción, magnetismo leve; venillas milimétricas de calcita, ocasionalmente Paraconglomerado oligomóctico de color gris verdoso, masivo, compacto, clastos tamaño guijo de lodolitas grises, con formas subangulares a angulares de baja esfericidad, matriz de arena media.

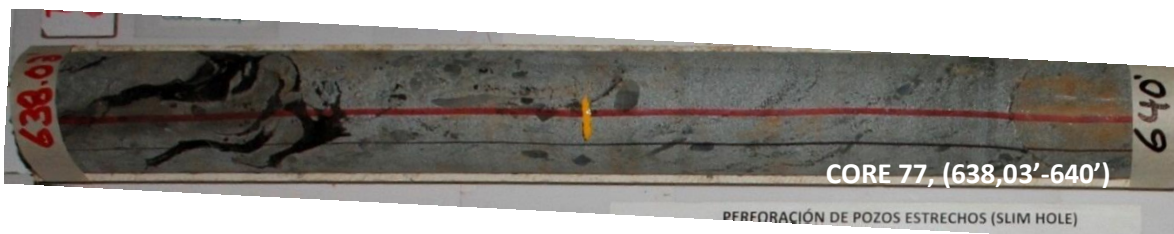
FACIES D1ab-lo (Areniscas y Paraconglomerado Oligomóctico)

(Intervalo 638' - 665')

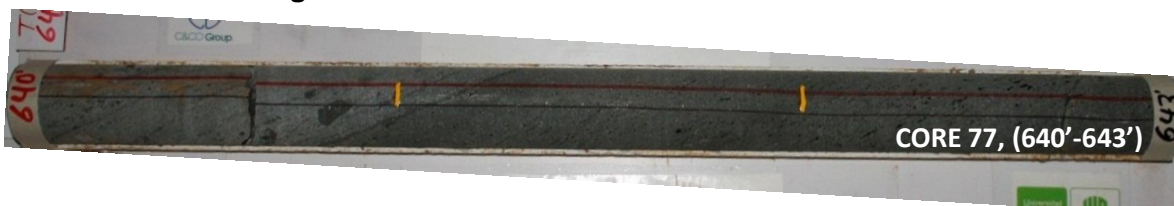


Banco de Arenisca de color gris oscuro, compacta, poco permeable, ligeramente magnética; con laminación plana paralela discontinua; trazas de material carbonoso en los planos de laminación, bajo contenido de intraclastos de lodo, Arenisca conglomerática con laminación plana paralela discontinua, los clastos corresponden a gránulos compuestos esencialmente por lodolitas gris verdosas(intraclastos de lodo), eventualmente se presentan venillas milimétricas de calcita

- Arenisca



- Arenisca Conglomerática

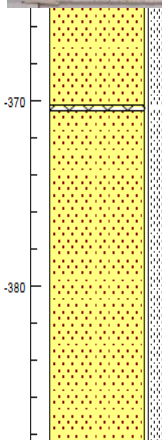


- Arenisca con laminación de material magnético



FACIES D1b-Fh (Areniscas)

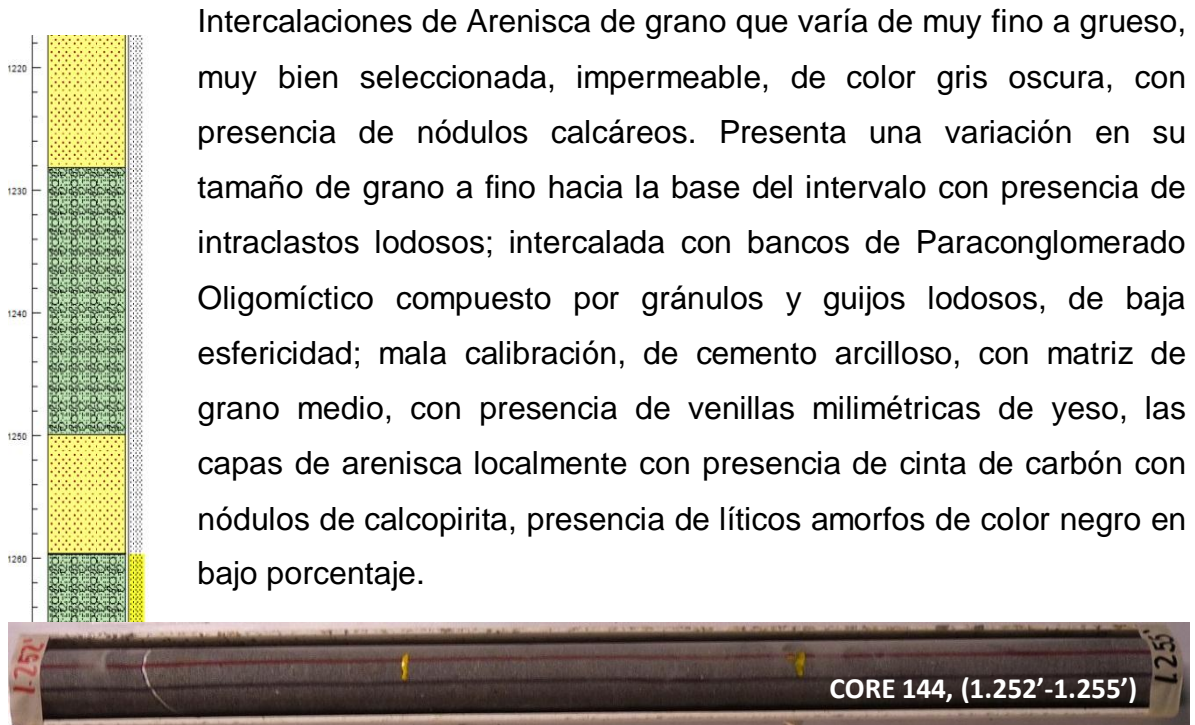
(Intervalo 660' - 690')



Banco de Arenisca color gris, compacta, ligeramente porosa, con laminación plana paralela discontinua, compuesta por granos muy finos de cuarzo translúcido y líticos volcánicos (basalto), con formas subangulares a subredondeadas, bien seleccionados; intraclastos de lodo alargados en baja proporción, eventualmente se presentan venillas milimétricas de calcita y contenido de material carbonoso en los planos de laminación.



FACIES D1a (Arenisca y Paraconglomerado Oligomítico) (Intervalo 1.218' - 1.255')



7.1.3.3. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-33-ST-S Y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1

En general la formación se caracteriza por presentar una alternancia de litológicas, Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Limolitas Arenosas y algunas Areniscas Conglomeráticas. A continuación se describen estas litologías con lo visto en los pozos ANH-CAUCA-33-ST-S y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1.

Las Arcillolitas se manifiestan de color castaño claro a castaño oscuro, algunas con estructuras moteadas de colores gris medio y morado. Esta es la litología de mayor ocurrencia en el intervalo corazonado. Son en su mayoría unas Arcillolitas muy compactas, consolidadas, poco solubles, siendo blocosas, cerosas,

impermeables y no plásticas, presentan oxidación por agentes ferruginosos por todo el intervalo corazonado que le otorga una tonalidad rojiza; se presentan planos de fracturas y micro-fractura en forma poligonal cerrada, irregular, los cuales están rellenos de yeso, y ocasionalmente hay evidencia de nódulos amorfos calcáreos (**Figuras 38 y 39**), y presencia micácea estas están intercaladas con Limolitas y areniscas.

Figura 39. Arcillolita con nódulos de carbonato, 909' de profundidad



Figura 40. Fracturas rellenas de yeso, 793' de profundidad



Las limolitas en general presentan colores que varían de castaño claro a oscuro, gris verdoso y con tonos rojizos otorgados por agentes de oxidación ferruginosa tienen en algunos casos estructuras moteadas con coloración morado y gris claro, son muy consolidadas, y muy compactas, e impermeables, presentan micro-fracturamiento de forma poligonal irregular cerrada (**Figura 41**), y en varias ocasiones grada localmente a arenisca de grano muy fino la cual presenta cemento calcáreo, y en otros casos hay intraclastos (**Figura 40**). En varias secciones hay ocurrencia de nódulos calcáreos amorfos. Este cuerpo limolítico es el segundo de mayor cantidad en el intervalo corazonado.

Figura 41. Limolita con nódulos de material carbonatado, 920' de profundidad



Figura 42. Limolita fracturada, 1.996' de profundidad



A lo largo del intervalo se presentan variaciones y ocasionalmente las limolitas presentan variaciones arenosas, de color gris verdoso con tonos rojizos producto de oxidación de hierro, en general es terrosa y presenta las mismas especificaciones de la limolita. Como una minoría, esta Limolita es parte del cuerpo limolítico del intervalo corazonado pero fue descrito y dividido como un cuerpo aparte para poder describir a detalle sus características.

Las capas de arenisca presentan matriz arcillosa con colores que van desde gris a pardo y gris claro a oscuro, estas areniscas presentan fragmentos micro-líticos de coloración oscura. En su mayoría estas areniscas son grano muy fino, presentando una geometría en su granulometría de tipo subredondeada a subangulares, son unas arenas muy consolidadas, homogéneas, grano soportadas, con buena selección, y mala porosidad visual, presentan óxidos de hierro, y nódulos amorfos calcáreos entre 2 mm a 40 mm sobre todo en los intervalos expuestos en la parte superior de la formación donde son muy constantes estas características. Sobre sus contactos se observa que se presentan de forma transicional, y en otras ocasiones se manifiesta un contacto basal e inclinado y ondulado, donde hay micro-fracturas rellenas de material calcáreo. Estas areniscas presentan una estratificación cruzada (**Figuras 42 y 43**), y son poco permeables, conservando la misma manifestación en todo el intervalo corazonado.

Figura 43. Arenisca con laminación cruzada, 1.612' de profundidad

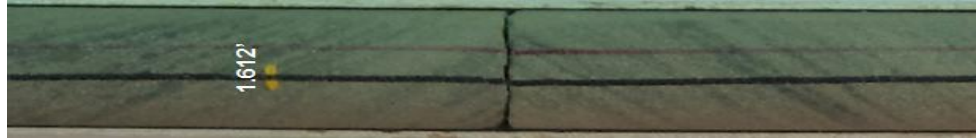


Figura 44. Arenisca con laminación ondulosa inclinada, 2.533' de profundidad



Hay un aumento considerable de la granulometría de las areniscas, hasta llegar a Arenisca Conglomerática (**Figura 44**) de color gris y parda compacta, compuesta por granos finos de cuarzo subtranslúcidos y lechosos, con presencia de líticos posiblemente volcánicos básicos, líticos plutónicos y plagioclasas; con formas subangulares a subredondeadas de baja esfericidad. Esta arenisca conglomerática hace parte del cuerpo arenáceo de la formación pero se clasifico como una litología diferente aunque su cantidad en el intervalo corazonado sea muy pequeña.

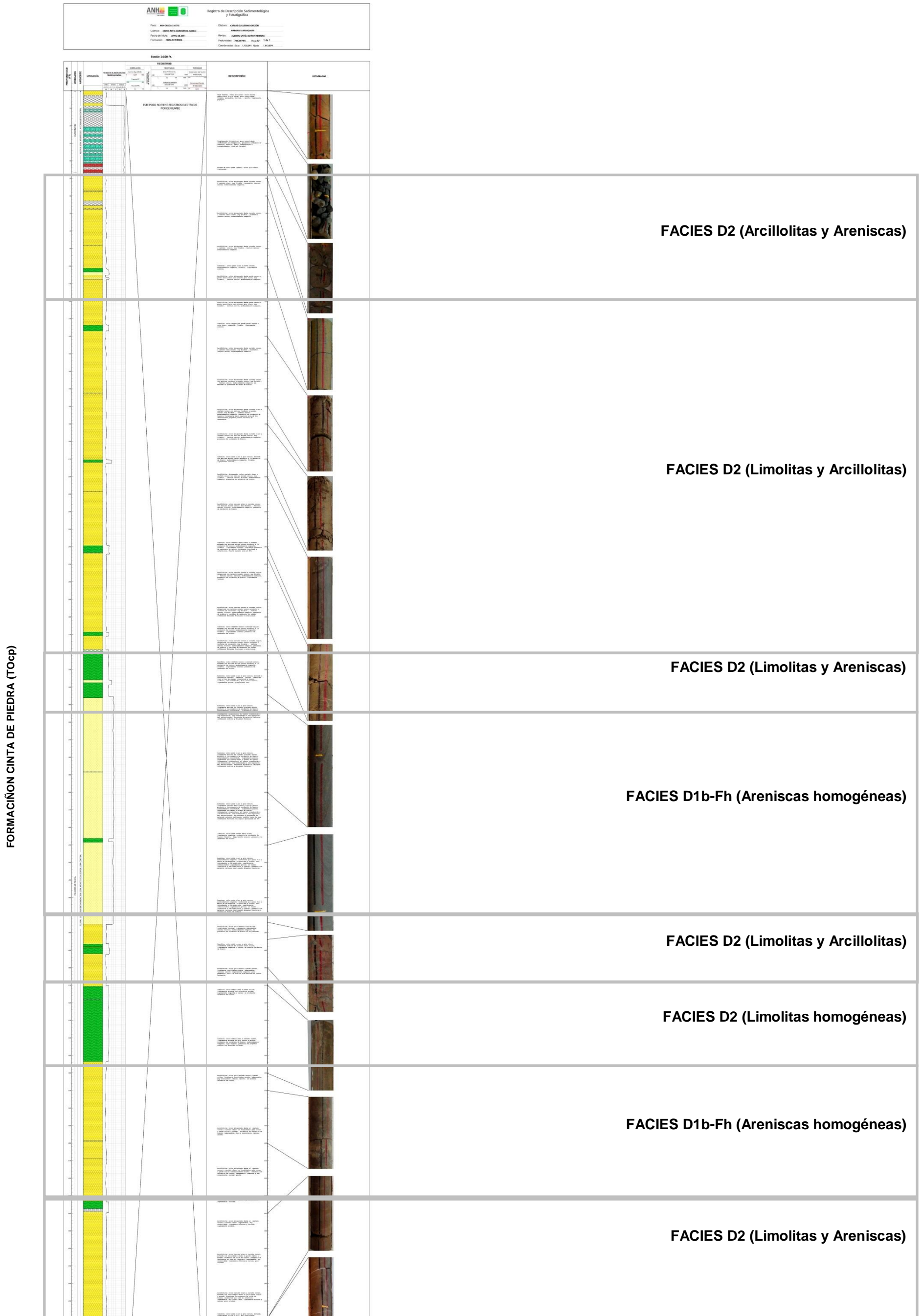
Figura 45. Arenisca conglomerática con laminación inclinada, 1.166' de profundidad



7.1.3.4. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TO_{cp}) EN EL POZO ANH-CAUCA-33-ST-S Y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1

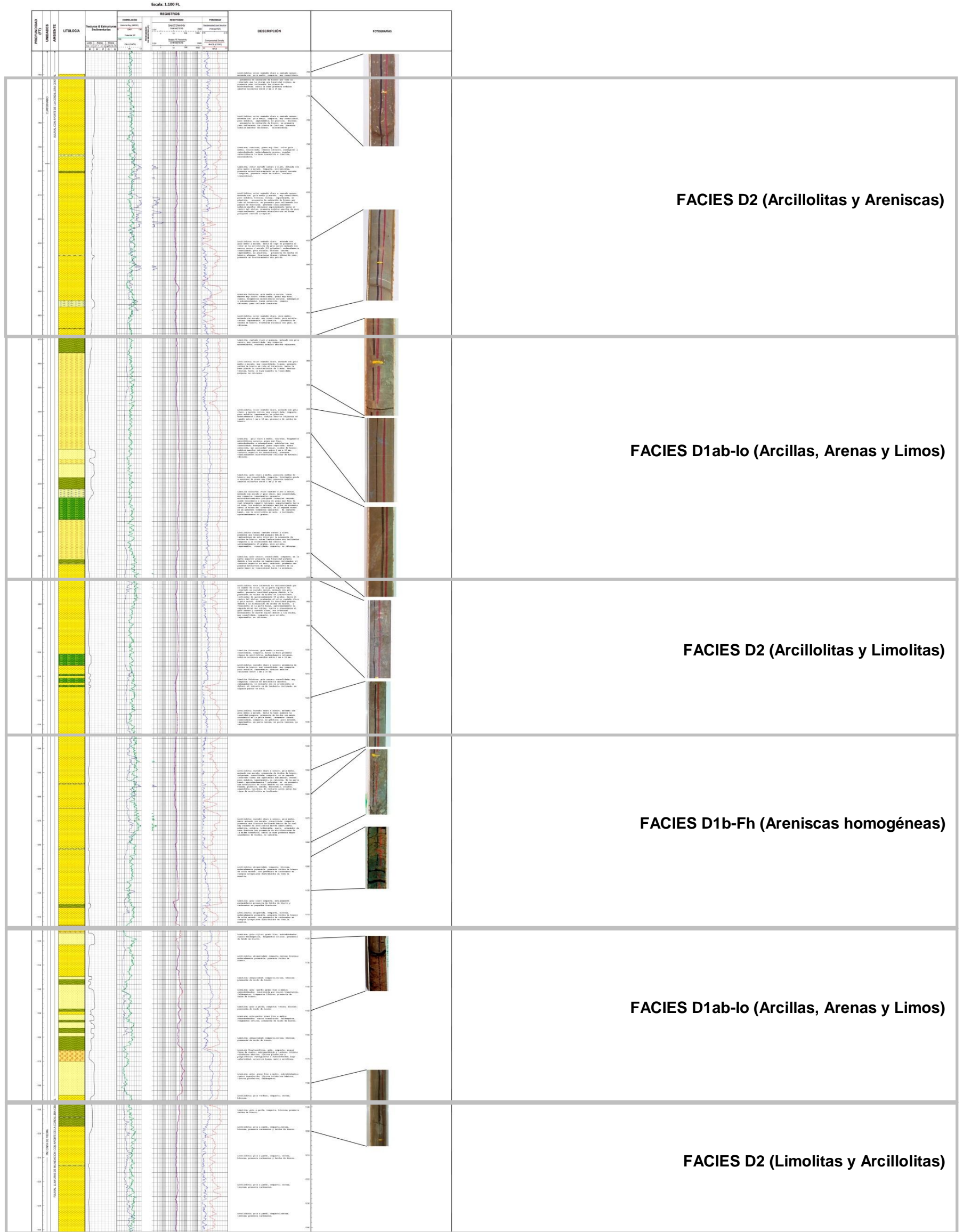
Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-33-ST-S y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1 (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 45**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 46. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-33-ST-S



Registro de Descripción Sedimentológica y Estratigráfica

Pozo: ANH-CUCA 33 ST 6 TWIN 1 Equipo: CAROL GUILLERMO GARZÓN
 Cliente: CAUCA HERRERA SUCURSAL CAUCHI Muestreo: HERRERA
 Fecha de Inicio: 01/04/2012 Revisó: ALBERTO GÓMEZ EDWARDS HERRERA
 Formación: CINTA DE PIEDRA Profundidad: 3049.25 PIES Hoja N°: 1 DE 1
 Coordenadas: Este: 1.193.347 Norte: 1.013.293



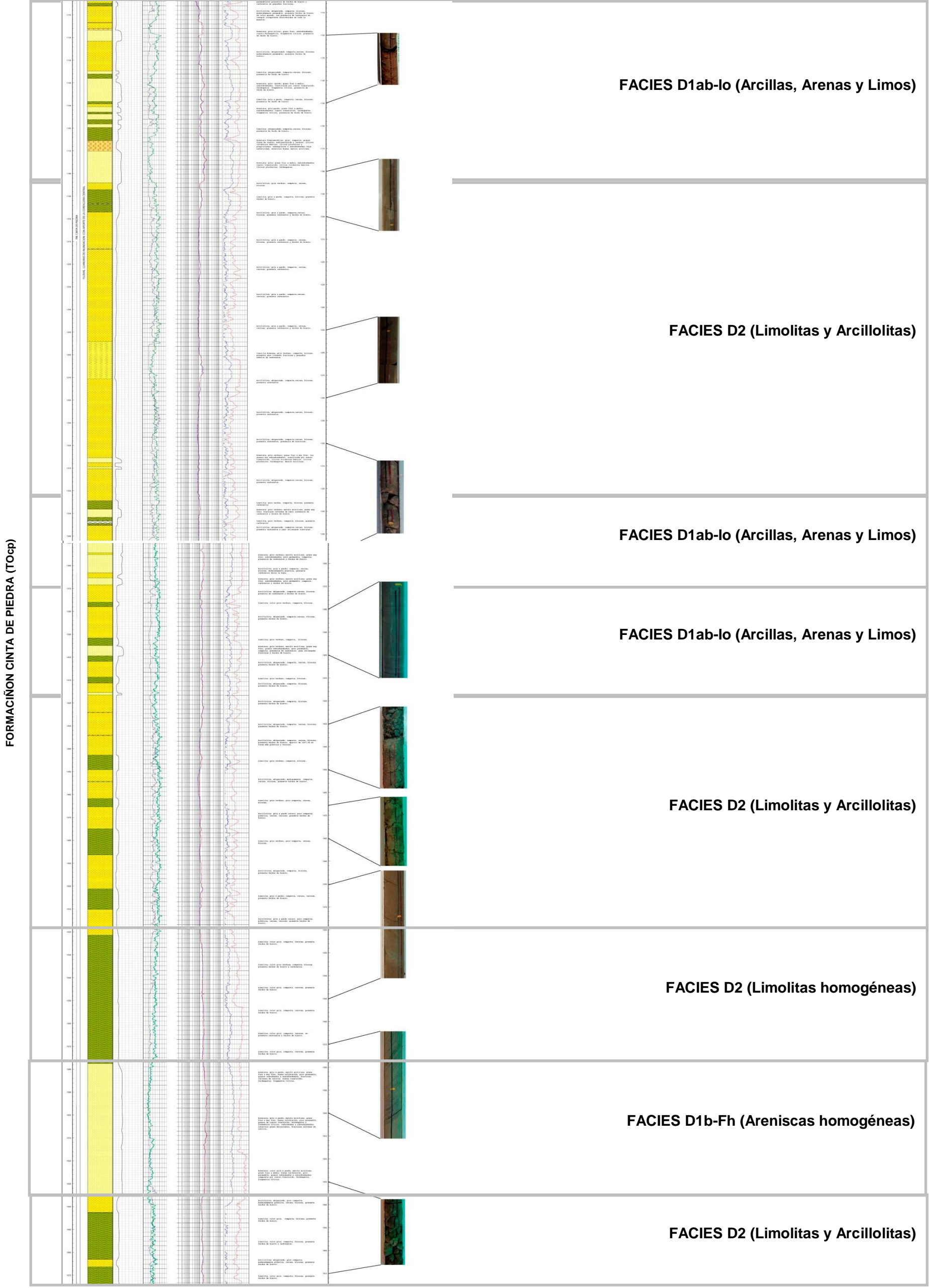
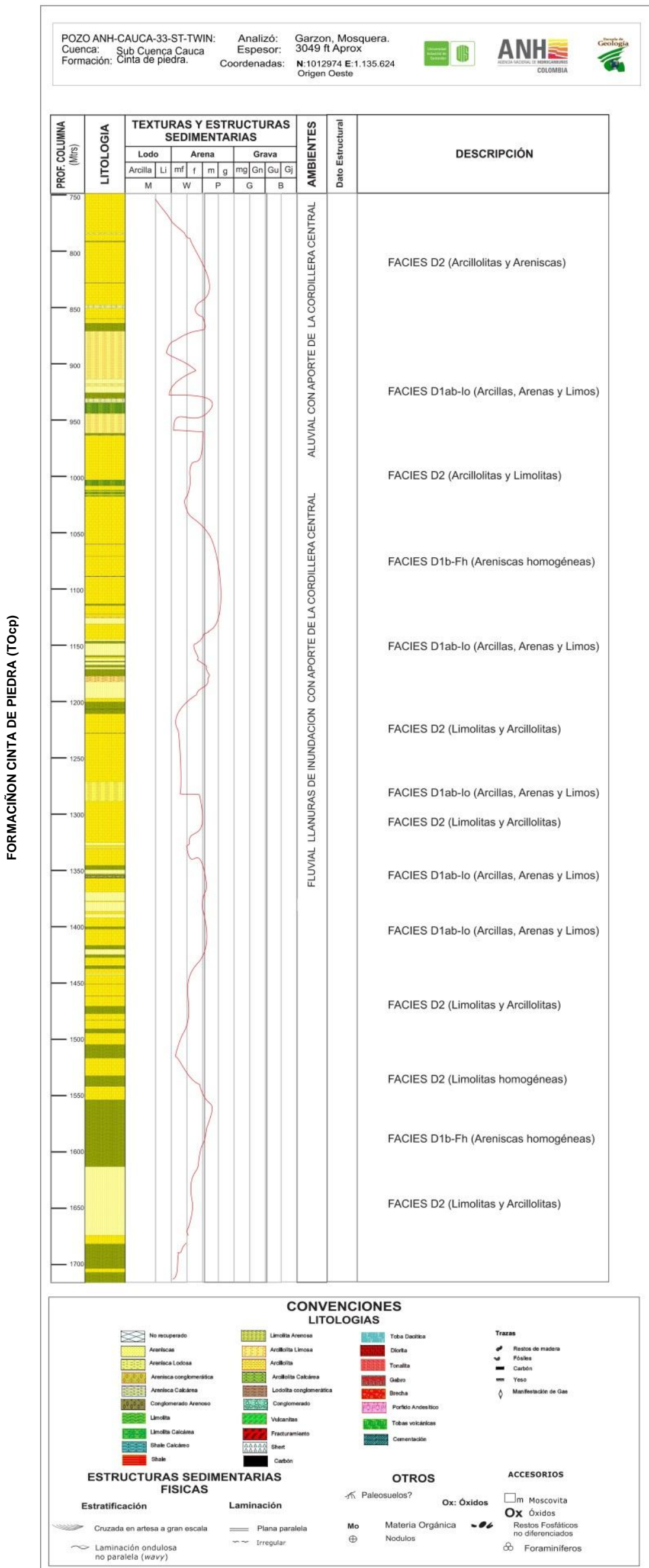


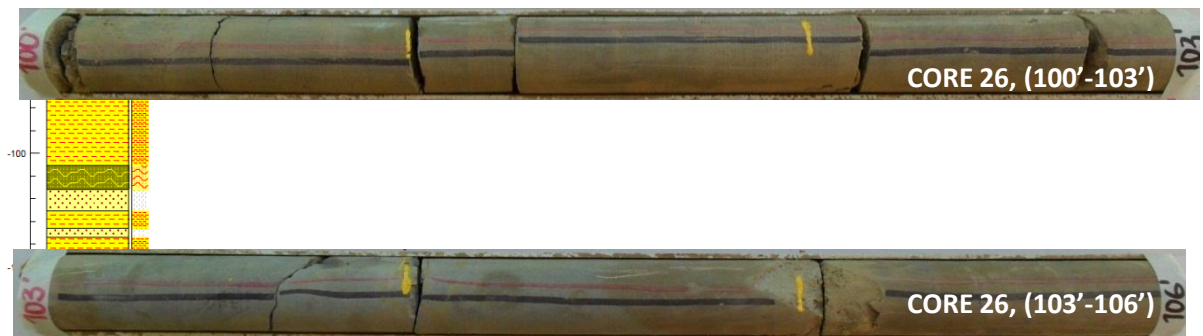
Figura 47. Columna generalizada para pozo ANH-CAUCA-33-ST-S y 33TWIN-1



A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación Cinta de Piedra en el pozo ANH-CAUCA-33-ST-S y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1.

**FACIES D2 (Arcillolitas y Areniscas)
(Intervalo 47,73'- 120').**

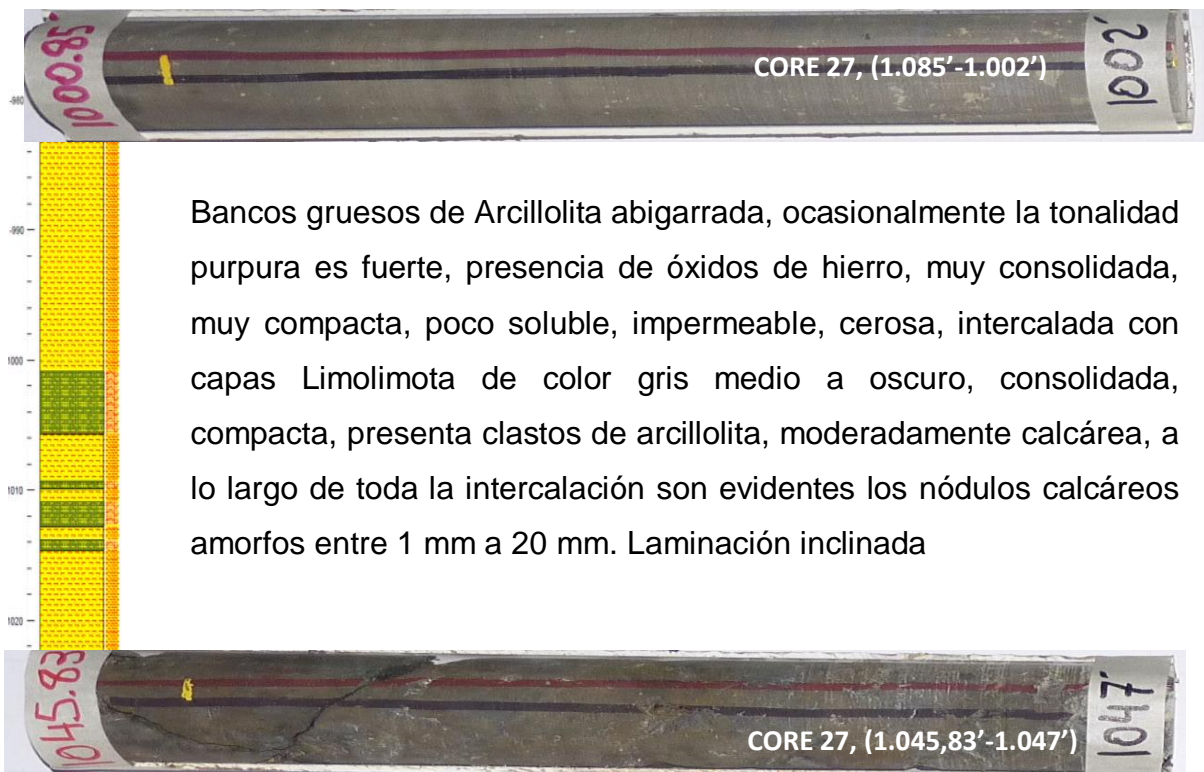
Banco arcilloso, se caracteriza estar compuesto por arcillolitas abigarradas desde tonos castaño oscuro a castaño claro, friables, permeable y de textura cerosa, presencia de material calcáreo como nódulos.



Se intercalan capas de Limolita de color gris claro a pardo oscura; moderadamente compacta, friable, ligeramente arenosa, y capas de Arenisca de color gris verdosa; moderadamente consolidada, porosa, de grano muy fino a fino de cuarzo translucido y lechosos, subredondeados, ligeramente seleccionados; abundan los máficos, plagioclasa, etc.

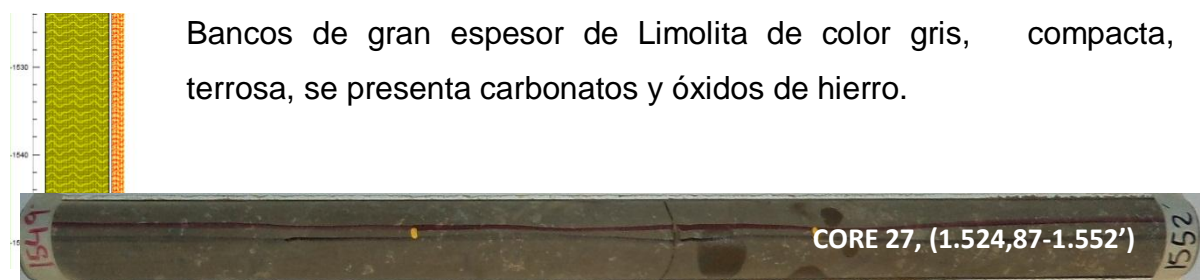
FACIES D2 (Arcillolitas y Limolitas)

(Intervalo 1.000,87' - 1.047').



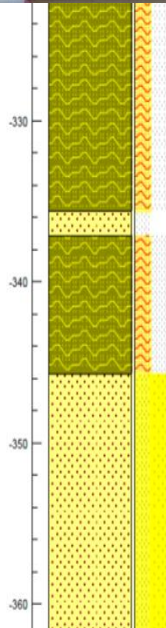
FACIES D2 (Limolitas homogéneas)

(Intervalo 1.524,87' - 1.552')



FACIES D2 (Limolitas y Areniscas)

(Intervalo 319,25' - 364')



Se presentan bancos gruesos de Limolita de color castaño oscuro a castaño rojizo, moteada con matices morado oscuro producto de la oxidación de minerales de hierro; moderadamente compacta, friable, ligeramente arenosa; presenta nódulos de carbonato de calcio, intercaladas con Arenisca de color gris claro a gris oscuro a castaño; compacta, porosa, grano muy fino a fino, cristales de cuarzo translucido y lechosos, plagioclasa, feldespatos, subredondeados, bien seleccionados; ligeramente porosa, presencia de material calcáreo relleno de nódulos y delgadas fracturas.



FACIES D1b-Fh (Areniscas homogéneas)

(Intervalo 408' - 446,96')

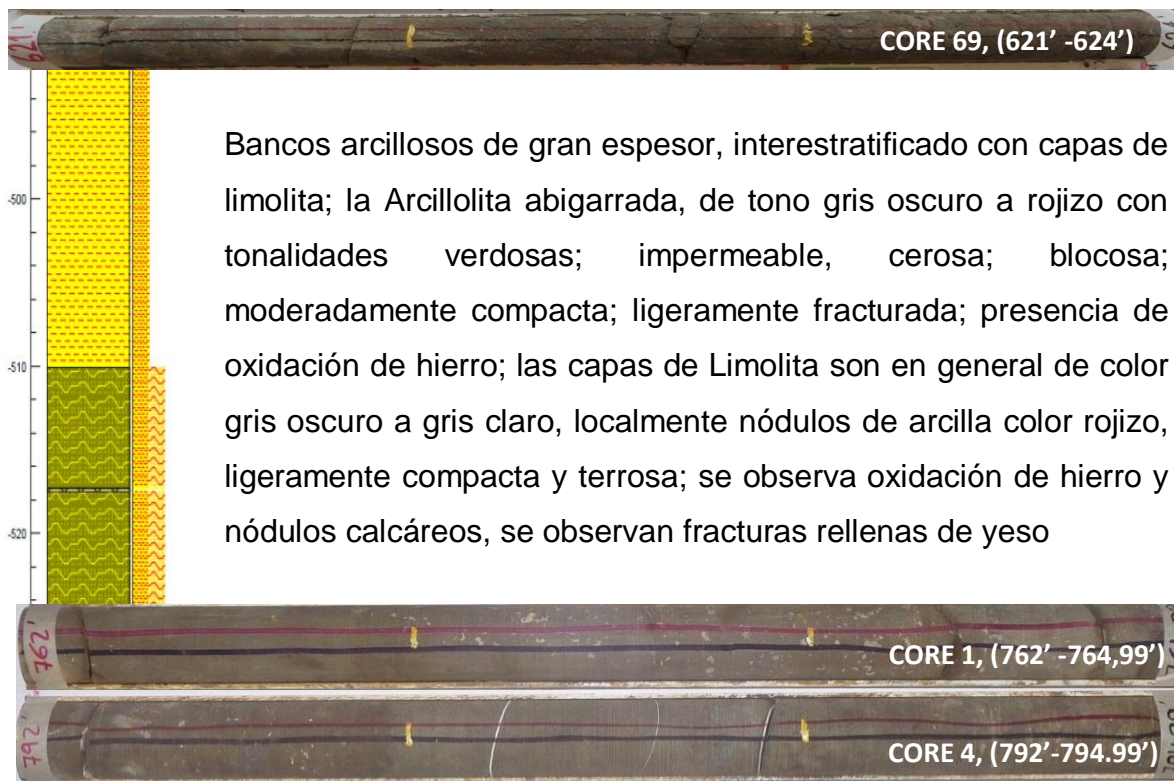


Bancos arenosos de gran potencia de color gris claro a gris oscuro, moderadamente compacta; conformada por grano fino a medio de feldespatos, plagioclasa y cuarzo; sub-redondeados a sub-angulares, regularmente seleccionados; ligeramente porosa; el cuarzo traslucido a sub-traslucido a lechoso; presencia de material calcáreo rellenando delgadas fracturas y arcilla en forma de nódulos. Se observa laminación ondulosa paralela.

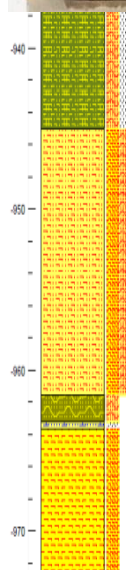


FACIES D2 (Limos y Arcillas)

(Intervalo 490' - 795')



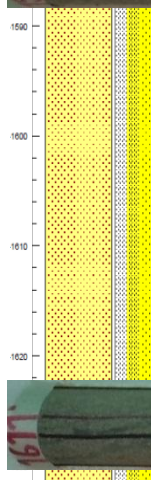
FACIES D1ab-lo (Arcillas, Arenas y Limos) (Intervalo 930' - 970')



Intercalación de Arenisca de grano muy fino, color gris claro, cuarzosa, fragmentos micro-líticos oscuros, grano muy fino, subredondeados a subangulares, subesféricos, muy consolidada, homogénea, grano soportada, buena selección, presenta óxidos de hierro y nódulos amorfos calcáreos intercalada y en contacto gradacional con Limolita grisácea, muy consolidada, compacta, presenta micro-fracturamiento irregular, en contacto neto con Arcillolita abigarrada, bien consolidada e impermeable.

FACIES D1b-Fh (Areniscas homogéneas)

(Intervalo 1.592' - 1.614')



Bancos espesos de Arenisca de color gris a pardo, matriz arcillosa, grano fino a muy fino, buena selección, poco permeable, granos redondeados a subredondeados, carácter granodecreciente, presenta fracturas rellenas de calcita, compuesta por cuarzo traslucido, feldespatos, fragmentos líticos. Laminación inclinada paralela.



7.1.3.5. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (TOcp)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies constituidas por intercalaciones limos, arenas y arcillas, (FACIES D2 (Llanuras de inundación), FACIES D1b (Canales de desborde) y FACIES D1a (Canales secundarios)) se infiere que los sedimentos se depositaron en un ambiente de canales trenzados sinuosos, distributarios en zonas pantanosas y llanuras deltaicas.

7.1.3.6. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN FERREIRA (MBRO. CABRERA) (TOf)

La formación Ferreira en su Mbro. Cabrera está conformada litológicamente por una secuencia de conglomerados, areniscas, limolitas y lodolitas las cuales presentan características específicas variadas a lo largo de toda la perforación

tales como fracturas o contenido de material calcáreo A continuación se describe la litología según lo visto en el pozo ANH-CAUCA-17-ST-S.

Los conglomerados se caracterizan por presentar variaciones tanto composicionales como texturales a lo largo de todo el intervalo perforado, los Paraconglomerados Polimícticos caracterizados por su color gris verdoso, deleznable, masivos, compuestos por guijarros pequeños de chert gris, chert negro y andesita, presentando formas angulares a subredondeadas de baja esfericidad, la matriz es esencialmente arcillosa y presenta óxidos de hierro en cantidad moderada (**Figura 46**). Hacia la base hay un cambio textural considerable reflejado en la variación granulométrica, en general se componen de gránulos y guijos finos de cuarzo y lodolitas verdes y su matriz es arenosa de composición similar a la de los clastos (**Figura 47**).

Figura 48. Paraconglomerados Polimícticos con evidentes cambios texturales, 57' de profundidad



Figura 49. Conglomerado polimíctico, 77' de profundidad



Los ortoconglomerados polimícticos caracterizados por su color verde oscuro, masivo, deleznable, poroso, compuesto por gránulos de lodolitas verdes, cuarzo subtranslúcido y chert gris, con formas angulares a subangulares de baja

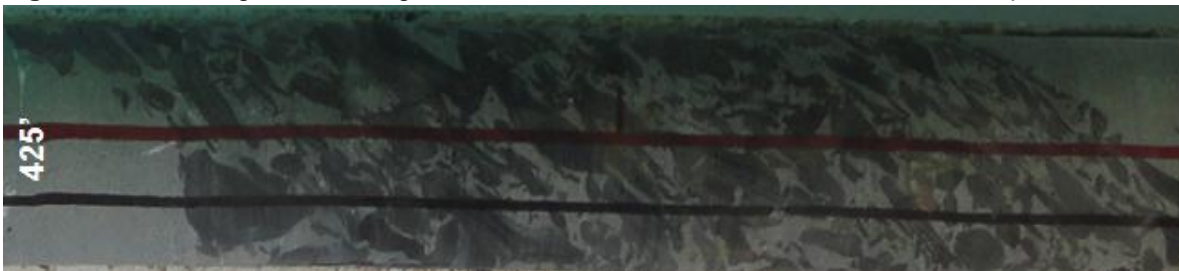
esfericidad, matriz areno-lodosa de composición similar a la de los clastos (**Figura 49**).

Figura 50. Ortoconglomerado Polimíctico, gránulos de lodolitas, cuarzo y chert, a 82,20' de profundidad



Se observa también la presencia de paraconglomerados oligomícticos intraformacionales característicos por los clastos de lodolitas grises oscuras (intraclastos de lodo (**Figura 46**)) en su totalidad, matriz de arena fina, y su reacción leve por el contenido calcáreo.

Figura 51. Paraconglomerado oligomíctico intraformacional, clastos de lodo, 425' de profundidad



Las capas arenosas tienen características similares a lo largo del intervalo, su coloración gris clara a parda clara debido a la oxidación; presenta laminación plana paralela continua y discontinua, compacta, ligeramente permeable y compuesta por granos muy finos de cuarzo lechoso, líticos sin diferenciar y mica moscovita en menor proporción, hay formas subangulares a subredondeadas de baja esfericidad y selección moderada (**Figura 50**); ocasionalmente presenta intercalaciones de láminas finas de arcillolita en un porcentaje menor del 5%, de coloración gris verdoso a negro con laminación plana paralela continua y discontinua, cerosa.

Figura 52. Arenisca con laminación paralela continua, 169' de profundidad



Aumentando la profundidad las tonalidades de las capas arenosas varían de coloración a gris claro con laminación ondulosa a plana paralela continua definidas por láminas de arcillolita y arenisca lodosa, moderadamente compactada y ligeramente permeable (Figura 52).

Figura 53. Arenisca con laminación ondulosa, 182' de profundidad



Ocasionalmente se observan variaciones de las areniscas con una disminución sustancial en la granulometría hasta arenisca lodosa de coloración gris claro verdoso hacia el tope (**Figura 53**) y pardo claro hacia la base, masiva, moderadamente compacta, ligeramente permeable y porosa, compuesta por granos muy finos hasta gruesos de cuarzo lechoso, anfíbol, chert gris, plagioclasa y líticas sin diferenciar, con formas angulares a subangulares de alta esfericidad, hacia la base el contenido de óxidos de hierro sobre las fracturas es alto. Es evidente la laminación plano paralela al tope del intervalo.

Figura 54. Arenisca lodosa color gris verdoso, 128' de profundidad



Hacia la base es predominante el carácter calcáreo de la formación, se observan areniscas calcáreas con intercalaciones de limolita calcárea y arcillolita calcárea en menor porcentaje. Las areniscas calcáreas presentan una coloración gris claro y gris oscuro con estructura masiva poco compactada levemente permeable y porosa, compuesta por granos finos de cuarzo lechoso y subtranslúcido, con presencia de líticas sin diferenciar y eventualmente mica moscovita, con formas redondeadas a subredondeadas de alta esfericidad, selección moderada a mala, se encuentran con poca frecuencia venillas milimétricas de calcita. Se presenta laminación ondulosa paralela discontinua y plana paralela continua definida por

material arcilloso, matriz lodosa. Estratificación lenticular definida por dos litologías (arenisca calcárea y limolita calcárea). Las dos litologías intercaladas (arenisca calcárea y limolita calcárea) definen estratificación lenticular hacia el tope (**Figura 54**) y estratificación ondulada hacia la base y eventualmente estratificación flaser.

Ocasionalmente la arenisca es ligeramente arcillosa con laminación paralela planar, compuesta por granos muy finos de cuarzo y presencia de intraclastos de lodo hacia la parte media y basal. Estas características se pueden observar a una profundidad de 559,47 (ft).

Figura 55. Arenisca calcárea con estratificación lenticular, 559,47' de profundidad.



Ocasionalmente arenisca lodosa calcárea (**Figura 55**) intercalada con limolita arenosa calcárea y limolita calcárea. Presenta una coloración gris claro, es compacta, ligeramente permeable y principalmente masiva, tiene laminación ondulosa no paralela discontinua, compuesta por granos muy finos a finos de cuarzo subtranslúcido, fragmentos líticos sin diferenciar y plagioclasa en muy baja proporción, con formas subangulares a subredondeadas de alta esfericidad y con selección moderada a mala.

Figura 56. Arenisca lodosa calcárea, 736,81' de profundidad



Las capas limosas son en general de poco espesor presentando un color gris oscuro con estructura masiva, deleznable, levemente permeable y con muy bajo contenido de óxidos de hierro (**Figura 56**). Presentan variación textural por un aumento de granulometría como limolita arenosa intercalado con arenisca. Esta limolita de coloración gris oscuro a gris verdoso, impermeable, con laminación plana paralela discontinua y laminación ondulosa no paralela discontinua, moderadamente compactada.

Figura 57. Limolita arenosa color gris oscuro, 186,86' de profundidad



Como es común el carácter calcáreo de la formación las capas de **limolita calcárea** intercalada con Arenisca calcárea y arcillolita calcárea, tiene una coloración gris verdoso con estructura masiva, compacta e impermeable. Eventualmente se pueden distinguir venillas milimétricas de calcita. Hay presencia de estrías de falla y posee una laminación tanto plana paralela discontinua como evidencia laminación ondulosa no paralela discontinua con textura cerosa. Es levemente bioturbado (**Figura 56**) con laminación lenticular y en otras ocasiones levemente porosa con intervalos levemente fracturados, ocasionalmente presenta nódulos de pirita o pirita diseminada.

Figura 58. Limolita calcárea con presencia de bioturbación, 812' de profundidad



Limolita arenosa calcárea intercalada con arenisca lodosa calcárea y limolita calcárea. Presenta un color gris claro y gris oscuro, es compacta y ligeramente permeable, con estratificación ondulosa no paralela continua en todo el segmento y laminación lenticular, hay presencia de venillas milimétricas de calcita en baja proporción y segmentos poco fracturados (**Figura 58**).

Figura 59. Limolita arenosa calcárea, 964' de profundidad



También hay presencia de capas arcillosas a lo largo de todo el intervalo, intercaladas con arenisca, arcillolita calcárea y limolita calcárea. Se caracteriza por su color pardo, estructura masiva, por ser deleznable, terrosa y ligeramente permeable con contenido moderado de óxido de hierro que le da una tonalidad naranja y mica moscovita, presenta fracturas.

La arcillolita calcárea se intercala con limolita calcárea y arcillolita. Su coloración es de gris verdoso a gris oscuro a negro con estructura masiva, terrosa, carbonosa y deleznable, se encuentra fuertemente fracturada y es poco permeable. Tiene textura cerosa y esta moderadamente compactada, hay presencia de pirita diseminada en baja proporción y venillas milimétricas de calcita

en todo el segmento (**Figura 58**). Eventualmente se observan microfósiles calcáreos no diferenciados en todo el intervalo, algunas conchas reemplazadas total o parcialmente. Levemente bioturbado en algunos segmentos.

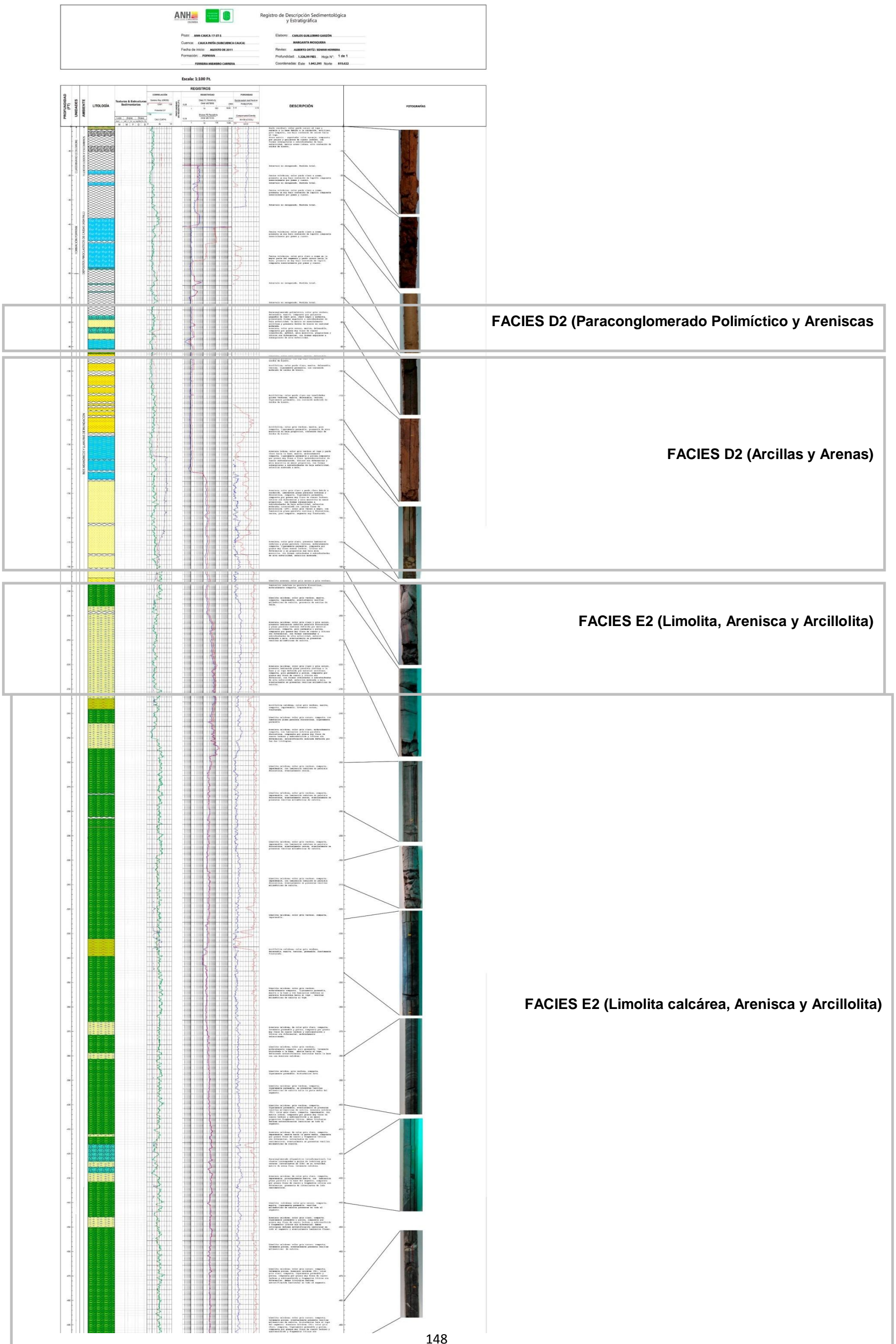
Figura 60. Arcillolita calcárea con presencia de microfósiles, 1.044' de profundidad



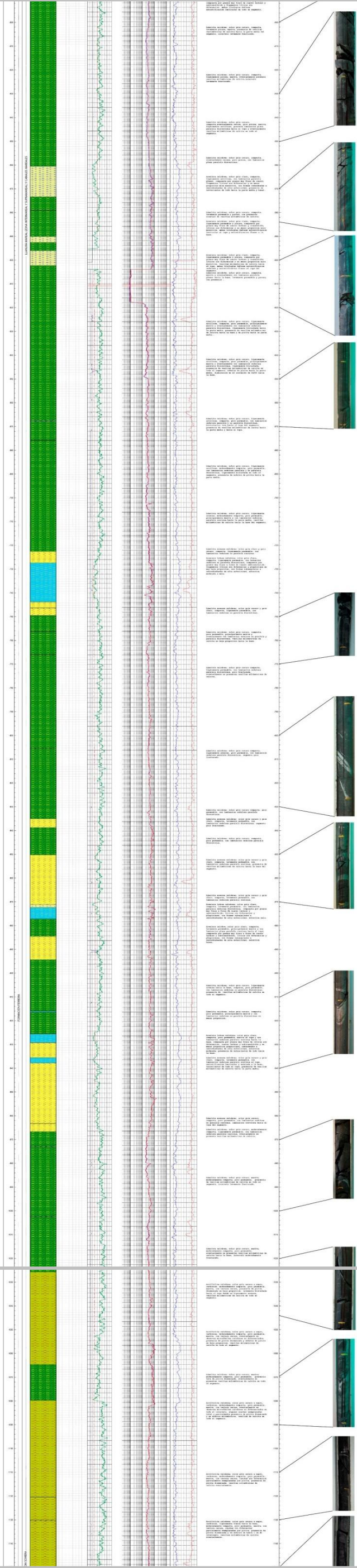
7.1.3.7. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN FERREIRA (TOF) EN EL POZO ANH-CAUCA-17-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-17-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 59**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 61. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-17-ST-S



FORMACIÓN FERREIRA MBRO. CABRERA (Tof)



FACIES E2 (Limolita calcárea, Arenisca y Arcillolita)

FACIES E2 (Arcillolita calcárea, Limolita y Arenisca)

FORMACIÓN FERREIRA MBRO. CABRERA (Tof)

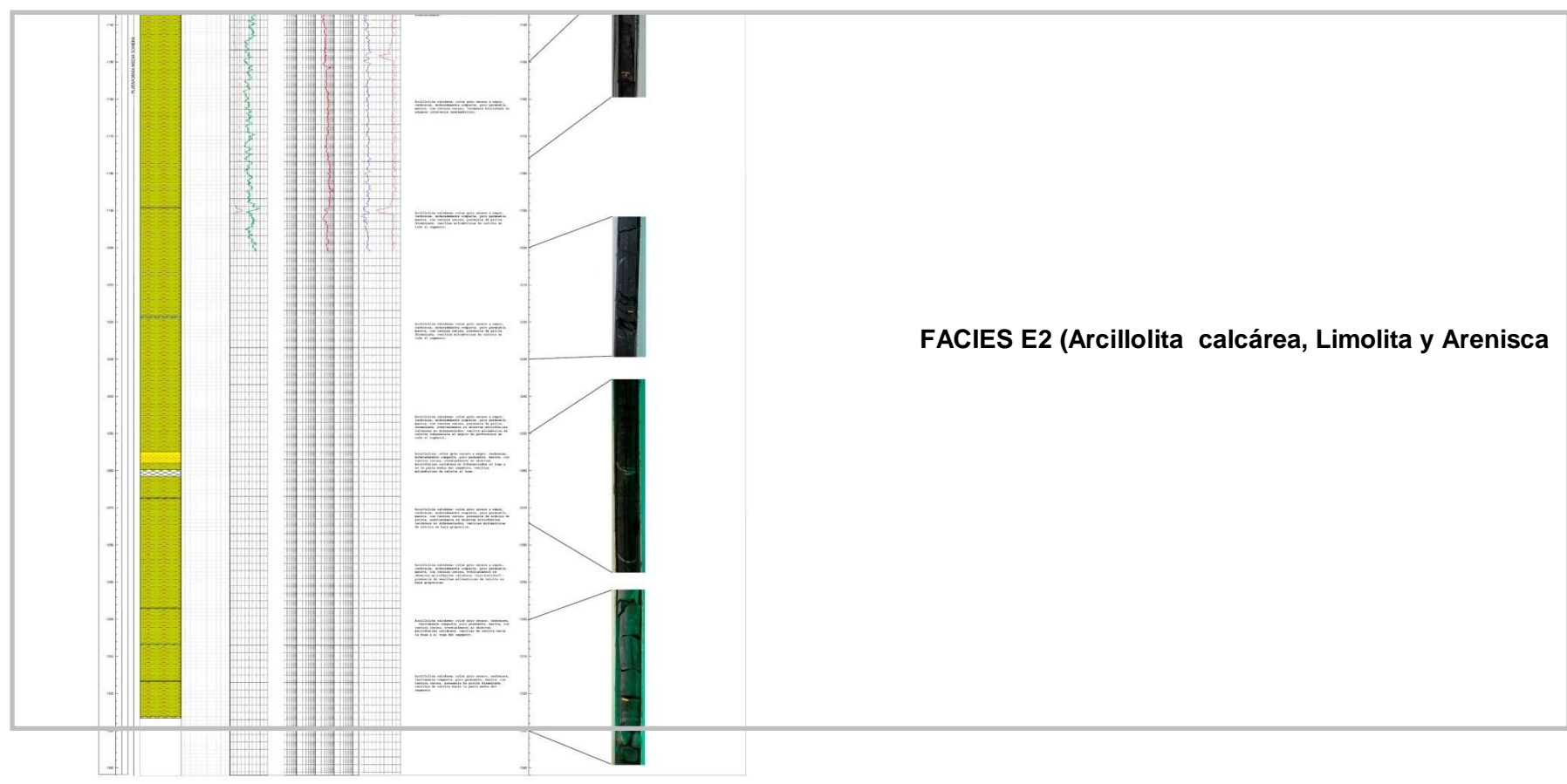
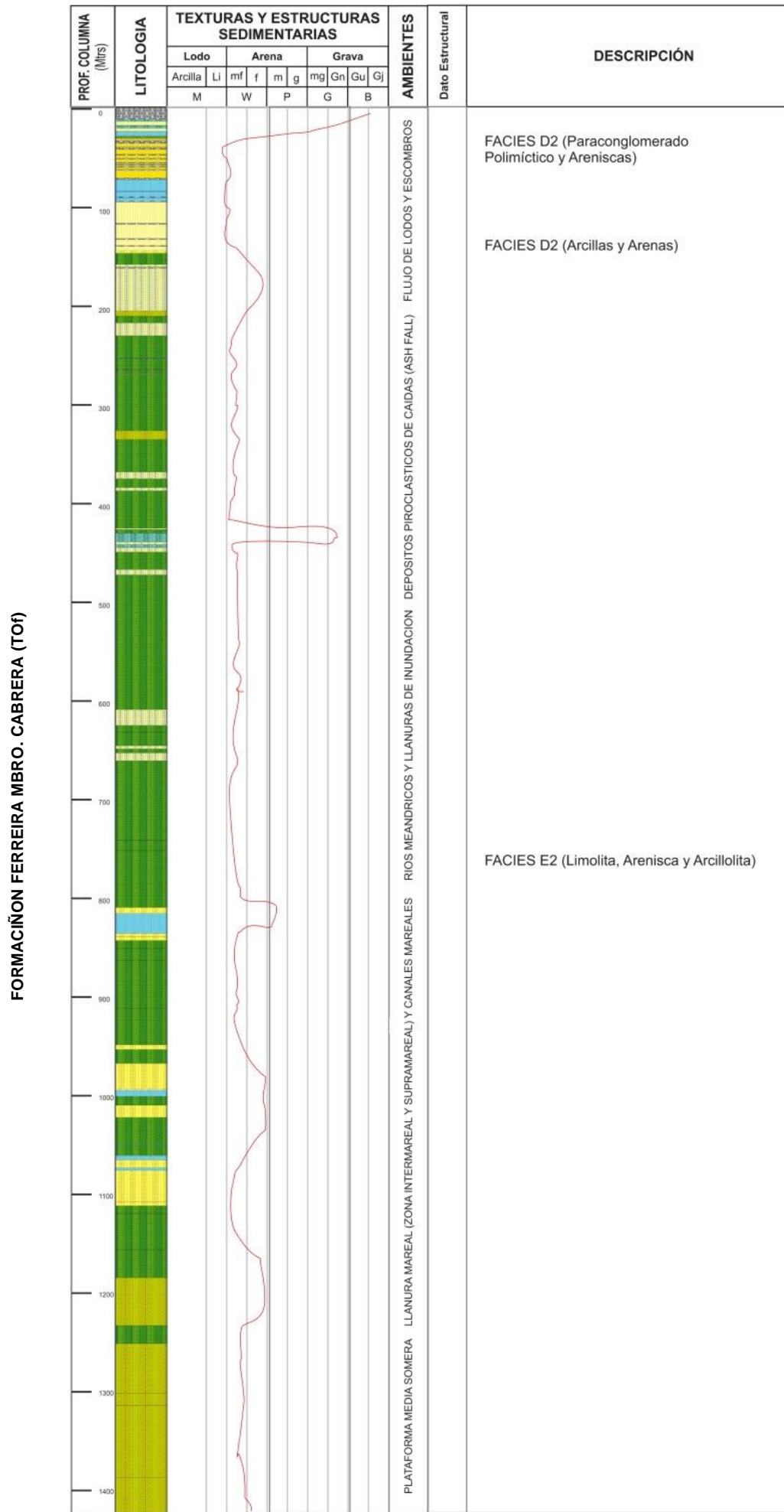


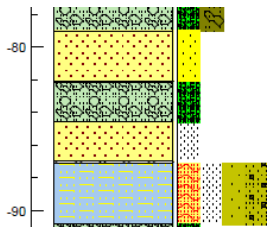
Figura 62. Columna Generalizada pozo ANH-CAUCA-17-ST-S.

POZO ANH-CAUCA-17-ST-S:	Analizó: Garzon, Mosquera.	
Cuenca: Sub Cuenca Cauca	Espesor: 1426 ft Aprox	
Formación: Ferreira Mbro Cabrera	Coordenadas: N:819.622 E:1.042.959	
	Origen Oeste	

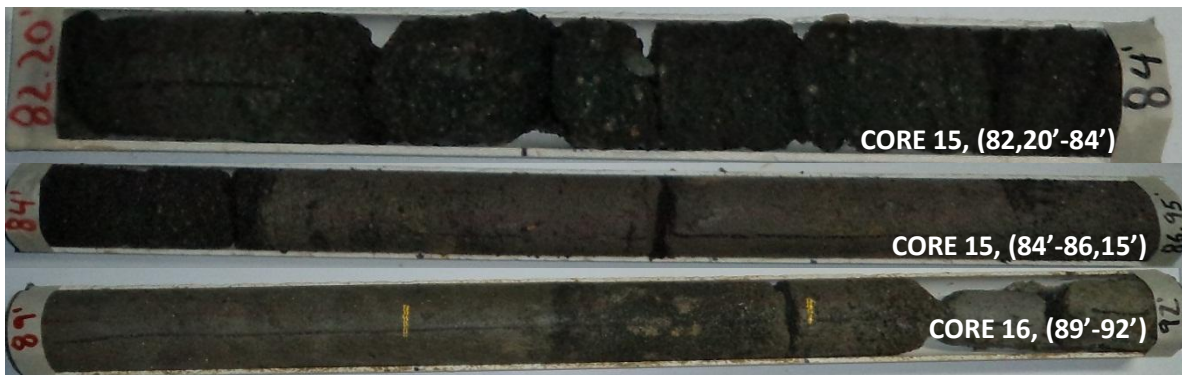


A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación Ferreira en el pozo ANH-CAUCA-17-ST-S:

FACIES D2 (Paraconglomerado Polimíctico y Areniscas)
(Intervalo 78' - 91')

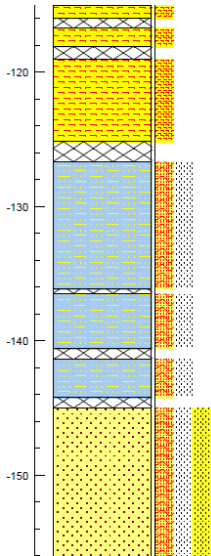


Secuencia de Paraconglomerado polimíctico de color gris verdoso, masivo, deleznable, compuesto por gránulos y guijos finos de cuarzo y lodolitas verdes, con formas angulares a subangulares, matriz arenosa de composición similar a la de los clastos; intercalados con Arenisca de color gris verdoso, deleznable, masiva y levemente porosa, compuesta por granos medios de cuarzo translúcido, anfíbol, plagioclasa y líticas sin diferenciar en menor proporción, con formas angulares a muy angulares, y finalmente Arenisca lodosa de color gris claro, masiva, deleznable, compuesta por granos muy finos hasta gruesos de cuarzo lechoso, anfíbol, chert gris, plagioclasa y líticas sin diferenciar, con formas angulares a subangulares de alta esfericidad.



FACIES D2 (Arcillas y Arenas)

(Intervalo 110' - 170')



Arcillolita de color pardo claro con tonalidades grises claras, masiva, deleznable, terrosa, ligeramente permeable, con contenido moderado de óxidos de hierro predominante entre fracturas, que le dan a la roca una tonalidad naranja, interestratificada con Arenisca lodosa de color gris verdoso al tope y pardo claro hacia la base, masiva, moderadamente compacta, ligeramente permeable y porosa, compuesta por granos muy finos a finos (granodecreciente) de cuarzo subtranslúcido, líticos sin diferenciar y mica moscovita en menor proporción, con formas subangulares a subredondeadas de baja

esfericidad, selección moderada a mala, alto contenido de óxidos de hierro en fracturas y Arenisca de color gris claro a pardo claro debido a oxidación, laminación plana paralela discontinua, compacta, ligeramente permeable, compuesta por granos muy finos a finos de cuarzo lechoso, líticos sin diferenciar y mica moscovita en muy baja proporción, con formas subangulares a subredondeadas de baja esfericidad, selección moderada; intercalada con láminas finas de Arcillolita color gris verdoso a negro, con laminación plana paralela discontinua, cerosa, poco compacta, ligeramente permeable.

- **Arcillolita**



- **Arenisca lodosa**

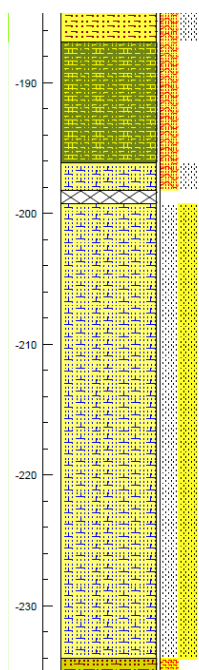


- Arenisca



FACIES E2 (Limolita, Arenisca y Arcillolita)

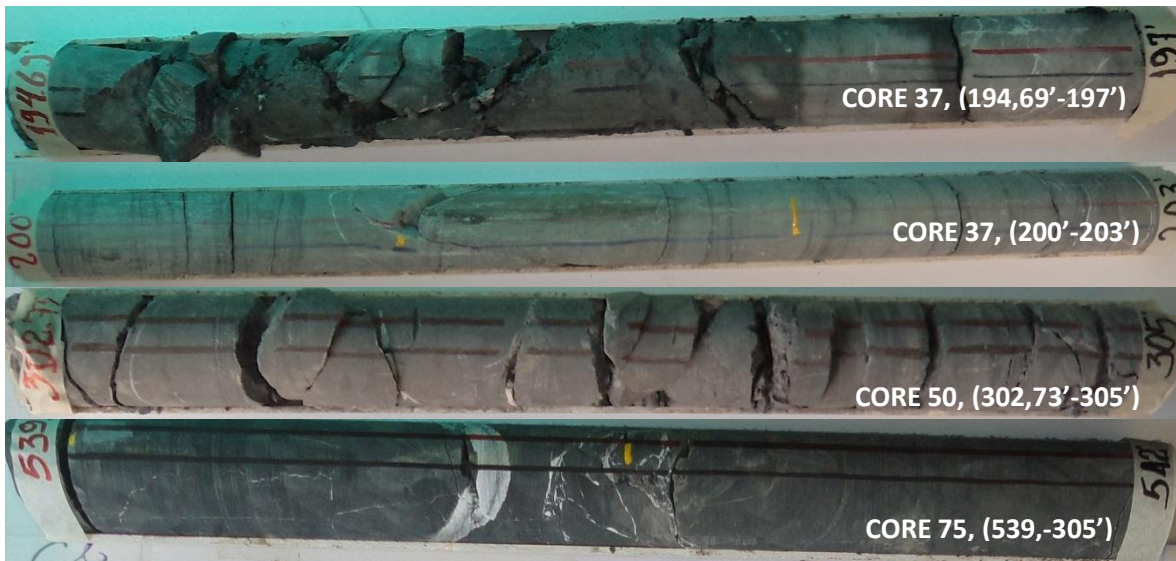
(Intervalo 186' - 235')



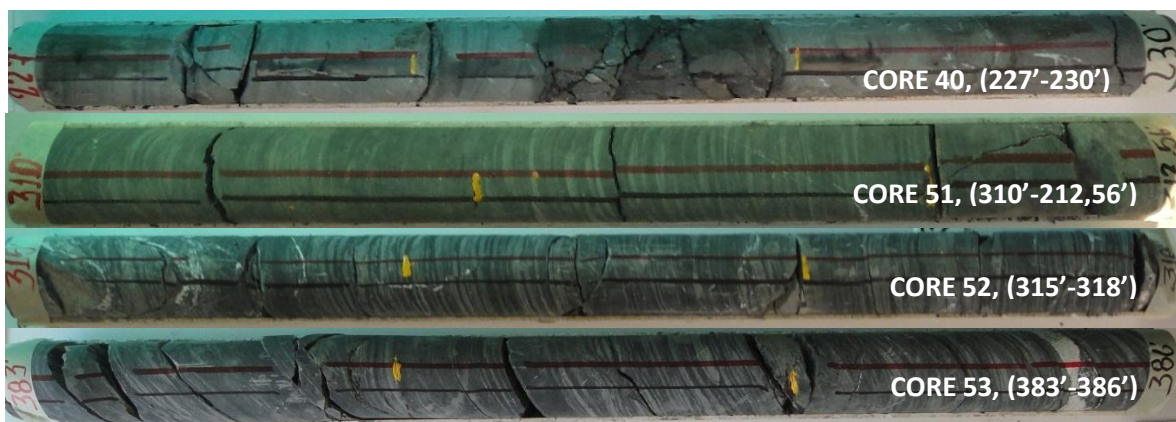
Secuencia calcárea, se intercalan capas de Limolita calcárea de color gris verdoso, masiva, compacta, impermeable, eventualmente venillas milimétricas de calcita, presencia de estrías de falla; Arenisca calcárea color gris claro, masiva, poco compacta, levemente permeable y porosa, compuesta por granos muy finos de cuarzo lechoso y subtranslúcido, líticos sin diferenciar y eventualmente mica moscovita, con formas redondeadas a subredondeadas de alta esfericidad, selección moderada a mala, menos frecuentes se presentan venillas milimétricas de calcita y Arcillolita calcárea, Arcillolita calcárea de color gris verdoso, deleznable, masiva, terrosa, permeable, fuertemente fracturada y venillas milimétricas de calcita. En general las litologías definen estratificación lenticular en todo el

segmento. Se intercala ocasionalmente y en contacto con areniscas formando laminación lenticular se observan Paraconglomerado oligomórfico intraformacional cuyos clastos corresponden a guijos de lodolitas gris oscuras (intraclastos de lodo) en su totalidad, matriz de arena fina, levemente calcárea. A lo largo del intervalo arenoso se observa un cambio en la dirección de la laminación, horizontalizándose hacia la base.

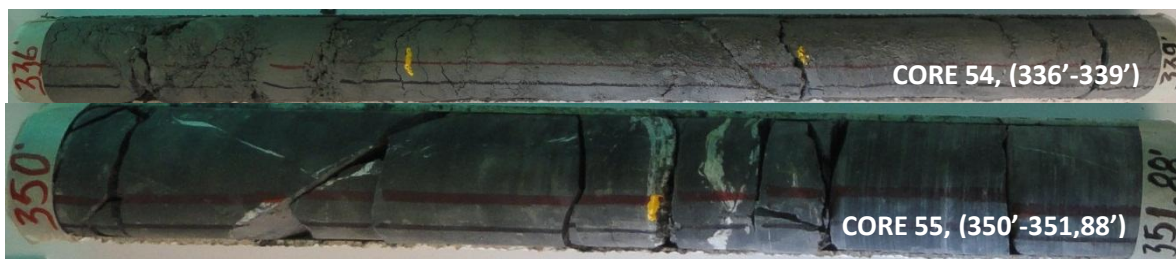
- **Limolita calcárea**



- **Arenisca calcárea**



- **Arcillolita calcárea**



- **Paraconglomerado oligomítico intraformacional**



7.1.3.8. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN FERREIRA (Tof)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies constituidas por intercalaciones arcillolitas y areniscas, FACIES D2 (Llanuras de inundación), y FACIES E2 (Llanura mareal lodo arenosa)) se infiere que los sedimentos se depositaron en un ambiente de transición continental-litoral, con algunos niveles marinos, posiblemente zonas deltaicas y de facies de canal varían a depósitos de charcas y litorales.

7.1.3.9. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR) (TMp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-10-ST-S

En términos generales el miembro Inferior de la Formación La Paila está constituido básicamente por tobas dacíticas con algunas intercalaciones delgadas de conglomerados polimícticos.

Las Tobas dacíticas por lo general son de coloración marrón rojiza con variaciones de tonos grisáceos suaves a ocre, presentan una textura porfídica, son generalmente consolidadas y se caracterizan por sus contenidos de cuarzo, feldespato, anfíbol, piroxenos y diorita que exponen una forma generalmente subangular; y presentan microfracturas con tendencia vertical y horizontal cubiertas con una pátina con óxido (**Figura 63**).

Figura 63. Toba volcánica con microfracturas de tendencia horizontal, 798' de profundidad



Las capas de conglomerados polimícticos están conformados por fragmentos y gránulos de rocas ígneas y sedimentarias (tobas, cuarzo, feldespatos, anfíboles, micas); subangulares a angulares, clastosoportados y soportados (**Figura 63**); hacia el tope, característicos por estar contenidos una matriz arenosa muy consistente y hacia la base la matriz se hace más arcillosa. Se presentan delgadas venillas con tendencia vertical rellenas de sílice de coloración blancuzca.

Figura 64. Conglomerados polimícticos, 759,47' de profundidad

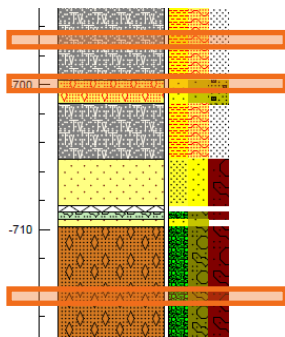


7.1.3.10. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. INFERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-10-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-10-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 64**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación La Paila (Mbro. Inferior) en el pozo ANH-CAUCA-10-ST-S:

FACIES A2 (Tobas Dacíticas masivas y Areniscas Conglomeráticas)



Capas gruesas de toba dacítica de coloración crema, muy ligera y porosa intercalada con capas de arenisca conglomerática de coloración parda amarillento; ligeramente compacta, muy porosa; abundante contenido de elementos máficos (anfíbol y piroxenos), presenta intergránulos de diorita; el cuarzo es traslucido a lechoso, subangular a subredondeado y pobremente seleccionado.

- Toba Dacítica



- Toba dacítica intercalada con Arenisca conglomerática

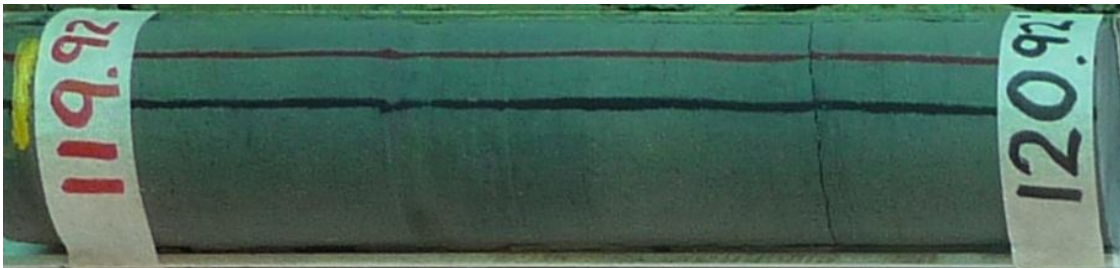


7.1.3.11. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN LOS POZOS ANH-CAUCA-10-ST-S, ANH-CAUCA-11-ST-S Y ANH-CAUCA-12-ST-S

En general el miembro superior de la formación La Paila en el pozo ANH-CAUCA-10-ST-S, está conformado por una secuencia de areniscas, arcillolitas y limolitas. Hacia el tope de la formación hay evidencia de corrientes de agua subterránea

producto de filtración superficial, lo cual fue inferido por el aspecto lavado de la roca (Arenisca y limolita de coloración gris verdosa clara, lavadas, porosas y permeables) y por la recuperación de agua cristalina en la sarta de perforación hacia los 119,92 pies de profundidad (**Figura 66**). El análisis de la muestra de agua arrojó valores altos para el contenido de calcio, PH igual a 13 y concentraciones de cloruro entre 300-500 ppm.

Figura 66. Roca lavada y saturada de agua recuperada hacia los 119,92 pies de profundidad



Es característica la ocurrencia de calcita y yeso, la calcita como concreciones, intraclastos de roca calcárea y venillas rellenas de estrías; y el yeso en forma de concreciones, cristales y venillas entrecruzadas cubriendo delgadas fracturas. Las características composicionales se le atribuyen al aporte vulcanoclástico de la cordillera central

Las areniscas son de carácter granocreciente, hacia la base el tamaño de grano es generalmente medio a grueso con fragmentos de toba dacítica, cuarcita y diorita, y hacia el tope la granulometría varía de media a muy fina. Composicionalmente se caracterizan por presentar alto contenido de cenizas volcánicas y ocasionalmente trazas de carbón (**Figura 66**), conformadas de cristales de cuarzo subredondeados, hornblenda, plagioclasa y biotita; exhiben una coloración con variaciones de tonos desde pardos claros a oscuros, atribuida al abundante contenido de máficos (feldespatos, biotita y óxidos de hierro), cambiando con la profundidad a colores más grisáceos con matices amarillentos y manchas oscuras como producto de agentes oxidantes. A lo largo de la formación

la coloración que prevalece es gris verdosa con tonos pardos. En general son poco consolidadas y muy friable hacia el tope y muy duras y consistentes hacia la base. La composición es principalmente cuarzo-feldespática, con una ligera matriz arcillosa y cemento en ocasiones calcáreo y abundante contenido de máficos (feldespatos, biotita, diabasa, humus). Son porosas y permeables.

Figura 67. Detalle de trazas de carbón, 289' de profundidad



Las capas arcillosas se presentan como capas delgadas a lo largo de la formación; son abigarradas, con una coloración que varía desde grisácea verdosa a parda amarillenta con matices morados y ocasionalmente moteadas, son raramente terrosas y cerosas en su mayoría. Se presentan ocasionalmente deleznable hacia el tope y moderadamente consolidadas hacia la base, son hinchables, blandas, pegajosas, amorfas, blocosas y esporádicamente astillosas, ligeramente solubles y algo plásticas (**Figura 65**).

Figura 68. Detalle de serosidad y plasticidad de Arcillolita, 63' de profundidad



Los bancos de limolitas son moderadamente consolidadas, compactas y astillosas, en ocasiones poco consolidadas, presentan ocasionales cristales de yeso (**Figura 66**), se caracterizan por presentar una coloración castaña amarillenta con matices verdosos y morados variando con la profundidad a tonalidades grisáceas muy

oscuras, son generalmente arenosas, algo solubles, ligeramente permeables y muy sucias. Hacia la base presenta pequeños lentes de shale de coloración verdosa grisácea oscura, compactos y muy consistentes, son comunes los nódulos y venillas de cristales de yeso (**Figura 67**), ocasionalmente nódulos de calcita (**Figura 68**).

Figura 69. Detalle de cristales de yeso en limolita fisil, 215,20' de profundidad



Figura 70. Venillas entrecruzadas y concreciones de yeso, 219' y 225' de profundidad respectivamente

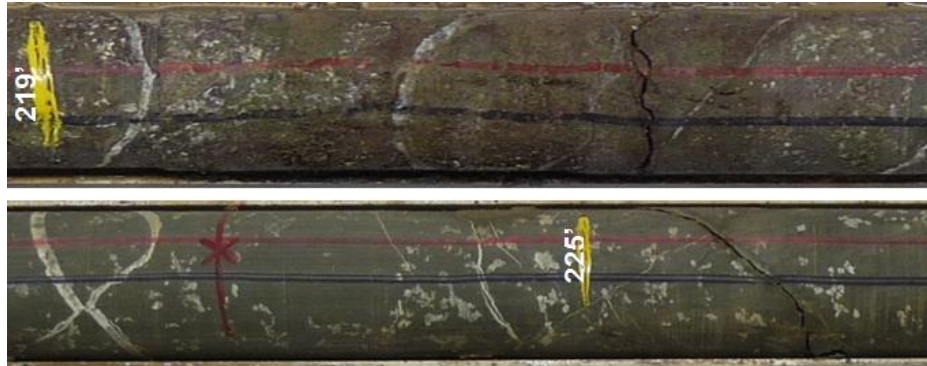


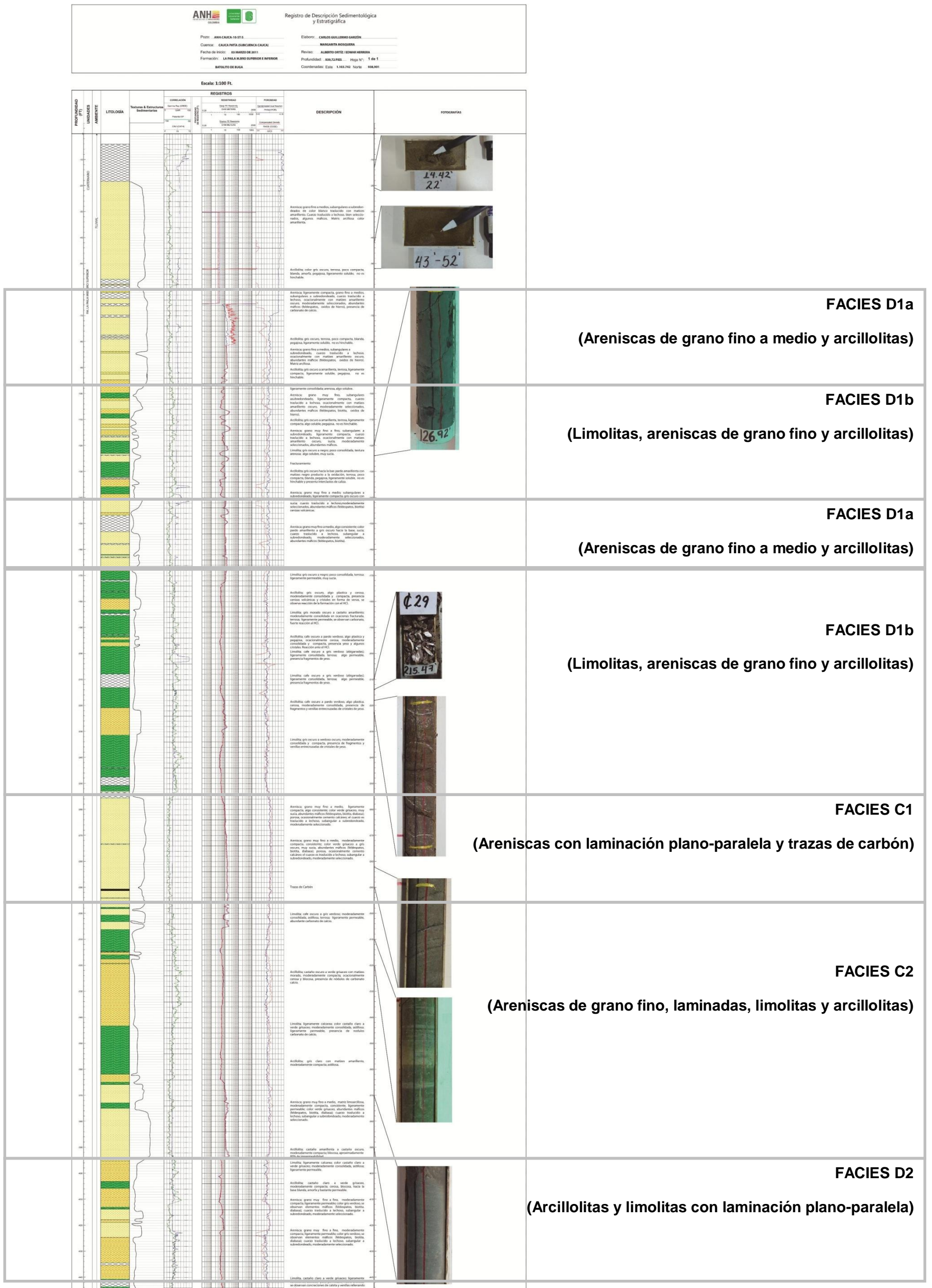
Figura 71. Detalle de finas concreciones de calcita en limolita, 317' de profundidad



7.1.3.12. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-10-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-10-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 72**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 72. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-10-ST-S



FORMACIÓN LA PAILA (TMP)

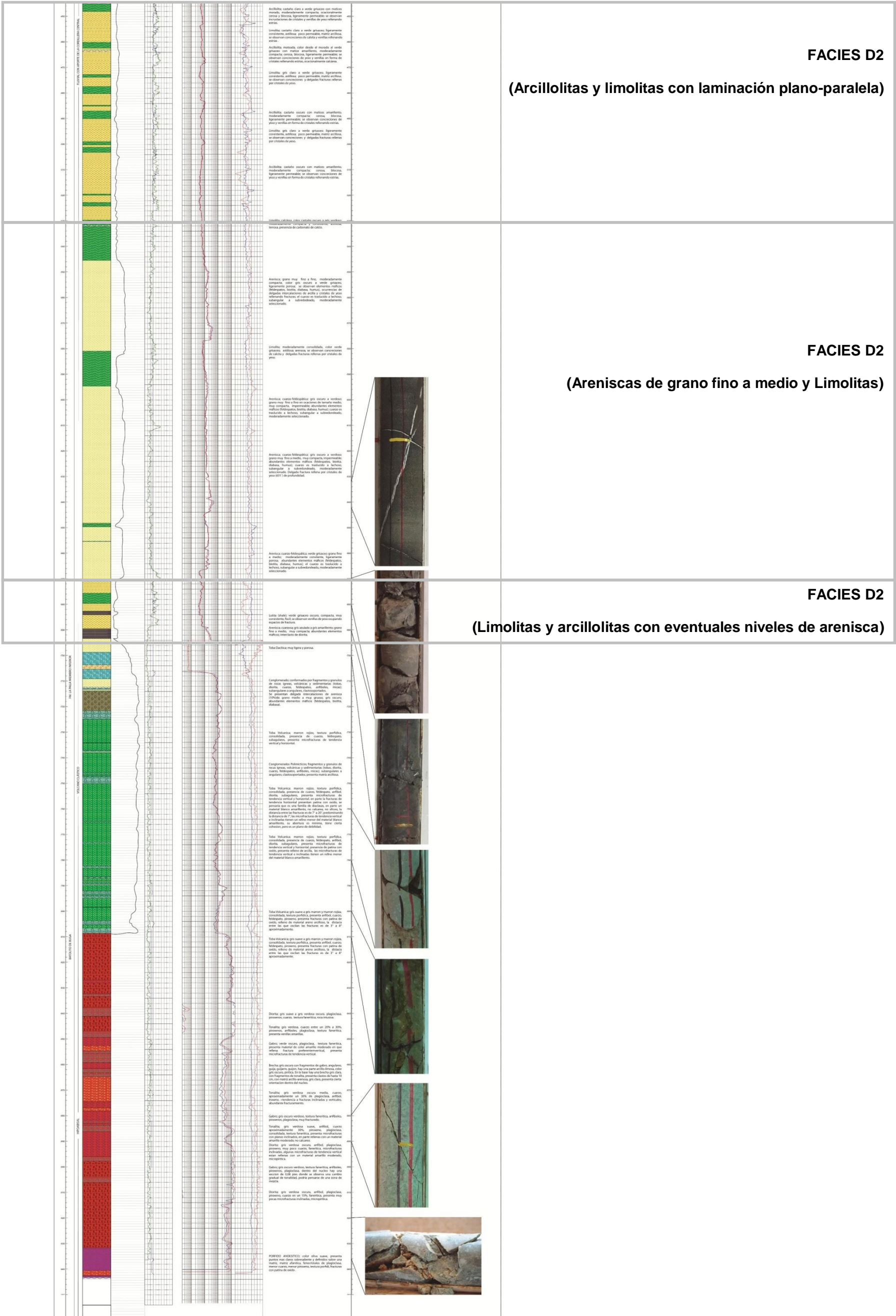
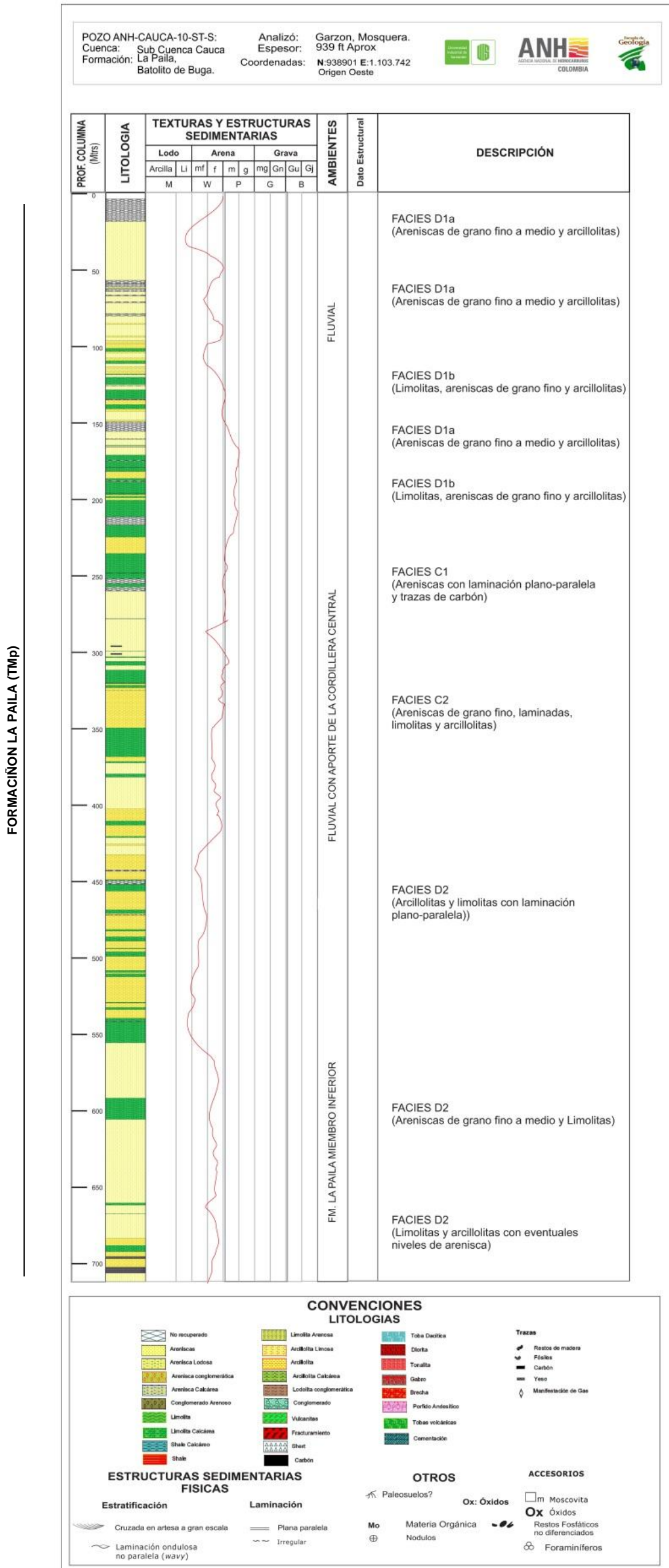


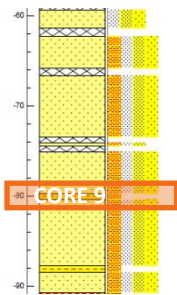
Figura 73. Columna generalizada del pozo ANH-CAUCA-10-ST-S



A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación La Paila (Mbro. Superior) en el pozo ANH-CAUCA-10-ST-S:

FACIES D1a (areniscas de grano fino a medio y arcillolitas)

(Intervalo 60' - 90')



Arenisca ligeramente compacta, grano fino a medio, subangulares a subredondeados, cuarzo traslucido a lechoso, color pardo ocasionalmente con matices amarillento oscuro, moderadamente seleccionados, abundantes máficos, feldespatos, óxidos de hierro, presencia de carbonato de calcio, intercaladas con delgadas capas de Arcillolita de color gris oscuro, terrosa, poco compacta, fisil,

blanda, pegajosa y ligeramente soluble, no se observan estructuras internas, sin embargo se observan una serie de fracturas dispuestas de forma paralela.

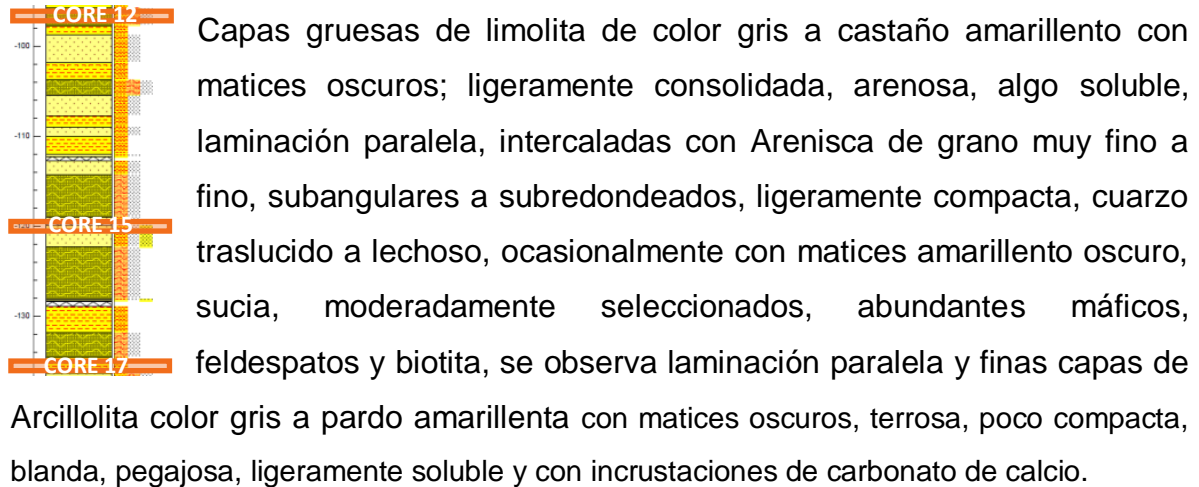
- **Arcillolita**



- **Arenisca**



FACIES D1b (limolitas, areniscas de grano fino y Arcillolitas) (Intervalo 96'- 136')



- **Limolita**



- **Arenisca**

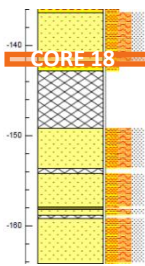


- **Arcillolita**



FACIES D1a (areniscas de grano fino a medio, con intercalaciones de Arcillolitas)

(Intervalo 140'- 164')



Arenisca de grano muy fino a medio, algo consistente y compacta;

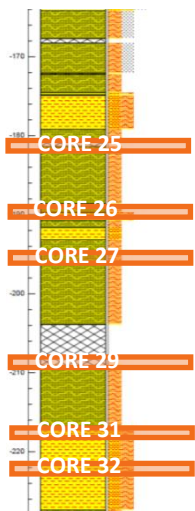
CORE 18 color gris oscuro a pardo amarillento, sucia, cuarzo traslucido a lechoso, subangulares a subredondeados, moderadamente seleccionados, abundantes máficos, feldespatos, biotita y cenizas volcánicas, laminación paralela evidente hacia el tope de la secuencia. Intercaladas con Arcillolita de color pardo grisáceo, muy plástica, cerosa, poco compacta y presencia de material carbonatado moteado.

- Arenisca hacia el tope y Arcillolita hacia la base



FACIES D1b (limolitas intercaladas con Arcillolitas)

(Intervalo 164'-228')



Limolita de color gris con matices morado oscuro a castaño amarillento; moderadamente consolidada en ocasiones fracturada,

terrosa y ligeramente permeable, se observa laminación paralela y fracturas transversales rellenas de material carbonatado; se

CORE 25 intercalan con Arcillolita de color gris oscuro, algo plástica y cerosa, moderadamente consolidada, presencia de cenizas volcánicas. Se

CORE 26 observan fracturas rellenas de material carbonatado, fuerte

CORE 27 reacción al HCl y yeso.

CORE 29

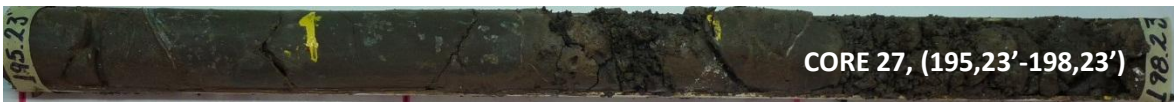
CORE 31

CORE 32

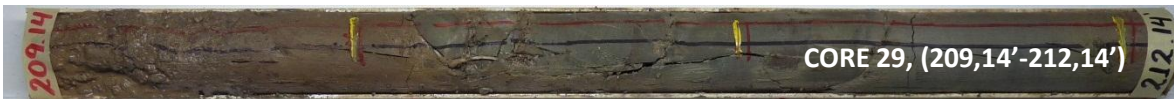
- **Limolita en contacto con arcillolita**



- **Moteado de material carbonatado**



- **Limolita con fracturas transversales en dirección opuesta**

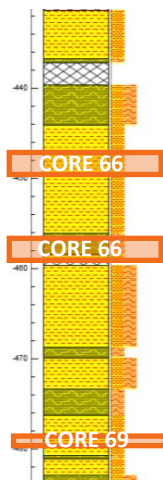


- **Arcillolita con fracturas transversales en diferentes direcciones**



FACIES D2 (arcillolitas y limolitas con laminación plano-paralela)

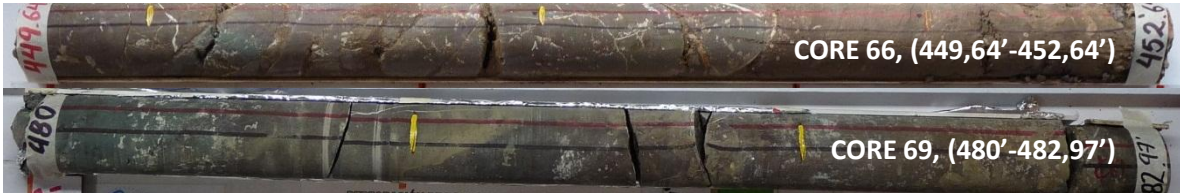
(Intervalo 431'- 484')



Hacia los 400 pies de profundidad se presenta de nuevo esta tendencia de depositación observando considerablemente el aumento de espesor en las capas de Arcillolita color castaño oscuro a castaño claro con variaciones a verde grisáceo y morado, abigarrada, moderadamente compacta, cerosa e hinchable, ocasionalmete permeable, blanda, pagajosa, y amorfa, se observan cristales de yeso y carbonato rellenando estrias o de forma moteada. Se intercalan con Limolita de color gris oscuro a pardo amarillenta; moderadamente consolidada,

astillosa; ligeramente permeable y de cemento calcáreo. Ligeramente calcareas, laminación plana y ocasionalmente laminación cruzada.

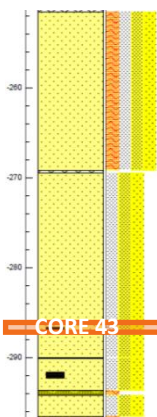
- **Arcillolita**



- **Limolita**



FACIES C1 (areniscas con laminacion plano-paralela y trazas de carbón)
(Intervalo 250'- 296')

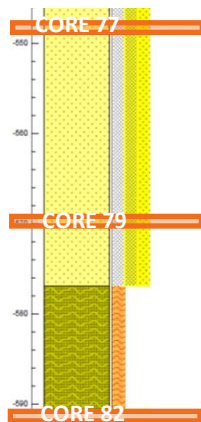


Arenisca de grano muy fino a medio, ligeramente compacta, de color verde grisáceo, muy sucia, abundantes máficos, feldespatos, biotita, e integránulos de diabasa; porosa, ocasionalmente cemento calcáreo; el cuarzo es traslucido a lechoso, subangular a subredondeado, moderadamente seleccionado, laminación planoparalera y trazas de Carbón. Se intercala con delgadas capas de Limolita; color café oscuro a gris verdoso; moderadamente consolidada, astillosa, terrosa; ligeramente permeable, abundante carbonato de calcio.

- **Arenisca**



Arenisca cuarzo feldespática, de grano muy fino a fino, moderadamente compacta, color gris oscuro a verde grisáceo, ligeramente porosa; laminación planoparalela y ocasionalmente laminación cruzada, fracturas transversales y longitudinales, rellenas de sílice y yeso, se observan elementos máficos, feldespatos, biotita, diabasa, humus, ocurrencias de delgadas intercalaciones de arcilla y cristales de yeso relleno de fracturas longitudinales; el cuarzo es translucido a lechoso, subangular a subredondeado, moderadamente seleccionado y en general impermeable.

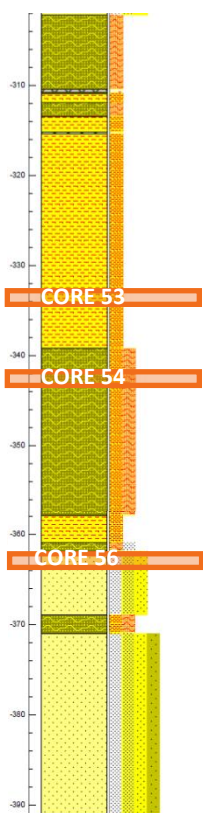


- Arenisca



FACIES C2 (areniscas de grano fino laminadas, limolitas y arcillolitas)

(Intervalo 302' - 390')



intercalación de capas gruesas de Limolita de color café oscuro a gris verdoso; moderadamente consolidada, astillosa, terrosa y ligeramente permeable, y Arcillolita color castaño oscuro a verde grisáceo, moderadamente compacta; blocosa, ocasionalmente cerosa. Es común la presencia de abundante carbonato como venillas o rellenando estrias y hacia la base Arenisca de grano muy fino a medio, moderadamente compacta, ligeramente permeable; color verde grisáceo, abundantes máficos, feldespatos, biotita, e intergránulos de diabasa; cuarzo traslucido a lechoso, subangular a subredondeado, matriz limoarcillosa, pobremente seleccionado, laminación planoparalela (se observan fracturas en la misma dirección) y ocasionalmente laminación cruzada.

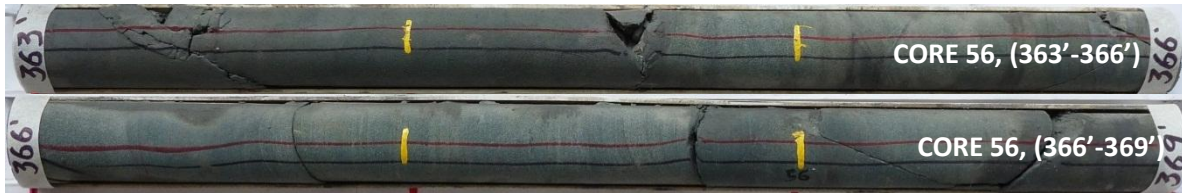
- Arcillolita soluble



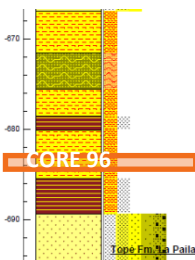
- Limolita



- **Arenisca**



**FACIES D2 (limolitas y arcillolitas con eventuales niveles de arenisca)
(Intervalo 668' - 694')**



Limolita color verde oscuro; moderadamente compacta, muy consistente y astillosa; Arcillolita de gris oscuro a verde oscuro; moderadamente compacta, blanda y permeable hacia la base, deleznable, ocasionalmente cerosa; shale color verde grisáceo oscuro, compacto, muy consistente, ocasionalmente fisil, laminación planoparalela, se observan venillas de sílice y yeso ocupando espacios de fractura y Arenisca cuarzosa; gris azulado a gris amarillento; grano fino a medio, muy compacta, muy porosa; abundantes elementos máficos, feldespatos, biotita, diabasa; se observan intergránulos de diorita, el cuarzo es traslucido a lechoso, subangular a subredondeado, pobre selección.

- **Arenisca intercalada con arcillolita**



**7.1.3.13. LITOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR)
(TMp) ENCONTRADA EN EL POZO ANH-CAUCA-11-ST-S**

En la perforación del pozo ANH-CAUCA-11-ST-S, es atravesado el Miembro Superior de la formación La Paila, se estima que corresponde en su mayoría a los horizontes de origen clástico, con variaciones en su mayoría de conglomerados polimícticos, areniscas conglomeráticas y limolitas arenosas, son bancos de

espesores gruesos y estratificación plana, en general es poca la consolidación. A continuación se detalla el comportamiento de cada litología a lo largo de todo el pozo.

Las capas de Arcillolita se caracterizan principalmente por tener una coloración gris verdosa oscura con matices amarillentos, producto de la oxidación de minerales máficos, la intensidad del color se acentúa pasando a tonos grises, castaños oscuros hasta casi negros o disminuye a grisáceos claros según el porcentaje de minerales de hierro.

Hacia el tope la roca presenta poca consolidación, es hinchable, amorfa, pegajosa y plástica; ocasionalmente blocosa, algo astillosa (**Figura 74**), y fisil, aumentando con la profundidad la consistencia del material; en general presenta una textura cerosa y presenta una porosidad visible. A lo largo de la formación la roca presenta una serie de fracturas horizontales y venas rellenas de carbonato; localmente presenta altos contenidos de carbonato en forma moteada y hacia la base restos de madera silicificada y trazas de carbón.

En algunos sectores se observan finas intercalaciones de arenisca de granulometría que varía desde fina hasta gruesa (**Figura 74**), con contenidos de plagioclasa, hornblenda, micas y cuarzo de coloración translúcida a lechosa, forma subangular a subredondeada y en general mal seleccionada; sectores en los cuales la roca tiene un comportamiento limoso.

Figura 74. Arcillolita astillosa que hacia la base presenta restos de madera y cinta de carbón, 341' de profundidad



Figura 75. Arcillolita con laminaciones de material limoso y venas rellenas de carbonato, 345' de profundidad



Figura 76. Arcillolita con delgadas intercalaciones de areniscas, 356' de profundidad



Figura 77. Arcillolita con delgadas intercalaciones de arenisca de gran medio, 357' de profundidad



Las capas de limolita de coloración verde grisácea con matices ocres y amarillentos a grisácea muy oscura tendiendo a un tono castaño fuerte. En general se caracteriza por presentarse bien consolidada y ligeramente porosa, exceptuando sectores fracturados donde la consolidación de la roca disminuye drásticamente, su porosidad se hace mayor y la intensidad del material carbonatado también aumenta considerablemente.

Presenta delgadas intercalaciones de material arcilloso con arenas de grano muy fino. Las capas arcillosas presentan una coloración predominantemente grisácea verdosa y de textura cerosa. Las capas arenosas (**Figura 77**), son de color ocre amarillento, con alto contenido de máficos a los que se les atribuyen los tonos ocre oscuros de la roca por la oxidación de los mismos, micas y cristales de cuarzo de color translucido a lechoso, de grano fino a medio y forma subangular a subredondeada.

Localmente la roca evidencia aspectos arenosos con contenidos de cristales de cuarzo translucidos y arcillosos con algún rasgo de cerosidad. En algunos casos se observan algunas estrías de cizalla con finas láminas de yeso, zonas moteadas por material carbonatado (**Figuras 79 y 80**), y trazas de carbón.

Figura 78. Laminaciones planoparalelas de material limoso y arenoso, 50' de profundidad



Figura 79. Limolita moteada con alto contenido de carbonato como cemento, 318' de profundidad



Figura 80. Limolita de cemento calcáreo, 374' de profundidad



Arenisca conglomerática de coloración gris verdosa oscura, (**Figura 77**). Está compuesta por cristales, guijos y guijarros de plagioclasa, anfíboles, micas, cuarzo translucido a lechoso, de forma subangular y contenidos en una matriz arenoarcillosa hacia el tope y limoarcillosa hacia la base, en general de mala selección, muy porosa y ligeramente consolidada.

Figura 81. Arenisca conglomerática con matriz arenarcillosa, 225' de profundidad



Arenisca hacia el tope de color gris verdoso oscuro con matices ocre y amarillentos atribuidos a la oxidación de máficos y algunos tonos blancuzcos por la presencia de carbonato moteado, localmente disminuye la intensidad de la tonalidad exhibiendo colores claros en sectores donde la composición de la roca tiene composiciones cuarzofeldespáticas, y hacia la base la intensidad del color aumenta considerablemente acercándose a tonos verdes y grises oscuros hasta casi negros; muy compacta hacia la parte más somera disminuyendo la consolidación de la roca con la profundidad, en general es muy porosa.

Está compuesta por cristales de cuarzo translucidos a lechosos, de variación granulométrica, desde tamaños de grano fino hasta casi conglomerática, localmente presenta intergranulos de cuarcitas, lutitas, basaltos y diabasas, contenidos en una matriz arenarcillosa y limoarcillosa.

No presenta una distribución homogénea de los granos. La forma de los cristales va de angular a subredondeada, abundante contenido de micas, máficos, anfíboles, moscovita, feldespatos, cenizas volcánicas y fragmentos líticos, alto contenido de carbonatos, de forma moteada, rellenando venillas entrecruzadas o como cemento (**Figura 82**), sectores donde la compactación aumenta de manera considerable.

Localmente se observan láminas de yeso rellenando fracturas, hacia la base se presenta muy fracturada en direcciones transversales con un ángulo preferencial de fractura de 45 grados aproximadamente. Presenta trazas, fragmentos y mantos de carbón (**Figura 84**). Se observa en sectores estratificación cruzada y planoparalela. Presenta delgadas intercalaciones de limolita y alineaciones de material magnético hacia la base del intervalo (**Figura 82**).

Figura 82. Arenisca de composición cuarzofeldespática con alineacion característica de magnetita, 252' de profundidad



Figura 83. Arenisca con cemento calcareo y alineacion de magnetita a lo largo del intervalo, 526' de profundidad

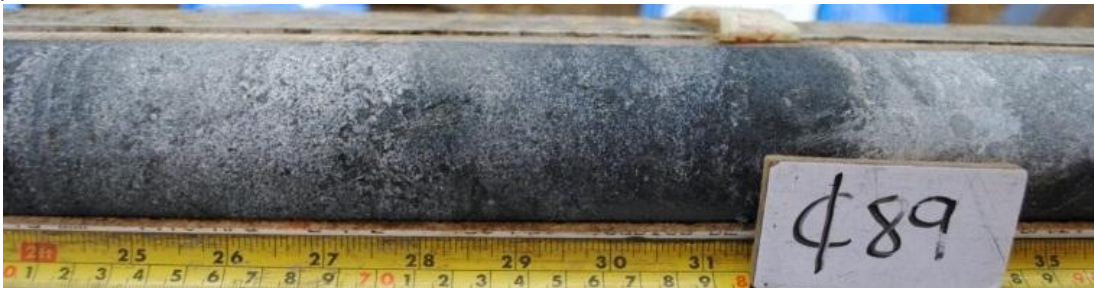


Figura 84. Arenisca con alto contenido de fragmentos líticos y carbón hacia la base, 779' de profundidad



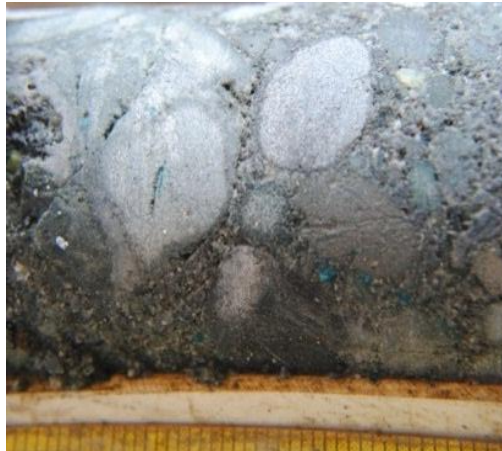
El conglomerado polimíctico está conformado por gránulos, guijas, guijarros, fragmentos, guijones y bloques de cuarzo, feldespato, hematita, rocas sedimentarias como lodolitas y chert, rocas ígneas como diabasa, toba, basalto, diorita, gabro, granodiorita y rocas metamórficas, como cuarcita. Generalmente son subangulares a subredondeados hacia la parte más somera, y localmente se observan soportados en una matriz arenosa de grano grueso pero predomina el carácter clastosoportado a lo largo del intervalo.

La roca se recuperó muy lavada hacia la base del intervalo (**Figura 81**), por lo que la consolidación del material puede decirse que va de moderadamente a poco consolidado. Presenta óxido, sílice, láminas de yeso y de material carbonatado en algunos de los interclastos o rellenando espacios entre los bloques. Hacia los 463,33' presenta trazas de carbón y se observa un aumento relativo a partir de 853' de la presencia de bloques.

Figura 85. Conglomerado polimíctico, poco consolidado y muy lavado, 60' de profundidad



Figura 86. Conglomerado Polimíctico, arenosoportado, 850' de profundidad

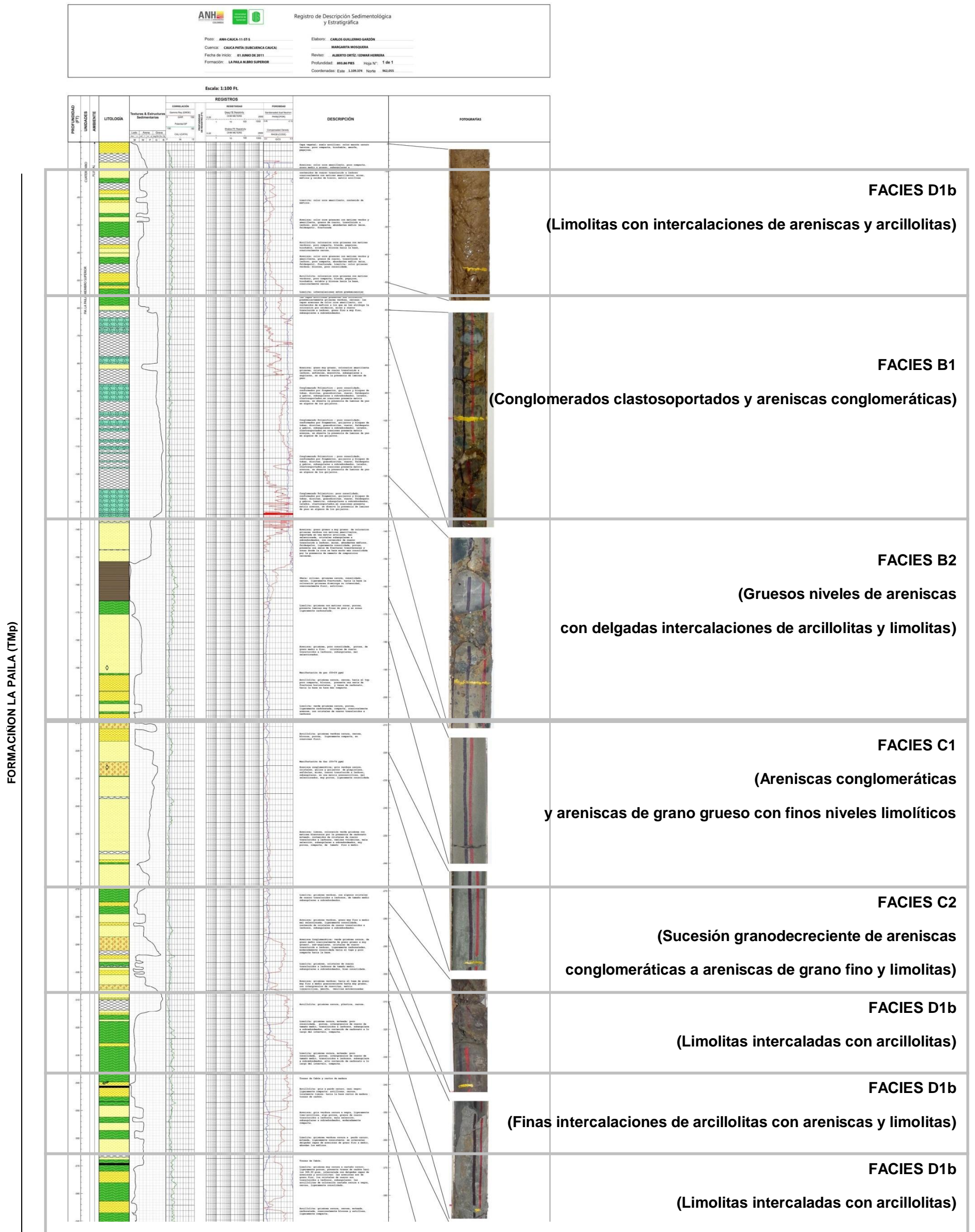


Finalmente se observan capas de Shale de composición silíceas, coloración grisácea oscura disminuyendo su intensidad hacia la base. Consolidado, ligeramente fracturado, lo que genera sectores donde la roca expone un comportamiento fisil, de aspecto ceroso y astilloso.

7.1.3.14. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-11-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-11-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 83**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 87. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-11-ST-S



FORMACIÓN LA PAILA (T1p)

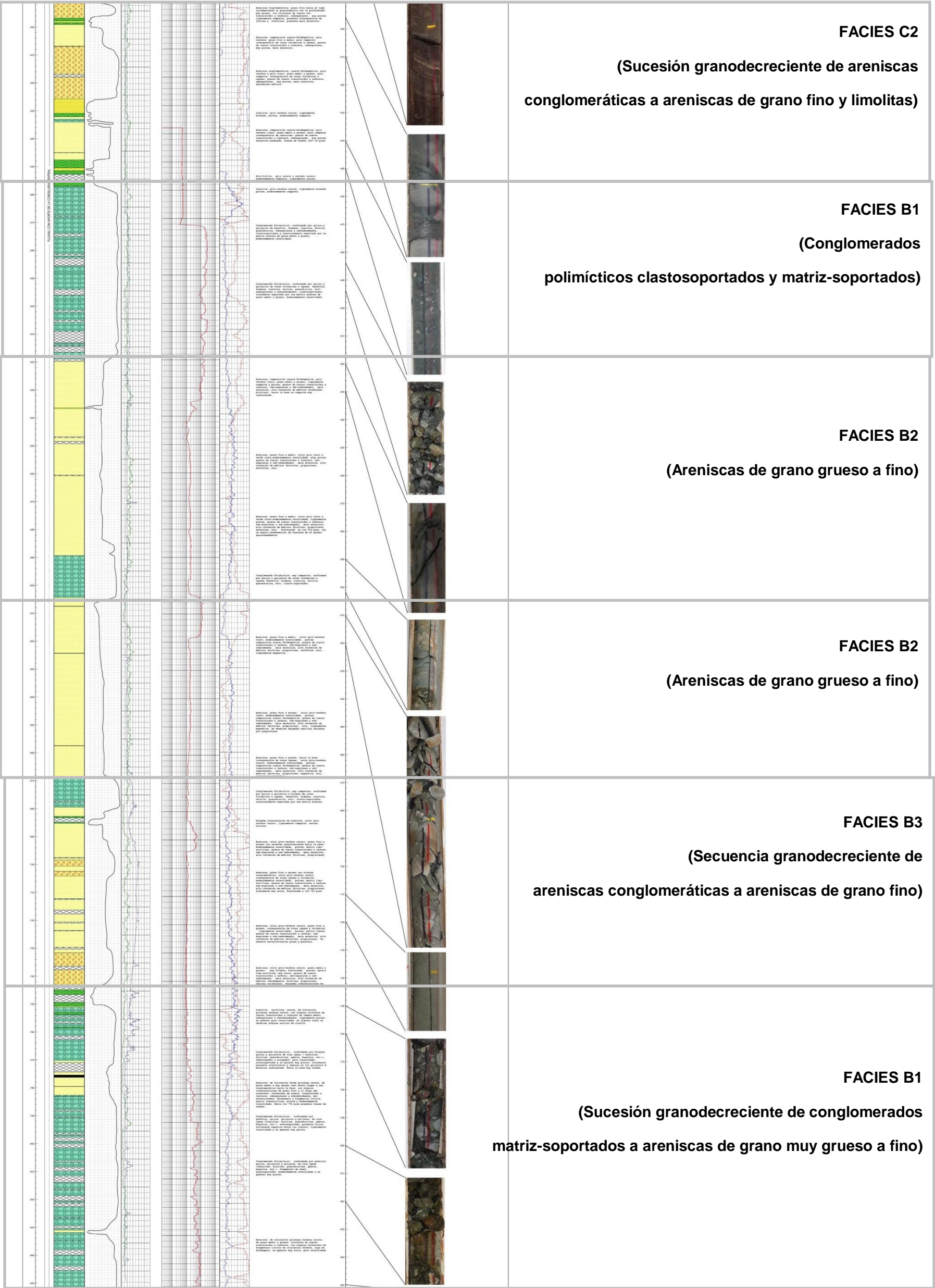
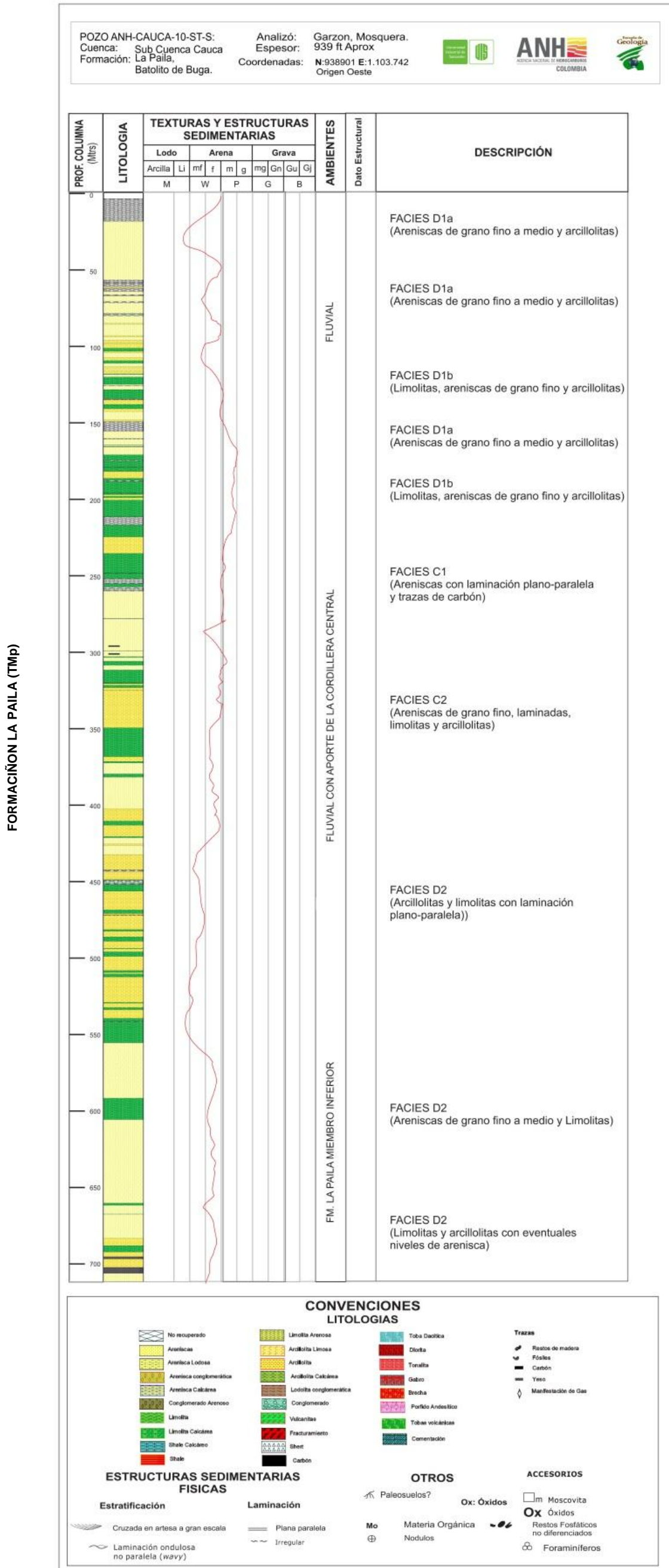


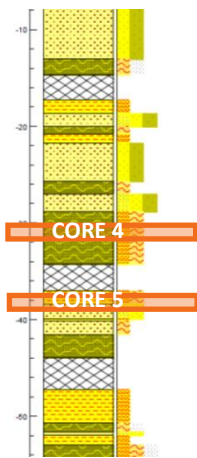
Figura 88. Columna generalizada del pozo ANH-CAUCA-11-ST-S.



A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación La Paila (Mbro. Superior) en el pozo ANH-CAUCA-11-ST-S:

FACIES D1b (limolita con intercalaciones de arcillolitas y areniscas)

(Intervalo 10' - 54')



Capas gruesas de Limolita ligeramente consolidada, arenosa, de coloración verde grisácea con matices amarillentos, de grano muy fino, consolidadas, laminación plana; intercaladas con Arenisca de coloración grisácea verdosa con matices amarillentos atribuidos a la oxidación de máficos, cristales de cuarzo translucido a lechoso, bien seleccionados e incluidos en una matriz arcillosa, laminación plana; y capas arcillosas de coloración predominantemente grisácea verdosa, cerosa, pegajosa, amorfa, plástica, poco consolidada, en sectores

blocosa.

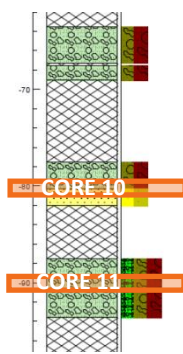
- **Limolita**



- **Arenisca intercalada con Arcillolita**



FACIES B1 (conglomerados clastosoportados y arenitas conglomeráticas) (Intervalo 62'- 98')



Secuencia de capas gruesas de Conglomerado Polimíctico poco consolidado, conformado por gránulos, guijos, guijarros, fragmentos y bloques de tobas, granodioritas, cuarzo, feldespatos y gabros, subredondeados, lavados, clastosoportados, en ocasiones presenta matriz arenosa; ocasionalmente se intercalan capas delgadas de areniscas de grano muy grueso, coloración amarillenta grisácea, cristales de cuarzo translucido a lechoso, con contenidos de anfíboles, moscovita, subangulares a angulares. Es característica la presencia de láminas de yeso.

- **Conglomerado polimíctico hacia el tope, arenisca hacia la base**

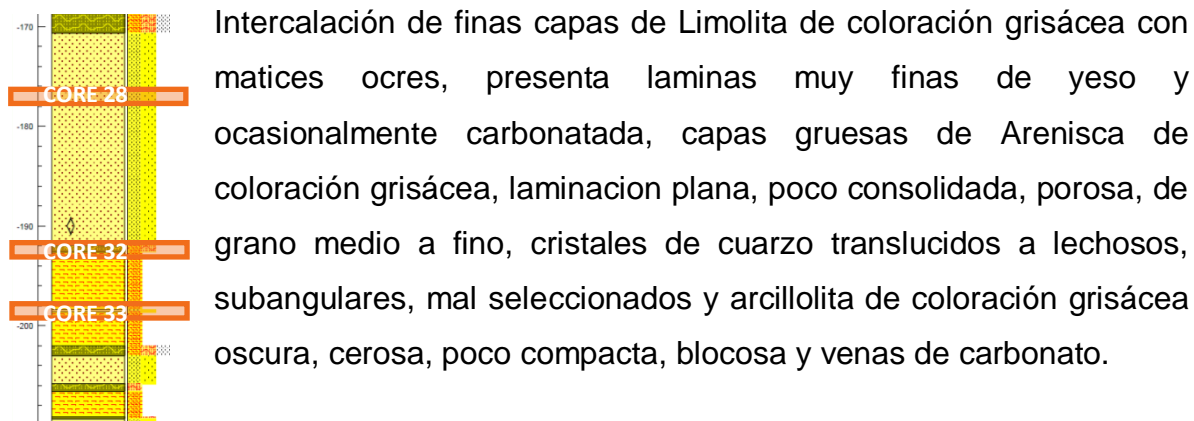


- **Conglomerado polimíctico de matriz arenosa**



FACIES B2 (Grosos niveles de areniscas planoparalelas con delgadas intercalaciones de limolita y arcillolita)

(Intervalo 169'- 210')



- **Limolita**



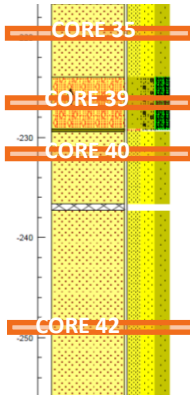
- **Arenisca**



- **Limolita y Arcillolita**

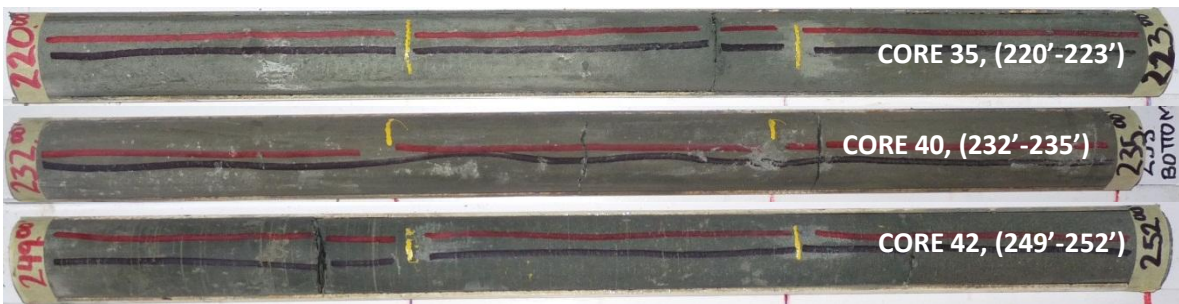


FACIES C1 (areniscas conglomeraticas y areniscas de grano grueso con finos niveles limolíticos)
(Intervalo 218'- 256')



Capas arenosas de grano grueso a muy grueso pasando a ser conglomeráticas, matriz limosa, de coloración grisácea verdosa oscura, compactas, muy porosas, algo carbonatadas, cristales de cuarzo translucidos a lechosos, grano grueso, subangulares, mal seleccionados, las Areniscas conglomeráticas son de coloración gris verdosa oscura, cristales, guijos y guijarros de plagioclasa, anfíboles, micas, cuarzo translucido a lechoso, subangulares, en una matriz arenoarcillosa, mal seleccionados, muy porosa y poco consolidada, hubo manifestación de gas en los intervalos de areniscas conglomeráticas. Ocasionalmente finas capas de Limolita de coloración grisácea, ligeramente porosa, con cristales de cuarzo de tamaño medio.

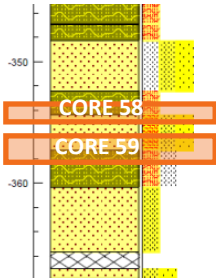
- **Areniscas**



- **Arenisca conglomerática**

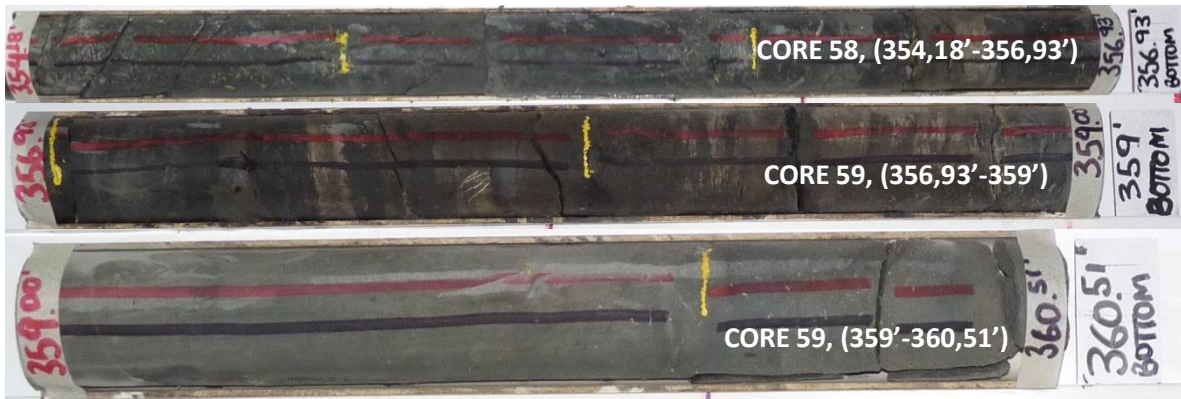


**FACIES D1b (finas intercalaciones de arcillolitas con areniscas y limolitas)
(Intervalo 346'- 368')**

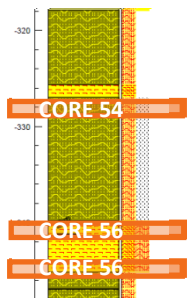


Intercalación de finas capas planas de arcillolita coloración pardo oscuro a negro; ligeramente compacta; astillosa, cerosa, localmente limosa con capas de areniscas de grano fino a medio coloración verde oscura a grisácea oscura, ligeramente limo-arcillosa, algo porosa, los granos de cuarzo son translucidos a lechosos, mala selección, subangulares a subredondeados, moderadamente compacta y Limolita de coloración verdosa grisácea oscura a pardo oscuro, moteada, ligeramente consistente, se observan cristales de cuarzo y carbonato.

- **Intercalación de arcillolitas, areniscas y limolitas**



**FACIES D1b (limolitas intercaladas con arcillolitas)
(Intervalo 318'- 346')**



Limolita compacta, de coloración grisácea, porosa, con algunos intergranulos de cuarzo de tamaño Limolita compacta, de coloración grisácea, porosa, con algunos intergranulos de cuarzo de tamaño medio, translucidos a lechosos, subangulares a subredondeados, alto contenido de carbonato de forma moteada intercalada con Arcillolita

de coloración grisácea oscura a parda oscura, moteada, ligeramente astillosa, compacta, cerosa, moteada, con alto contenido de carbonato, se observan finas láminas paralelas de material limoso y carbonatado a lo largo del intervalo.

- **Limolita**



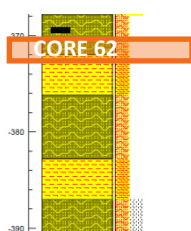
- **Arcillolita**



- **Arcillolita hacia el tope, Limolita hacia la base**



FACIES D1b (intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino)
(Intervalo 368'- 390')



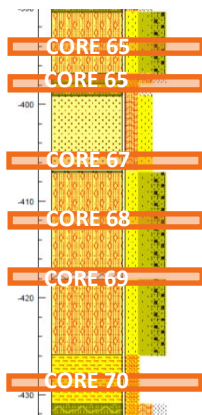
Limolitas intercaladas con finas láminas de arenisca de grano fino de coloración grisácea muy oscura a castaña oscura, ligeramente porosas, laminación plana, ocasionalmente presenta trazas de carbón, y arcillolitas de coloración castaña oscura a negra, cerosa, ligeramente consolidadas.

- **Limolita hacia el tope y arcillolita hacia la base**



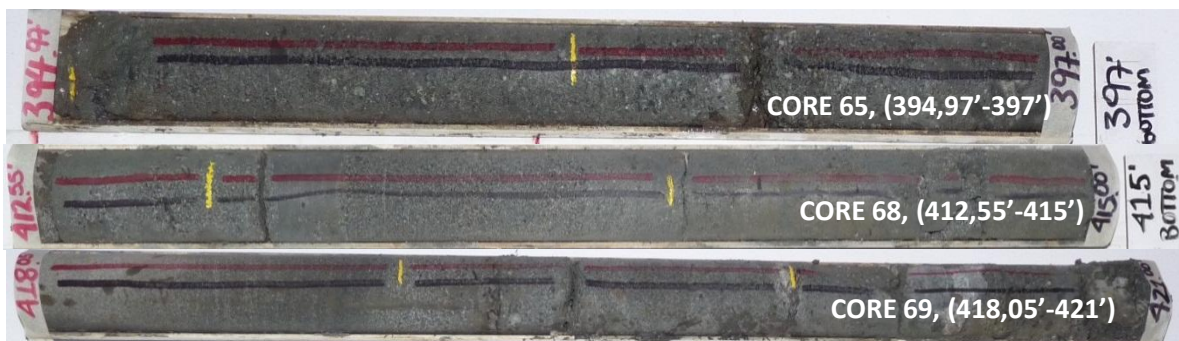
FACIES C2 (sucesion granodecreciente de areniscas conglomeraticas a areniscas de grano fino y limolitas)

(Intervalo 390'- 431')



Capas gruesas de arenisca de carácter granodecreciente de base a tope desde ligeramente conglomerática a fino, composición cuarzofeldespática, presenta fragmentos de limolitas y arcillolita, ocasionalmente trazas de carbón, los cristales de cuarzo son translucidos a lechosos, subangulares, muy porosa, ligeramente compacta, presenta intergranulos de material ígneo (basaltos, diabasa, gabros), lutitas y cuarcitas, mala selección. En su parte más fina en contacto neto con Limolita de coloración grisácea verdosa oscura, moteada, ligeramente carbonatada y porosa, compacta. Presenta ocasionalmente intercalaciones de Arcillolita de coloración gris oscura a negra, cerosa, moderadamente compacta y blocosa.

- Arenisca conglomerática



- Limolita



- Arenisca

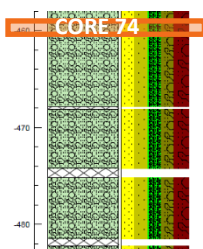


- **Arcillolita**



FACIES B1 (Conglomerados polimícticos clastosoportados y matriz soportados)

(Intervalo 458' - 495')



Conglomerado Polimíctico conformado por guijos y guijarros de rocas volcánicas (basaltos, diabasa, cuarcita, diorita, granodiorita, etc.); subangulares a subredondeados, clastosoportados y soportado por una matriz arenosa de grano medio a grueso, moderadamente consolidado, presenta ocasionalmente trazas de

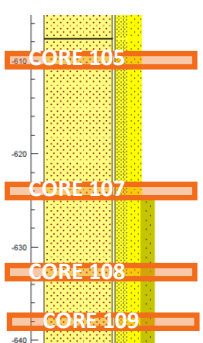
carbón.

- **Conglomerado polimíctico**



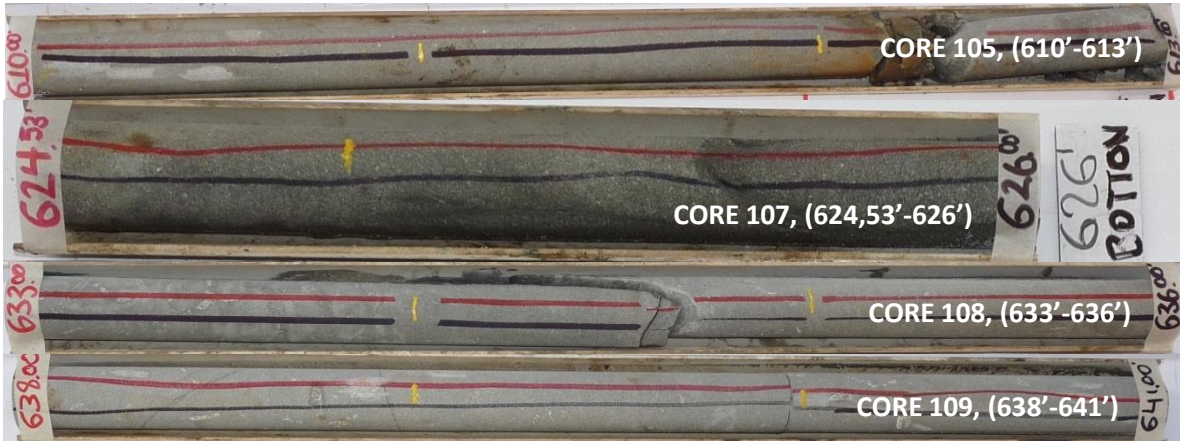
FACIES B2 (Areniscas de grano grueso a fino)

(Intervalo 606' - 640')

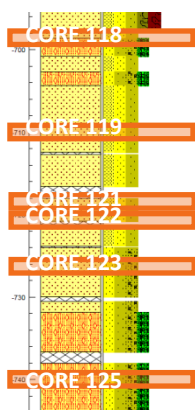


Arenisca de carácter granodecreciente de base a tope, desde grano grueso a fino; coloración grisácea clara a verde, moderadamente consolidada, ligeramente porosa; composición cuarzo feldespática; granos de cuarzo translucidos a lechosos, sub-angulares a sub-redondeados, mala selección, alto contenido, cuarzo, plagioclasa y máficos (biotitas, anfíboles) ligeramente magnética (cristales finos de magnetita). Presenta fracturamiento con dirección preferencial

con buzamiento aproximado de 45 grados, se observan delgadas venillas rellenas sílice.

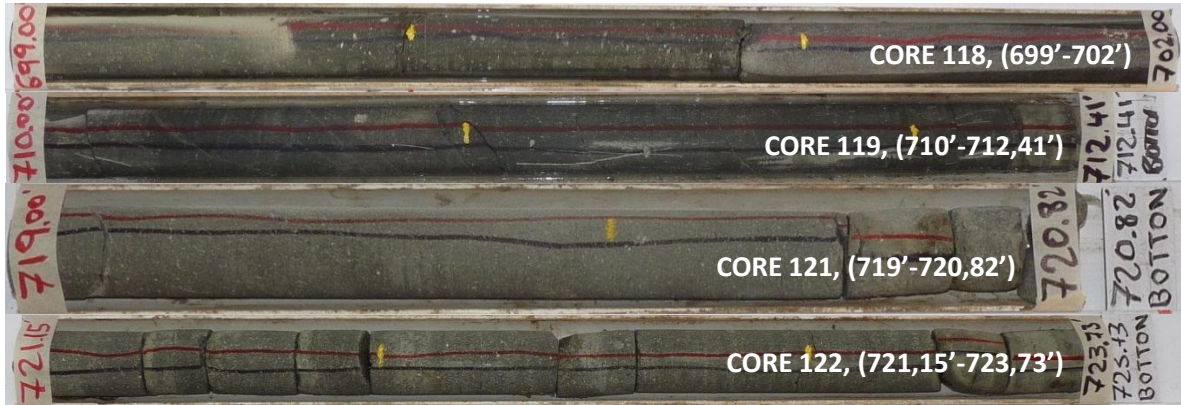


**FACIES B3 (secuencia granodecreciente de areniscas conglomeráticas a areniscas de grano fino)
(Intervalo 696'- 744')**

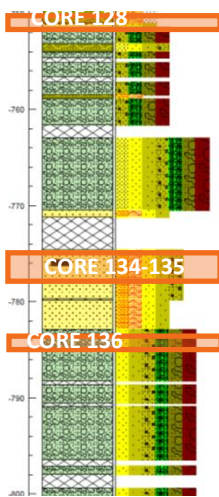


Capas arenosas de carácter granodecreciente de base a tope que varían desde conglomeráticas hasta grano fino, en general la coloración grisácea verdosa oscura, fragmentos de rocas ígneas, ligeramente consolidadas, porosas; matriz limoarcillosa; fragmentos de plagioclasa, los cristales de cuarzo translucidos a lechoso, sub-angulares a sub-redondeados, mala selección, alto contenido de máficos (biotitas) y presencia de cenizas volcánicas, muy sucias, presentan fracturas constantes de manera transversal, se observa

laminación plana.



**FACIES B1 (sucesión granodecreciente de conglomerados matriz-soportados a areniscas de grano muy grueso a fino)
(Intervalo 750' - 800')**



Finas capas de Arcillolita arenosa, cerosa, de coloración gris verdosa oscura, con algunos cristales de cuarzo translucidos a lechosos de tamaño medio, subangulares a subredondeados, ligeramente porosa y en general poco consolidada; en algunos casos se observan algunas estrías de cizalla, intercaladas con gruesos bancos de Conglomerado Polimíctico conformado por bloques, guijas y guijarros de roca ígnea (cuarcitas, dioritas, granodioritas, gabros, basaltos, etc.), subelongados a elongados, poco consolidado, arenosoportado y en general muy poroso. Se intercalan también capas gruesas de Arenisca de matriz

limoarcillosa, coloración verdosa a grisácea oscura, granodecreciente de base a tope desde fino a muy grueso, cristales de cuarzo translucidos a lechosos, subangulares a subredondeados, localmente presenta intergránulos y fragmentos de roca ígnea, muy porosa y en general poco consolidada, presenta trazas y fragmentos de carbón expuestos al corte de uno de los segmentos.

- **Limolita, Arenisca y conglomerado polimíctico**



- **Arenisca**

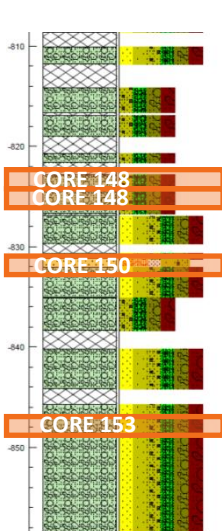


- **Conglomerado polimíctico**



FACIES B1 (Conglomerados clastosoportados y arenas de grano medio a grueso)

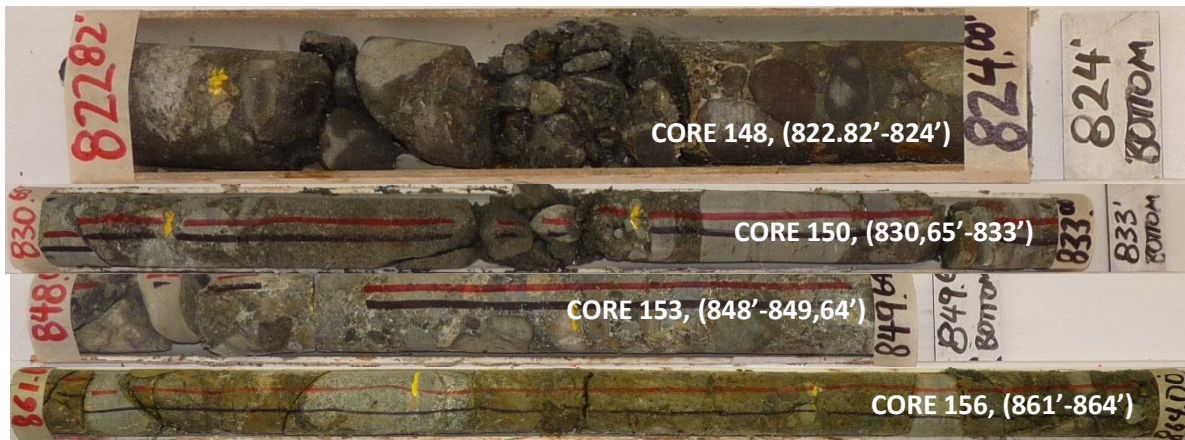
(Intervalo 810' - 850')



Conglomerado Polimíctico conformado por gránulos, guijos, guijarros, guijones y predominancia de bloques de roca ígnea (Cuarzitas, diabasa, dioritas, granodioritas, gabros, basaltos, etc.), fragmentos de cuarzo lechoso, chert y caliza, predominantemente clastosoportado, localmente arenosoportado, en general los clastos son subesféricos a subelongados, en algunos sectores se presenta material calcáreo al parecer relleno de espacios intergranulares o entre bloques, de poco a moderadamente consolidado y en general muy poroso, fracturado, algunos planos de fractura presentan pátina de óxido de hierro, Presenta ocasionalmente finas capas de Arenisca de coloración grisácea verdosa oscura, de grano medio a grueso, cristales de cuarzo translucidos a lechosos, fragmentos

líticos de coloración verdosa, algo de feldespato, en general muy sucias y poco consolidadas.

- **Conglomerado polimíctico**



7.1.3.15. LITOLÓGÍA DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) ENCONTRADA EN EL POZO ANH-CAUCA-12-ST-S

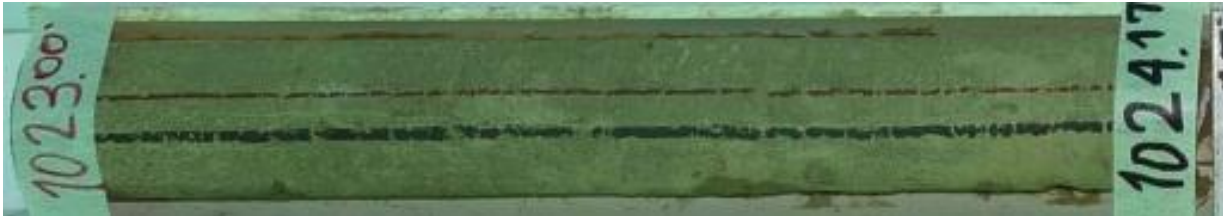
La formación la Paila Mbro. Superior encontrada en el pozo ANH-CAUCA-12-ST-S, se caracteriza por estar conformado litológicamente por Arcillolitas, limolitas, areniscas, y conglomerados Polimícticos interestratificados.

Hacia el tope de la formación se presentan unas arcillolitas de color amarillento, pardo, rojizo, que son terrosas, y poco compactas, muy hinchables, amorfas, y pegajosas. Estas arcillolitas están intercaladas con areniscas de color gris oscuro, de matriz limoarcillosa, sucias, es evidente la dirección de fracturas que van alrededor de los 40° y los 45°, (**Figura 89 y 90**). Estas arcillolitas pardas se evidenciaron desde el tope de la formación hasta los 160,10 pies de profundidad, intercaladas entre los cuerpos de arenas y conglomerados, difieren de las encontradas hacia el tope, se presentan más compactas y en su mayoría de color gris claro a oscuro, y otras pardo expansivas, pegajosas; terrosas.

Figura 89. Arcillolitas fracturadas con ángulos que varían entre los 40° y 45°, 33' de profundidad

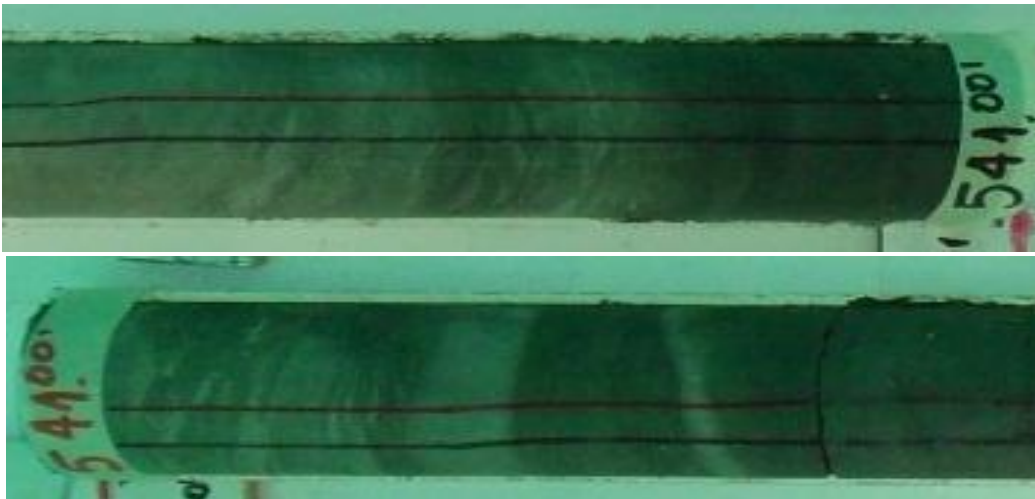


Figura 90. Arcillolitas bien consolidadas, 1.023' de profundidad



Son comunes también a lo largo de todo el intervalo los bancos limolíticos de potente espesor intercalados con areniscas, conglomerados polimícticos; de color gris, verdoso y ocasionalmente pardas, terrosas, poco compactas, blocosas y astillosas, en común la presencia de yeso a lo largo de todo el intervalo. En su mayoría muy arenosas y ocasionalmente cerosas, en un 10% son solubles, ligeramente permeables y muy sucias; presentan una excelente exposición de las estructuras sedimentarias internas donde se observa laminación cruzada en artesa y laminación plana paralela (**Figura 91**).

Figura 91. Limolita con laminación cruzada en artesa, 540' de profundidad



Las capas de arenisca se caracterizan por el carácter granocreciente hacia la base, laminación cruzada y en artesa ocasionalmente se presentan como flaser, intercalada con capas de limolitas y conglomerados polimícticos, localmente la granulometría aumenta hasta alcanzar un predominio de las areniscas conglomeráticas. Son en su mayoría de color gris oscuro, de grano fino a muy grueso con niveles conglomeráticos con intergránulos de rocas volcánicas, ígneas como diabasas, tobas, basaltos, cuarcitas, dioritas y granodioritas; en su 90% son sub-redondeados a sub-angulares; con abundantes máficos; mica biotitas, magnetita, y hornblenda en menor proporción; los cuales son los responsables del color predominante de la formación, son porosas, ligeramente consolidadas y fracturadas en una dirección preferencial, presentan en un 20% con matriz limosa; los cristales de cuarzo son traslúcidos a lechosos, mal calibradas (**Figuras 92, 93 y 94**).

Figura 92. Areniscas con intercalaciones conglomeráticas, 304' de profundidad



Figura 93. Arenisca de grano fino a grueso con laminación flaser, 613' de profundidad



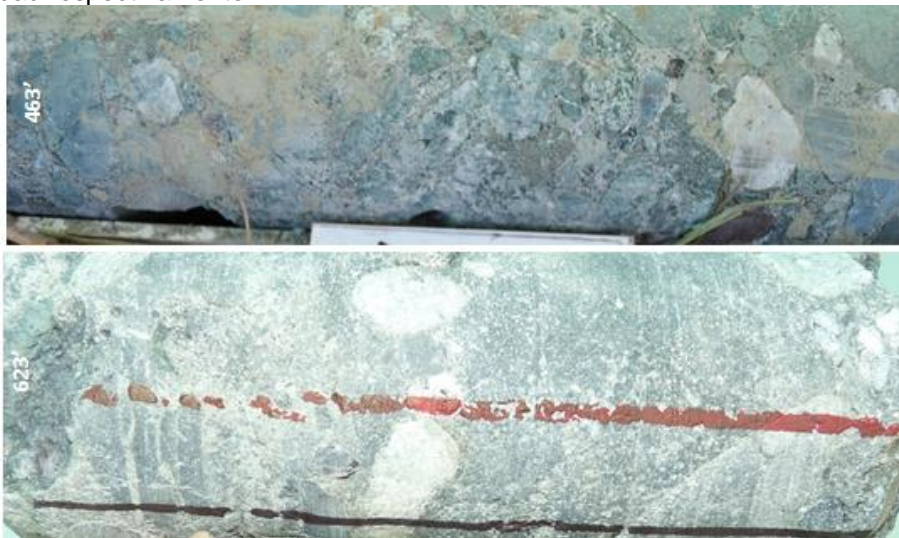
Figura 94. Contacto neto de arenisca de grano medio con areniscas conglomeráticas, 616' de profundidad



Las capas de conglomerados polimícticos son en general de color gris claro a oscuro, con una matriz areno-arcillosa, compuestos por fragmentos de rocas

ígneas asociadas a los depósitos volcanosedimentarios, dioritas, granodioritas, diabasas, basaltos, tobas, fragmentos de guijos y guijarros de cuarzo, feldespatos y anfíboles, ligeramente consolidados y pobremente seleccionados. Los clastos varían de subredondeados a subangulares y se encuentran en la mayoría clastosportados y soportados en una matriz arenarcillosa (**Figura 95**).

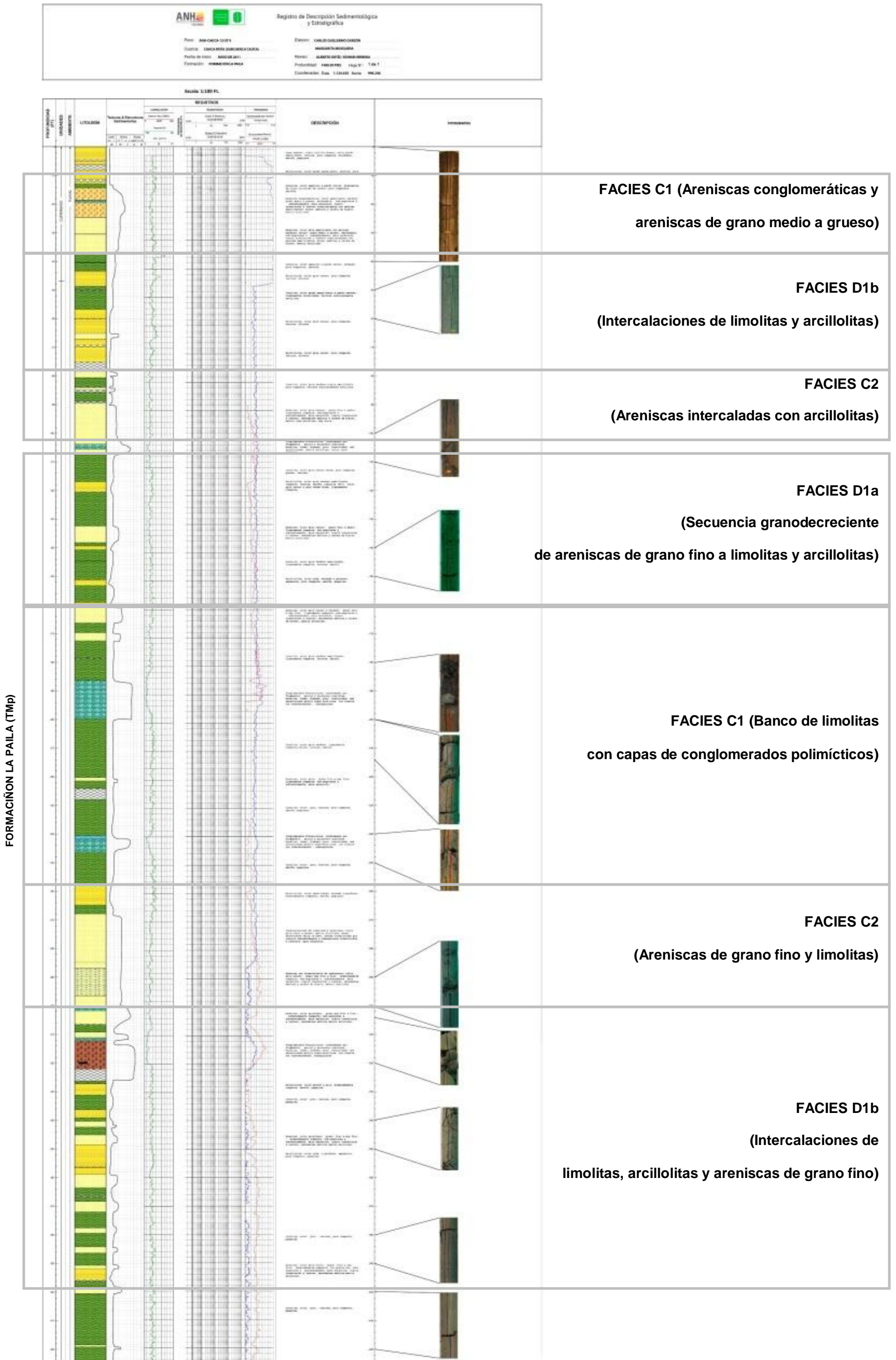
Figura 95. Contacto neto de arenisca de grano medio con areniscas conglomeráticas, 463' y 623' de profundidad respectivamente



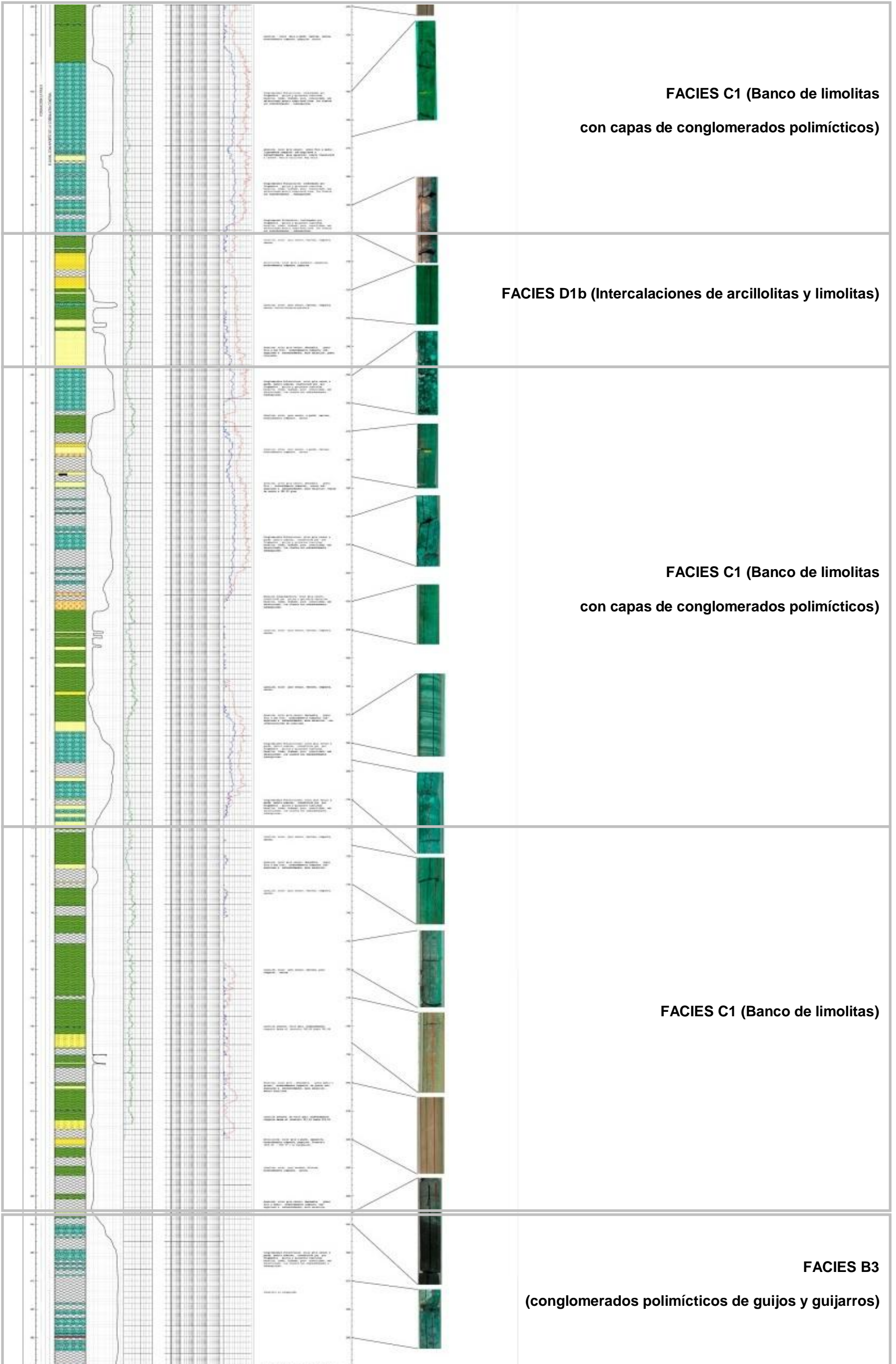
7.1.3.16. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (MBRO. SUPERIOR) (TMp) EN EL POZO ANH-CAUCA-12-ST-S

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de los núcleos de roca del pozo ANH-CAUCA-12-ST-S (Descripción por litologías y fotografías de núcleo desnudo) se realiza la columna estratigráfica de dicho pozo (**Figura 96**) y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 96. Columna estratigráfica pozo ANH-CAUCA-12-ST-S



FORMACIÓN LA PAILA (T1p)



FORMACIÓN LA PAILA (TmP)

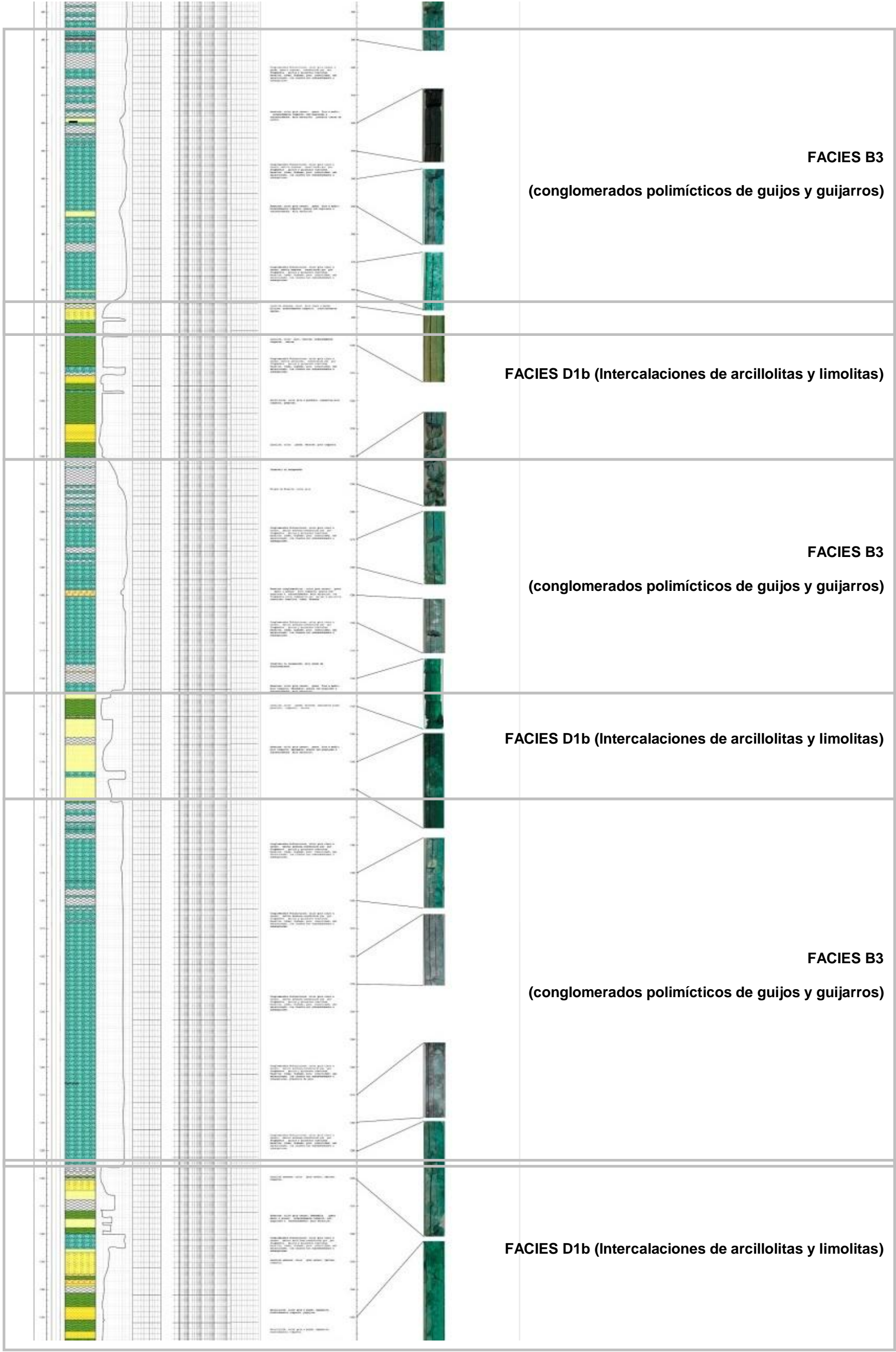
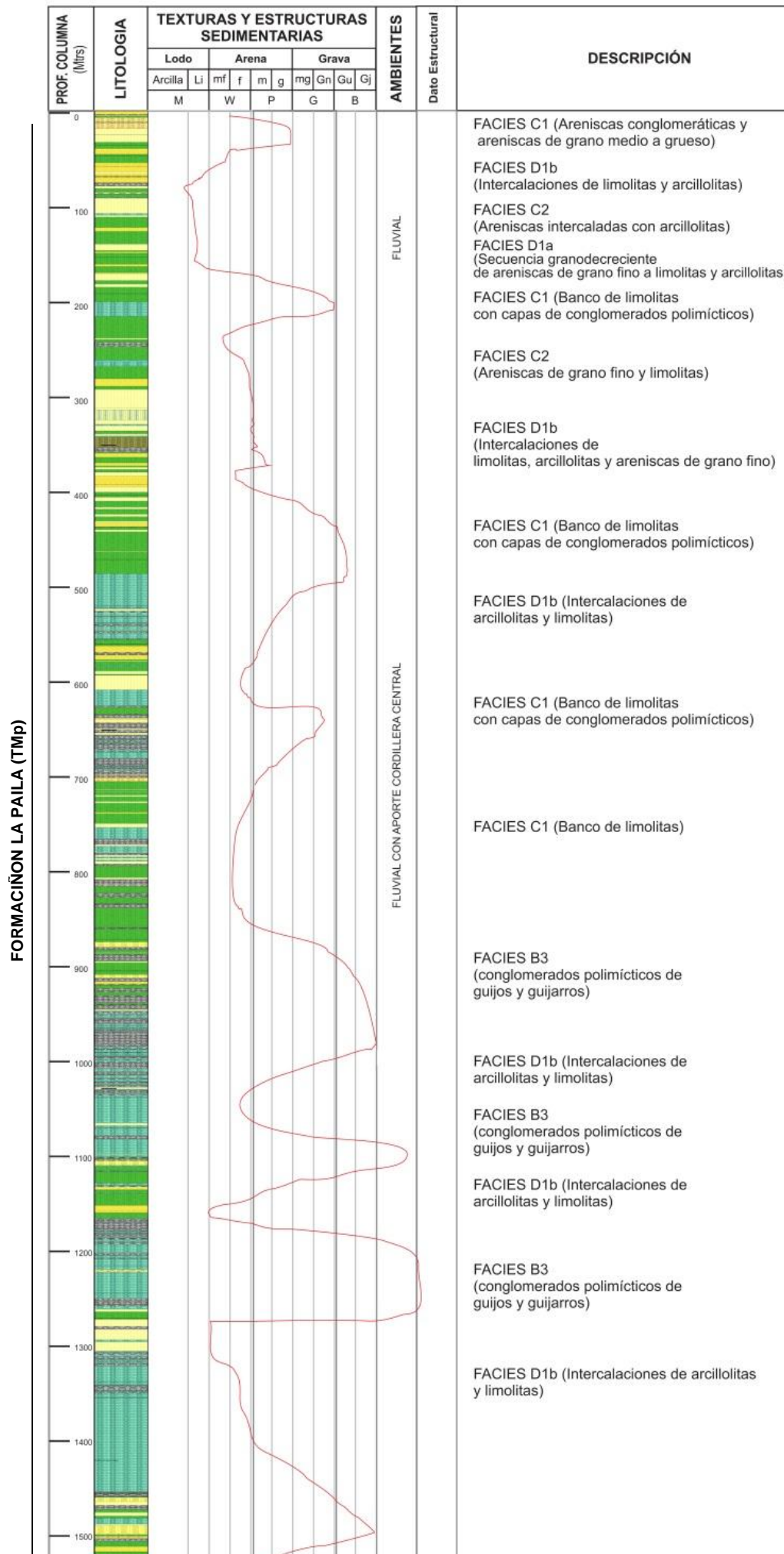


Figura 97. Columna generalizada para el pozo ANH-CAUCA-12-ST-S

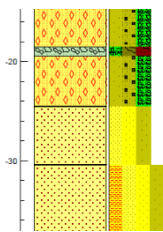
POZO ANH-CAUCA-12-ST-S:	Analizó: Garzon, Mosquera.
Cuenca: Sub Cuenca Cauca	Espesor: 1480.59 ft Aprox
Formación: La Paila	Coordenadas: N:996.182 E:1.109.236
	Origen Oeste



A continuación se muestra a detalle la descripción de facies de las partes más representativas de columna estratigráfica detallada de la formación La Paila (Mbro. Superior) en el pozo ANH-CAUCA-12-ST-S:

FACIES C1 (Areniscas conglomeráticas y areniscas de grano medio a grueso)

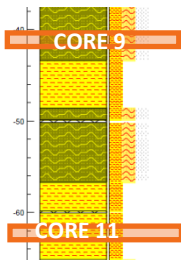
(Intervalo 16'- 38')



Bancos arenosos de carácter granocreciente de base a techo; hacia el tope se observa una Arenisca Conglomerática de color amarillento verdoso; grano medio a grueso, deleznable; subangulares a subredondeados, mala selección, cuarzo translucido a lechoso ocasionalmente con matices amarillentos, micas, máficos y óxidos de hierro, matriz arcillosa, hacia la base las capas de arenisca son de grano medio a grueso, de color gris amarillento con matices pardusco oscuro; deleznales; sub-angulares a subredondeados, mala selección.

FACIES D1b (Intercalaciones de limolita y arcillolitas)

(Intervalo 38'- 64')



Limolita color gris verdoso a gris amarillento, moderadamente consolidada; blocosa ocasionalmente astillosa, terrosa y ligeramente permeable intercalada con capas de Arcillolita de color gris verdoso, poco compacta, fangosa, pegajosa, amorfa.

- **Limolita**

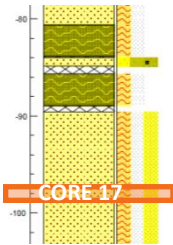


- **Arcillolita**



FACIES C2 (Areniscas intercaladas con limolitas)

(Intervalo 80' - 104')



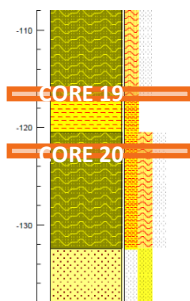
Arenisca color gris oscuro; grano fino a medio; ligeramente compacta; subangulares a subredondeados, mala selección, cuarzo translucido a lechoso, abundantes máficos y óxidos de hierro, matriz limo-arcillosa, muy sucia, intercalada con capas de Limolita de color gris verdoso a gris amarillento, poco compactas; blocosas y ocasionalmente astillosa.

- Arenisca



FACIES D1a (Secuencia granodecreciente de areniscas de grano fino a limolitas y arcillolitas)

(Intervalo 108' - 137')



Capas gruesas de limolita de color gris oscuro verde, poco compacta; porosa y terrosa, laminación paralela, intercalada con finas capas de Arcillolita de color gris verdoso amarillenta, compacta, terrosa y amorfa y Arenisca, color gris oscuro; grano fino; ligeramente compacta; sub-angulares a subredondeados, mala selección, cuarzo translucido a lechoso, abundantes máficos y óxidos de hierro, matriz

arcillosa

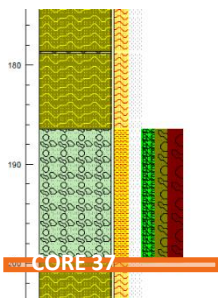
- Limolita



- Arcillolita



FACIES C1 (bancos de limolitas con capas de conglomerados polimícticos)
(Intervalo 176'- 204')

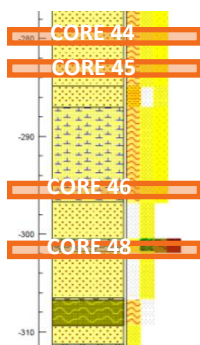


Intercalación de bancos de Limolita de color gris verdoso amarillenta, ligeramente compacta, terrosa, amorfa con capas de Conglomerados Polimícticos conformados por fragmentos, guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidados, mal seleccionados, matriz areno-arcillosa y de clastos subredondeados a subangulares.

- Limolita

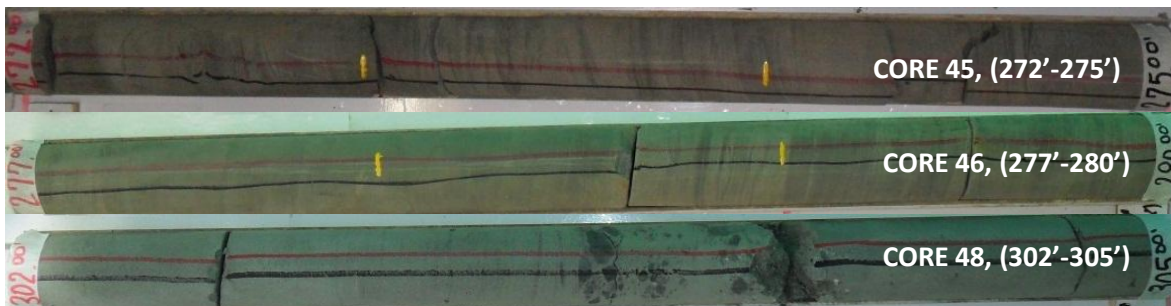


FACIES C2 (intercalaciones de areniscas de grano fino y limolitas)
(Intervalo 277'- 311')



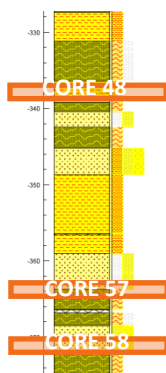
Intercalación de areniscas de grano fino y color gris claro a oscuro, matriz arcillosa, arenas constituidas por cuarzos subredondeados a subangulares translucidos a lechosos y de regular selección, intercaladas con Limolita de color gris claro, compacta, muy fracturada en diferentes direcciones y generalmente terrosa. Se observa laminación ondulosa.

- Arenisca



FACIES D1b (intercalaciones de limolitas, arcillolitas y areniscas de grano fino)

(Intervalo 318'- 374')



Intercalación de Areniscas, Limolitas y Arcillolitas. La Limolita es de color gris moteada a tonos claros, terrosa, poco compacta y amorfa, la Arcillolita de color marrón a gris, moderadamente compacta, amorfa y pegajosa, y las capas de arenisca son de color gris claro; grano fino a muy fino ; moderadamente compactas; sub-angulares a subredondeados, mala selección, cuarzo translucido a lechoso, abundantes máficos y matriz arcillosa. Se observa laminación ondulosa.

- Intercalación de Arenisca y Limolita



- Limolita

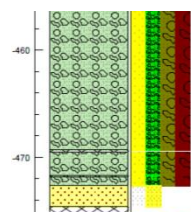


- Arenisca



FACIES B1 (Conglomerados polimícticos matriz-soportados a clastosoportados)

(Intervalo 456'- 496')

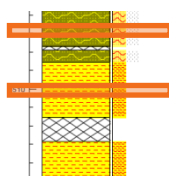


Conglomerados Polimícticos conformados por fragmentos, guijos y guijarros cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidados, mal seleccionados, matriz areno-arcillosa, los clastos son subredondeados a subangulares.



FACIES D1b (Intercalaciones de arcillolitas y limolitas)

(Intervalo 456'- 496')



Intercalación de Arcillolita de color gris a parduzco, expansiva, moderadamente compacta, pegajosa con caras de Limolita color gris oscuro, terrosa, compacta, cerosa.

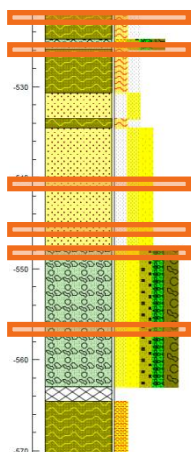
- Limolita



- Arcillolita



FACIES B3 (conglomerados polimícticos, areniscas de grano fino y limolitas)

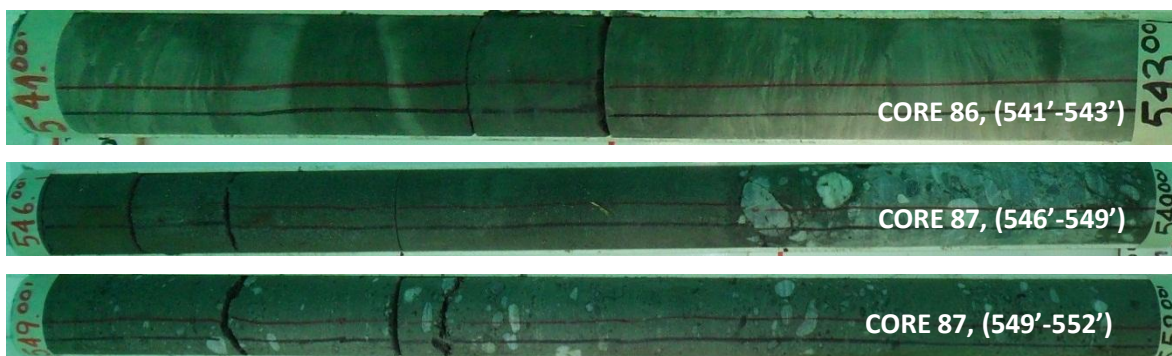


Secuencia granocreciente de tope a base, hacia el tope Limolita, de color gris oscuro, terrosa y compacta, seguido por areniscas color gris oscuro; deleznable, grano fino a muy fino; moderadamente compacta; sub-angulares a subredondeados, mala selección y Conglomerados Polimícticos de tonalidad gris oscura a parda, matriz arenosa, constituido por fragmentos, guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, los clastos son subredondeados. Se observa laminación ondulosa en las capas limosas y arenosas.

- **Limolita**



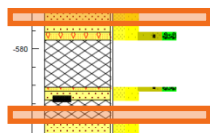
- **Arenisca**



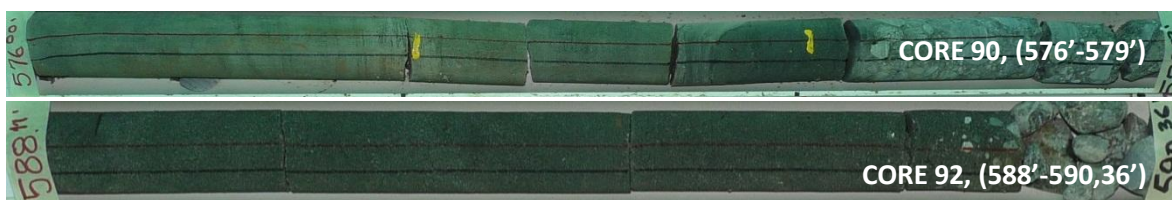
- **Conglomerado polimíctico**



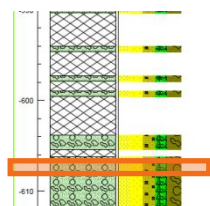
FACIES B2 (Areniscas de grano fino y conglomerados)



Arenisca de color gris oscuro; deleznable, grano fino, moderadamente compacta; granos sub-angulares a subredondeados, mala selección, laminación ondulosa, ocasionalmente Conglomerado Polimíctico color de tonalidades grisáceas, constituido por fragmentos , guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, se observan trazas de carbón en las capas arenosas.



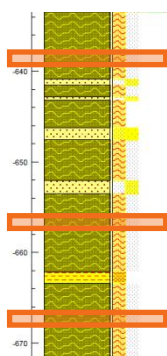
FACIES B3 (conglomerados polimícticos de guijos y guijarros)



Conglomerados Polimícticos de tonalidad grisácea, matriz arenosa, constituido por fragmentos, guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, los clastos son subredondeados.



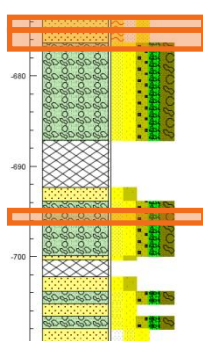
FACIES D1b (Grosos niveles de limolitas con finas intercalaciones arenosas)



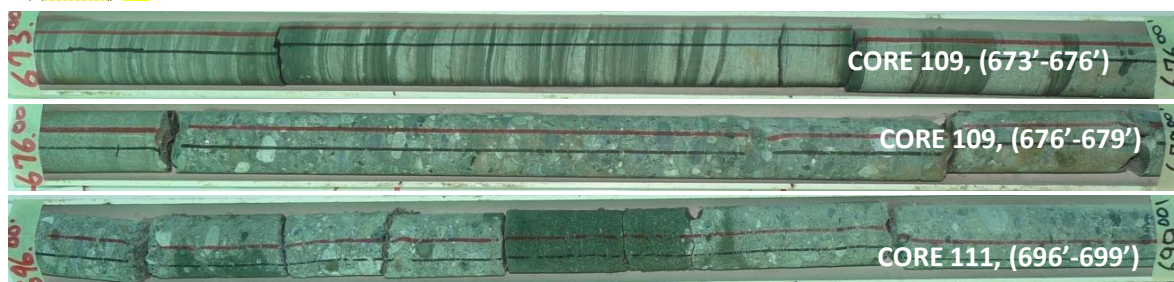
Capas de gran espesor de Limolita de color grisáceo oscuro, terrosa, y compacta, ocasionalmente se intercalan capas de arenisca deleznable, de grano fino a muy fino y formas subangulares a subredondeadas, matriz limoarcillosa. Se observa laminación paralela ocasionalmente.



FACIES B3 (Conglomerados polimícticos con niveles de arenisca fina con laminación planoparalela)



Finas intercalaciones de arenisca de grano fino a muy fino con limolita, laminación paralela, de coloración grisácea, con gruesas capas de Conglomerados Polimícticos de tonalidad grisácea, matriz arenosa, constituido por fragmentos, guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, los clastos son subredondeados.



FACIES D1b (Grosos paquetes de limolitas homogéneas)

Capas espesas de Limolita color gris oscuro, terrosa y poco compacta.



FACIES D1b (intercalaciones de arenisca y limolitas)

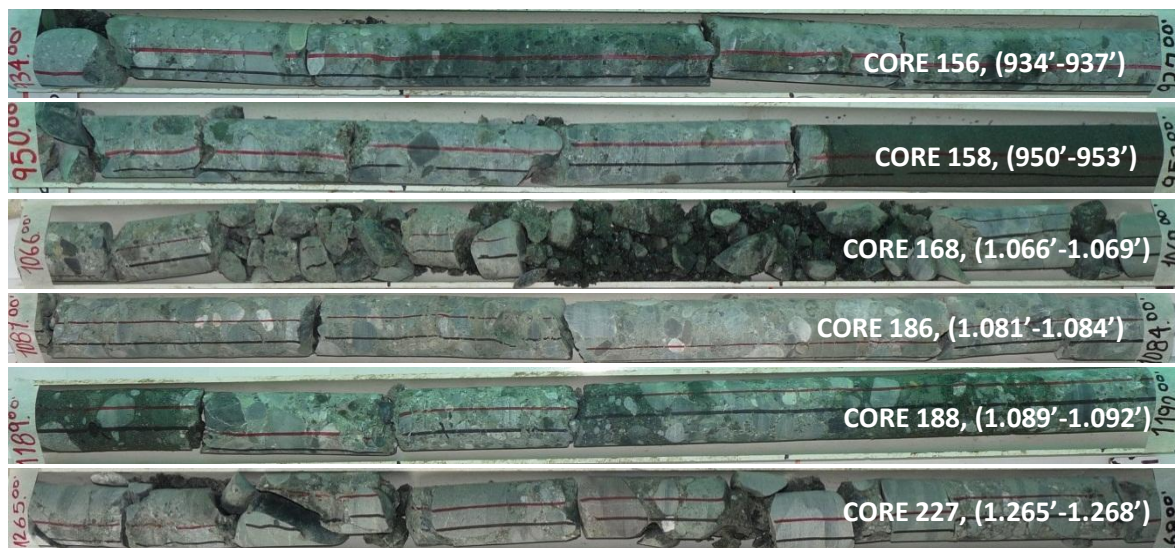
Intercalaciones de Limolita de color gris oscuro, terrosa, poco compacta, ocasionalmente cerosa, con capas finas de Arenisca de color grisáceo; deleznable, grano medio a grueso; moderadamente compacta; de granos sub-angulares a subredondeados, mala selección y matriz arcillosa.



FACIES B3 (Conglomerados y areniscas de grano fino a medio)



Conglomerados Polimícticos de color gris claro a oscuro, matriz arenosa, constituido por fragmentos, guijos y guijarros cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, los clastos son subredondeados a subangulares ocasionalmente Arenisca de color gris oscuro; grano fino a medio; moderadamente compacta; sub-angulares a subredondeados, mala selección, presenta trazas de carbón.

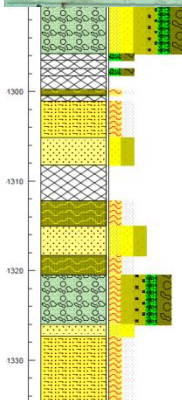


FACIES C2 (Intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino a medio con laminación plano-paralela)

Limolita de color gris, blocosa, compacta, Arenisca de color gris oscuro; grano fino a medio; poco compacta; deleznable; granos sub-angulares a subredondeados, mala selección, se observa laminación paralela.

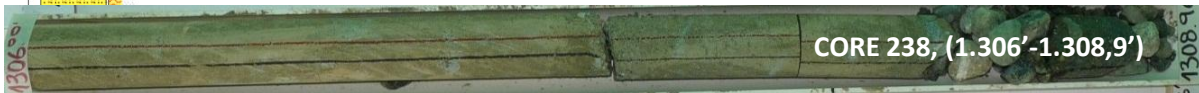


FACIES B3 (intercalaciones de conglomerados areniscas de grano grueso y limolitas)



Intercalación granocreciente, Limolita de color gris oscuro, terrosa, poco compacta, ocasionalmente cerosa, Limolita arenosa de color gris oscuro, terrosa, compacta, cerosa, Arenisca de color gris oscuro; deleznable, grano medio a grueso; moderadamente compacta; sub-angulares a subredondeados, mala selección.

Conglomerados Polimícticos de tonalidad grisácea, matriz arenosa,



constituido por fragmentos, guijos y guijarros de cuarcitas, basaltos, tobas, diabasa, poco consolidado, mal seleccionado, los clastos son subredondeados.

7.1.3.17. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN LA PAILA (TMp)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales

propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies constituidas por intercalaciones conglomeráticas y areno-arcillosas, se infiere que esta unidad es el resultado de la agradación progresiva de abanicos coalescentes formados por los depósitos asociados a la destrucción de las estructuras volcánicas ancestrales.

7.2. LITOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL Y AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LAS FORMACIONES LEVANTADAS MEDIANTE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

Una vez realizado el procesamientos, la interpretación y evaluación de la información obtenida a partir de la perforación de los siete (7) pozos estratigráficos, se realizó una campaña de campo con el fin de reconocer las unidades estratigráficas aflorantes en la subcuenca Cauca, que no fueron cortadas en los pozos “Slim Hole”. Se realizó el levantamiento de veintiséis (26) afloramientos (**Figura 14 y Tabla 9**), cinco (8) secciones estratigráficas y cinco (5) poligonales en las zonas donde afloran las formaciones de interés.

Fue posible hacer el reconocimiento en superficie de las formaciones Vijes, Guachinté, Chimborazo, Ferreira y Nogales así como de las formaciones La Paila y Cinta de Piedra. A continuación se realiza la caracterización litológica y un breve análisis facial de dichas unidades.

Tabla 9. Información general de los afloramientos levantados durante la campaña de campo

CODIGO DE LA ESTACIÓN	PLANCHAS	FORMACIÓN
MG-1	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes
MG-2	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes
MG-3	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes
MG-4	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes
MG-5	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes/Fm. Volcánica
MG-6	280 Palmira, Escala 1:100.000	Fm. Vijes
MG-7	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Guachinté
MG-8	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Guachinté
MG-9	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Chimborazo
MG-10	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Guachinté
MG-11	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Guachinté
MG-12	299 Jamundí, Escala 1:100.000	Fm. Guachinté
MG-13	320 Buenos Aires, Escala 1:100.000	Fm. Ferreira
MG-14	320 Buenos Aires, Escala 1:100.000	Fm. Ferreira
MG-15	320 Buenos Aires, Escala 1:100.000	Fm. Ferreira
MG-16	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. Ferreira
MG-17	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. Nogales
MG-18	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. Nogales
MG-19	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. La Paila
MG-20	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. La Paila
MG-21	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. La Paila
MG-22	261 Tuluá, Escala 1:100.000	Fm. La Paila
MG-23	243 Zarzal, Escala 1:100.000	Fm. La Paila
MG-24	243 Zarzal, Escala 1:100.000	Fm. Cinta de Piedra
MG-25	243 Zarzal, Escala 1:100.000	Fm. Cinta de Piedra
MG-26	243 Zarzal, Escala 1:100.000	Fm. Cinta de Piedra

7.2.1. LOCALIZACIÓN DE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS EN CAMPO

7.2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)

La formación Nogales aflora hacia el noreste de la subcuenca Cauca (**Figura 14**), formando las estribaciones occidentales de la Cordillera Central en los municipios de San Pedro, Tuluá y Andalucía. Está expuesta en la vía que une las Inspecciones de Policía de Venus y Monteloro de Tuluá y en los cauces de los ríos Bugalagrande, Tuluá y San Marcos. Dicha sección fue levantada en el reconocimiento de campo a partir de las secciones MG-17 y MG-18 (**Tabla 9**).

SECCION MG-17 el punto de localiza en la vereda Venus, Tuluá, en la vía que comunica Venus con Monteloro, aproximadamente a 2 km de Venus. Se accede desde Tuluá por la vía que conduce a la Marina y luego se toma la ruta que llega hasta la Moralia. Sobre el margen izquierdo de la vía y margen izquierdo aguas debajo de la quebrada El Paraíso o La Selva. **Plancha:** 261, Tuluá a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N=936.470

E=1.111.454

Z=1.650

SECCION MG-18 el punto se localiza sobre la vereda El Paraíso, Tuluá, por la vía que comunica la Marina con Venus, Monte Loro y Nogales. Margen izquierda de la vía y margen izquierda de quebrada El Paraíso aguas abajo, aproximadamente a 2,29 km de MG-17. **Plancha:** 261, Tuluá a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N= 934.255

E= 1.110.923

Z= 1.879

7.2.1.2. LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc).

La formación Chimborazo aflora a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental (**Figura 14**), desde norte del Cuadrángulo N6 (Popayán) Hasta 5 Km antes del Municipio de Baraya en la plancha 364 (Timbío). Dicha sección fue levantada en el reconocimiento de campo a partir de los afloramientos MG-9 (**Tabla 9**).

SECCION MG-9 el punto se localiza en la margen izquierda de la vía que comunica el municipio de Jamundí con el corregimiento de San Antonio. **Plancha:** 299, Jamundí a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N= 846.131

E=1.049.990

Z=1.347

7.2.1.3. LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg)

La formación Guachinte aflora a lo largo del Río Guachinte y contiene importantes horizontes de carbón (**Figura 14**). Orrego (1975 en Barbosa, 2003) reporta que en su área tipo esta unidad suprayace en discordancia la Formación Chimborazo y es suprayacida en contacto concordante por la Formación Ferreira. Al norte del Río Pance, al suroeste del Municipio de Cali, la Formación Guachinte reposa directamente sobre la Formación Volcánica. Dicha sección fue levantada en el

reconocimiento de campo a partir de afloramientos MG-7, MG-8, MG-10, MG-11 Y MG-12 (**Tabla 9**).

SECCION MG-7 el punto se localiza en el corregimiento la Vorágine, Valle del Cauca, sobre la quebrada Chorro de Plata, punto al cual se accede por la vía que conduce al balneario la chorrera, en el flanco derecho aguas debajo de la quebrada. **Plancha:** 299, Jamundí a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N=861.235

E=1.053.507

Z=1.292

SECCION MG-10 el punto se localiza en la margen derecha de la vía que desde Jamundí, Valle del Cauca, que conduce al corregimiento de San Antonio aproximadamente a 500 m de la vereda Carrasquillal. **Plancha:** 299, Jamundí a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N= 846.225

E=1.050.575

Z=1.307

7.2.1.4. LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA LA FORMACIÓN VIJES (TOV)

La formación Vijes aflora al oeste del casco urbano del municipio de Vijes y al Norte de la Inspección de Policía de Mulaló (Departamento del Valle del Cauca) (**Figura 14**). Dicha sección fue levantada en el reconocimiento de campo a partir de los afloramientos MG-1, MG-2, MG-3, MG-4 y MG-5 (**Tabla 9**).

SECCION MG-2 sección localizado en la cantera Portachuelo, en el municipio de Vijes ubicada hacia el SE de la cabecera municipal de Vijes. **Plancha:** 280, Palmira a escala 1:100.000 del INGEOMINAS.

Coordenadas Planas Datum Marga Sirgas Origen Oeste

N= 899.131

E= 1.070.416

Z= 1.080

7.2.2. GEOMORFOLOGÍA DOMINANTE DE LAS FORMACIONES DESCRITAS A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO DE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS

7.2.2.1. GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)

Es evidente la alta densidad de vegetación (**Figura 98**), se caracteriza principalmente por lomas de cresta redondeada y pendiente media a suave, área inestable y altamente fallada, se observan a lo largo de la vía muchas zonas de deslizamientos.

Figura 98. Relieve predominante sobre la formación Nogales, alrededores de la sección MG-17 y MG-18, alta densidad de vegetación, lomas de cresta redondeada y pendiente media



7.2.2.2. GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc)

En general, la expresión geomorfológica de la Formación Chimborazo se constituye por superficies topográficas suaves con pendientes intermedias. Los drenajes son cortos, poco profundos y en forma de “v”. Baja densidad de vegetación varía entre baja en las laderas a moderada en los valles. Eventos de erosión fluvial y remoción en masa son los principales agentes modeladores del paisaje (**Figuras 99 y 100**).

Figura 99. Relieve predominante sobre la formación Chimborazo, alrededores de la sección MG-9, superficies de topografías suaves con pendientes medias

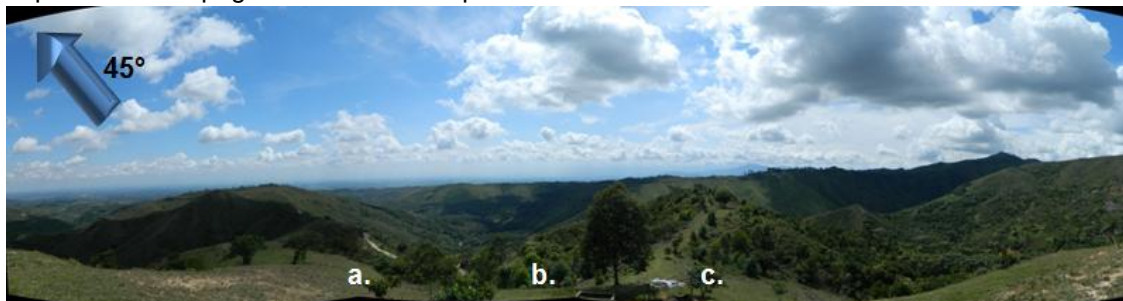


Figura 100. Detalle de las tomas para la panorámica de la geomorfología para Formación Chimborazo superficies de topografías suaves con pendientes medias



7.2.2.3. GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg)

La geomorfología dominante para la formación Guchinté se caracteriza por estar regida por un sistema de lomas de moderada a baja pendiente, de cretas redondeadas y aplanadas y es una zona con alta densidad de vegetación (**Figura 101**).

Figura 101. Relieve predominante sobre la formación Guachinté, alrededores de la sección MG-7, sistema de lomas de moderada a baja pendiente



7.2.2.4. GEOMORFOLOGÍA DE LA DE LA FORMACIÓN VIJES (TOV)

Se observa el valle con una topografía cóncava de amplitud media, rodeado por un sistema de lomas con laderas de pendiente media, en general simétricas y orientación preferente NE-SW (**Figura 102**).

Figura 102. Relieve predominante sobre la formación Vijes, sistema de lomas con laderas de pendiente media



7.2.3. DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES DESCRITAS EN LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS EN EL RECONOCIMIENTO DE CAMPO

7.2.3.1. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)

Está constituida por una serie de cherts muy bien consolidados, areniscas de grano medio a fino, limolitas y arcillolitas ocasionalmente. Se observan abundantes nódulos de hierro, son característicos los matices pardo amarillentos y rojizos producto de la oxidación. Altamente diaclasado, afectado por un sistema de fallas que atraviesan el sector, son comunes los micropliegues con tendencia a verticalizar los estratos (**Figura 103**).

Los cherts de coloración parda oscura, laminados, con zonas de mayor concentración de materia orgánica, porosidad mínima a nula, se observa bioturbación (foraminíferos, presentan caparazones tipo lenticular, sagitado, discoidal y cónico (**Figura 104**) (**ANEXO 5**)). Las limolitas presentan una coloración gris verdosa, con alto contenido de sílice, evidentes como finas capas con laminación interna plano paralela. Las areniscas presentan una coloración grisácea verdosa, en contacto neto, se observan calcos de carga y estructuras de erosión. Una de las características más notorias de este segmento es la presencia de pliegues.

Figura 103. Sección representativa de la formación Nogales y detalle de muestras de mano; intercalación de areniscas de grano muy fino, limolitas, cherts y ocasionalmente arcillolitas micropliegues y nódulos ferruginosos, Vereda Venus, Monteloro, Tuluá



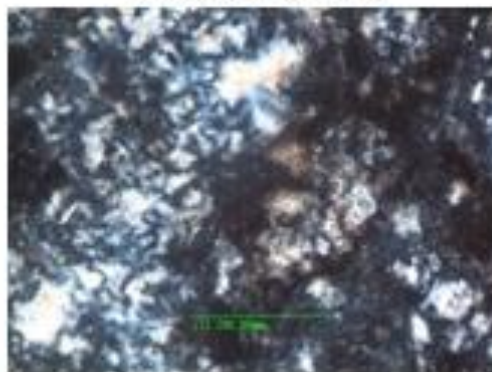
Figura 104. Foraminíferos de estructura anular, y triceral uniceral presentes en la muestra de chert de la Formación Nogales, descrita en sección delgada (ANEXO 5)

Nicoles Paralelos



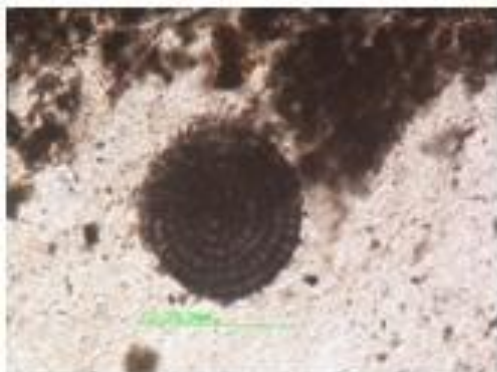
Lente: 40x 0.65.
Foraminíferos (estructura anular).

Nicoles Cruzados



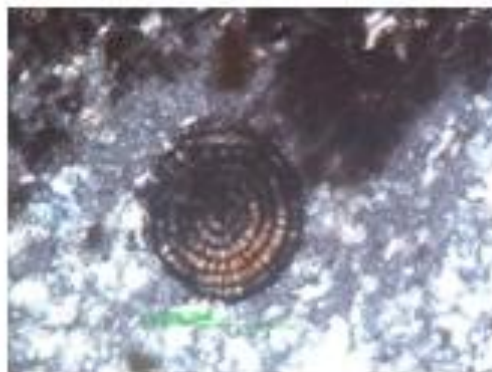
Lente: 40x 0.65.

Nicoles Paralelos



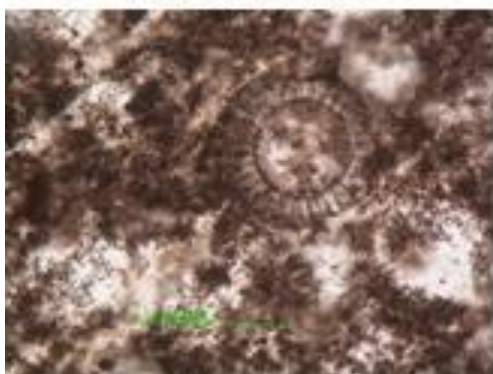
Lente: 40x 0.65.
Característica: Foraminíferos.

Nicoles Cruzados

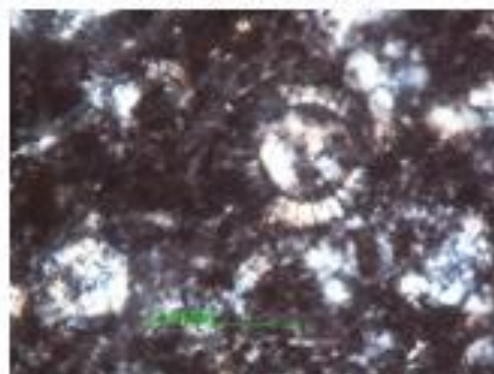


Lente: 40x 0.65.

Nicoles Paralelos



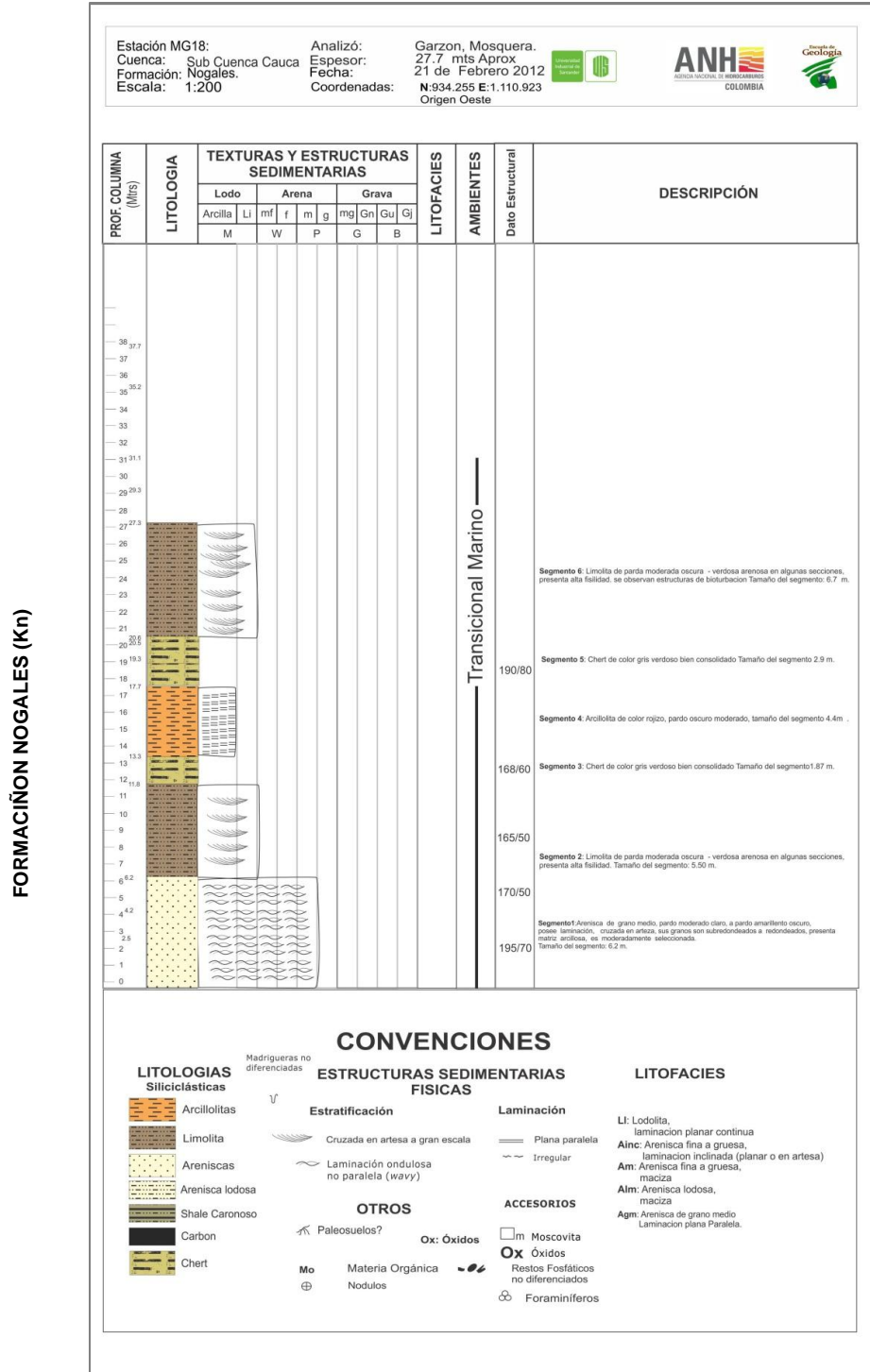
Nicoles Cruzados



7.2.3.2. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en el reconocimiento de se realiza la columna estratigráfica para dicha información (**Figura 105**), y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 105. Columna estratigráfica Formación Nogales (Kn) levantada en la Vereda Venus, Monteloro, Municipio Tuluá, Valle del Cauca



FACIES G2 (Intercalación de areniscas, limolitas, cherts y arcillolitas)

Intercalación de areniscas de grano medio a fino, limolitas, cherts y arcillolitas ocasionalmente. Se observan abundantes nódulos de hierro, son característicos los matices amarillentos y rojizos producto de la oxidación. Las capas de Chert son en general de color ocre y pardo oscuro, material calcáreo moteado y como pátina entre fracturas. Las capas de limolita son en general de colores ocres, parduzcos y negros, y las capas arenosas muestran tonalidades pardas amarillentas y matices negros y se observa laminación interna planoparalela.

7.2.3.3. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN NOGALES (Kn)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRAFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies finas (FACIES G2, Plataforma media somera), se infiere que los sedimentos fueron depositados a partir corrientes de turbidez de alta concentración a diluidas y por asentamiento de materiales hemipelágicos en suspensión, en un borde continental activo.

7.2.3.4. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc)

Constituido en su totalidad por areniscas de grano medio a muy grueso ocasionalmente conglomeráticas, matriz arcillosa y mala selección, son características las estructuras biogénicas como thalasinoides (**Figura 106**), planos de estratificación verticalizados, las areniscas descritas en sección delgada son en general muy porosas, de granos subangulares a subredondeados, se manifiestan áreas de intercrecimiento con cemento silíceo y una matriz arenoarcillosa de grano muy fino, los cristales se presentan bien cementados, se observa que la superficie de algunos de los granos hay manifestaciones pardos a rojizos oscuros, posiblemente óxidos de hierro (**ANEXO 5**). Los cristales de cuarzo se encuentran en toda la muestra, presentando geometrías redondeadas a subangulares, embebidos en una matriz arcillosa. Sus límites están rodeados por los cristales de plagioclasa y la alteración de la misma. Se observan en algunas áreas sus secciones transversales hexagonales. Zonas de alteración de plagioclasas y micas (**Figura 101**).

Figura 106. Sección representativa de la formación Chimborazo y detalle de muestras de mano, estratificación verticalizada, thalasinoides y arenisca de grano grueso, con alto contenido de ortosa típica de la formación, Vereda San Antonio, Jamundí

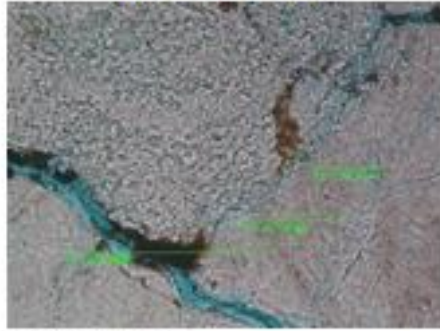


Una vez descrita la sección delgada de la muestra seleccionada como representativa de la formación Chimborazo, se identifican zonas de alteración de minerales, moscovita muy alterada, presentando cloritización que hace parte del 5% del armazón de la roca, la clorita se manifiesta como un mineral con cierto grado abundancia, producto de la alteración de la moscovita, se encuentra ubicada entre los espacios de intercrecimiento de la matriz en la roca. Es limitante con los cristales de cuarzo y ortosa. La Sericita se manifiesta como una alteración de la ortosa, en nicoles paralelos, se observa que se encuentra haciendo parte de la matriz arcillosa que constituye la roca (**Figura 107**).

Figura 107. Arenisca de la Formación Chimborazo, con zonas de alteración de plagioclasas y micas descrita en sección delgada (ANEXO 5)

Característica: Sencita (mineral de alteración).

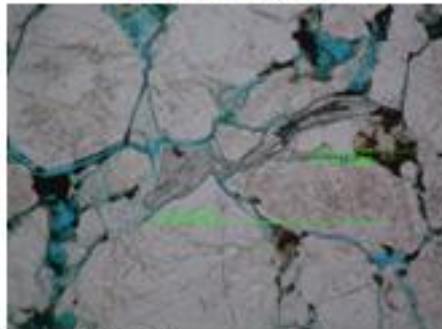
Nicoles Paralelos



Lente: 40x 0.65.

Característica: Moscovita.

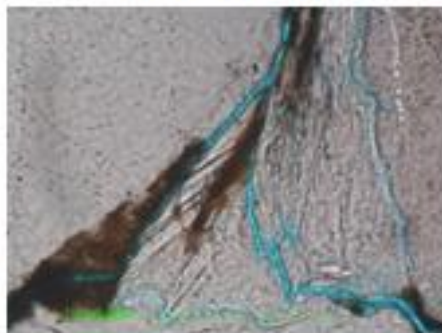
Nicoles Paralelos



Lente: 10x 0.25.

Característica: Clorita (mineral de alteración).

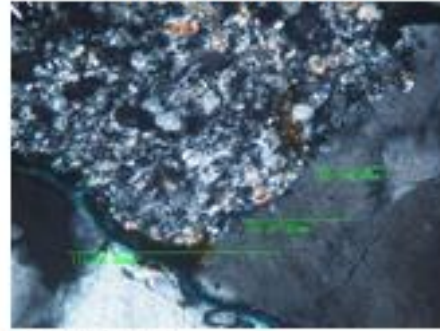
Nicoles Paralelos



Característica: Porosidad.

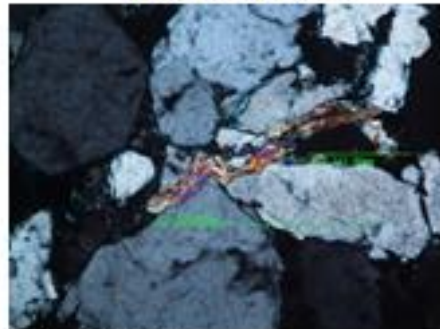
Nicoles Paralelos

Nicoles Cruzados



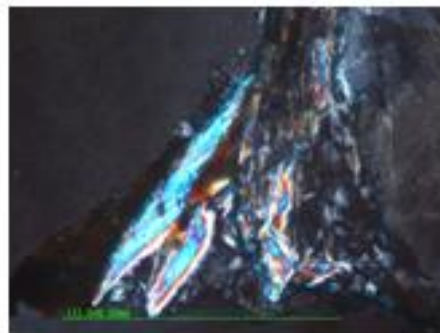
Lente: 40x 0.65.

Nicoles Cruzados



Lente: 10x 0.25.

Nicoles Cruzados

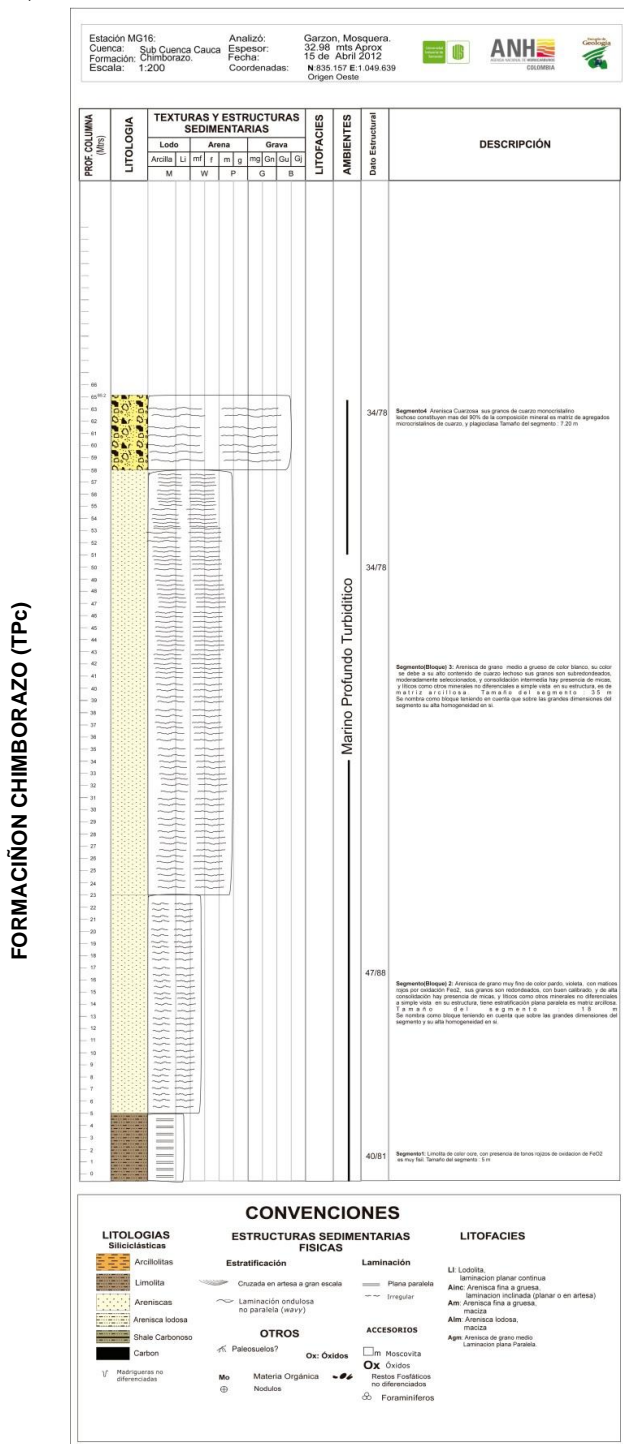


Nicoles Cruzados

7.2.3.5. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc)

Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en el reconocimiento de se realiza la columna estratigráfica para dicha información (**Figura 108**), y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 108. Columna estratigráfica Formación Chimborazo (TPc) Levantada en la Carretera Vía San Antonio, Jamundí, Valle del Cauca



FACIES A1 (Intercalación de areniscas con variación granulométrica)

Intercalación de areniscas que van de grano medio a muy grueso ocasionalmente conglomeráticas, matriz arcillosa, mala selección y son características las estructuras biogénicas como thalasinoides.

7.2.3.6. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN CHIMBORAZO (TPc)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies de areniscas con variaciones granulométricas (FACIES A1, Abanicos aluviales proximales), se infiere que los sedimentos se depositaron en ambientes de alta energía bajo flujos de detritos.

7.2.3.7. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (Tog)

Consiste en una intercalación de Areniscas de grano fino a grano medio, limolitas de coloración gris rojizo, shales carbonosos, finas capas de carbón y ocasionalmente arcillolita abigarrada, ligeramente consolidadas. La dirección de estratificación presenta tendencia casi vertical, se observan también las direcciones preferentes de fracturamiento de la roca lo cual se atribuye a la influencia de las fallas de rumbo que están afectando la zona (**Figura 109**).

Figura 109. Sección representativa de la formación Guachinté y detalle de muestras de mano y estructuras, estratificación casi verticalizada, capas de arenisca de grano medio y limolitas de coloración oscura típicas de la formación.

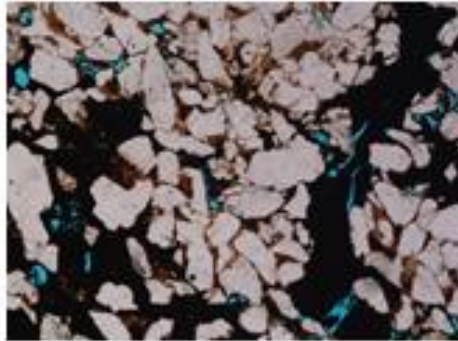


Los rasgos más representativos en la descripción de la sección delgada para una muestra de arenisca granosoportada de matriz lodosa, se observa la coloración parduzca típica de minerales arcillosos alterados, típicos y abundantes trazas de carbón y ocasionalmente a lo largo de la sección. Los cristales presentan variación en el tipo de contacto a lo largo de la sección: ocasionalmente flotantes, puntuales, longitudinales y o suturados, cristales subangulares, Dentro de los cristales de cuarzo se observan cristales de Zircón? se distingue por su forma de prisma bien formado porque expone un relieve alto, colores de interferencia, subhedral y su alto índice de refracción (**Figura 110**).

Figura 110. Arenisca de la Formación Guachinté, abundantes trazas de carbón, descrita en sección delgada (ANEXO 5)

Amazon

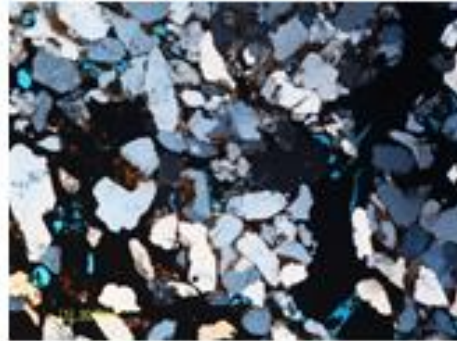
Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

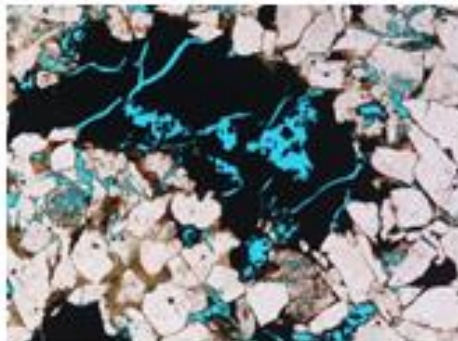
Carbon

Nicoles Cruzados



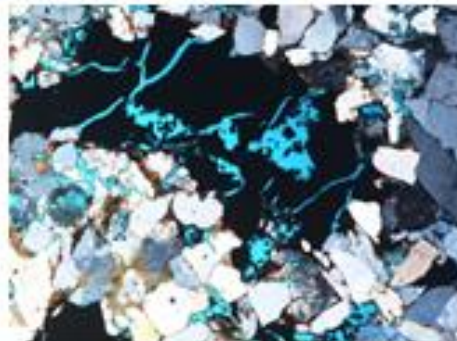
Lente: 5x 0.15.

Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

Nicoles Cruzados



Lente: 5x 0.15.

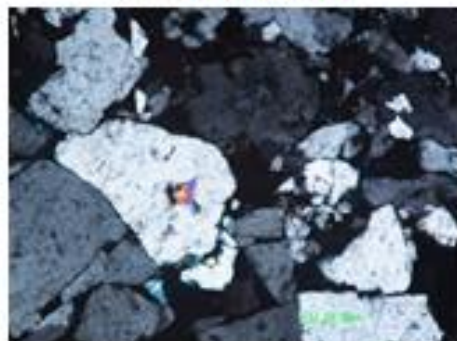
Zircon

Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

Nicoles Cruzados



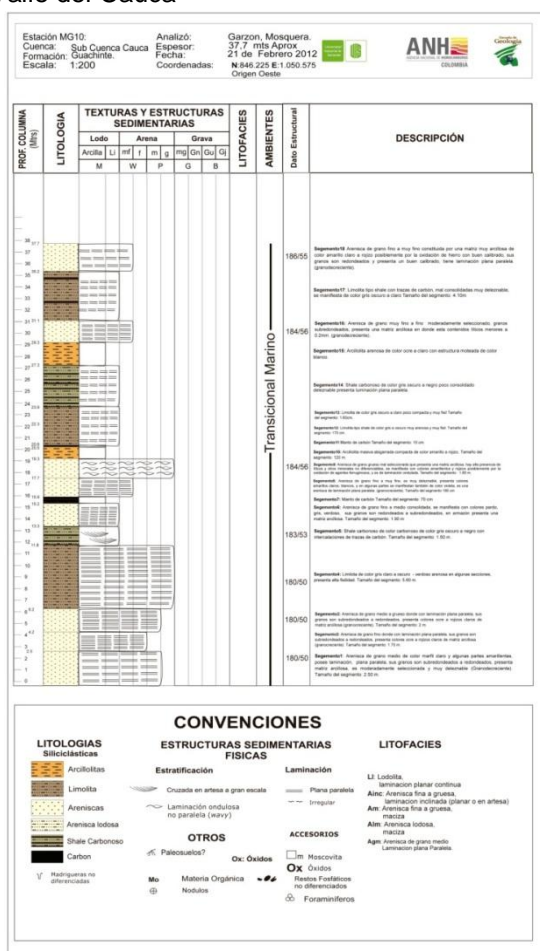
Lente: 5x 0.15.

7.2.3.8. ANÁLISIS FACIAL DETALLADO DE LA FORMACIÓN GUACHINTÉ (TOg)

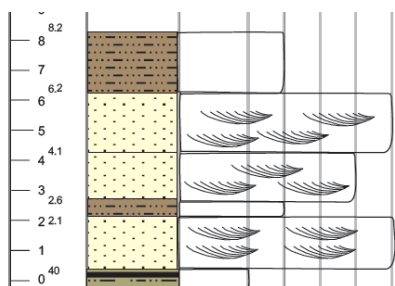
Una vez procesada la información obtenida de la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en el reconocimiento de se realiza la columna estratigráfica para dicha información (**Figura 111**), y se procede a realizar la descripción detallada de facies teniendo en cuenta la clasificación de MIALL (1978) y la tabla de asociación de facies propuesta en el informe del contrato No. 2071464 realizado por GEOESTUDIOS (2008); con el fin de caracterizar los ambientes predominantes en la formación.

Figura 111. Columna estratigráfica para la Formación Guachinté (TOg) Levantada en la Carretera Vía San Antonio, Jamundí, Valle del Cauca

FORMACIÓN Guachinte (TOg)

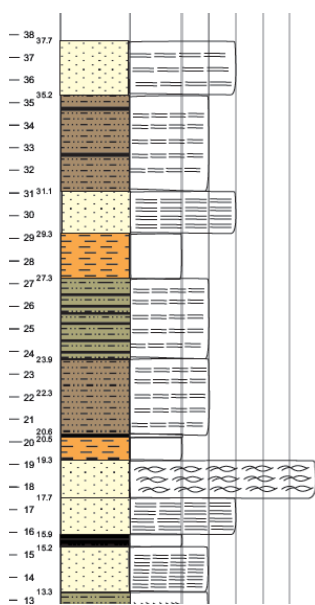


FACIES B2 (Intercalación de areniscas de grano medio, limolitas y shale carbonoso)



Intercalación de areniscas por intercalaciones de Areniscas micáceas de grano medio, bien consolidada, buena selección, laminación plano paralela, con variación en la coloración desde grisáceas, compuesta por cristales de cuarzo, feldespato, biotita y fragmentos líticos, se observan estrías en la superficie del tope de la roca, limolitas bien consolidadas, de coloración gris oscuro a negro con matices rojizos, buen consolidadas, ocasionalmente shale carbonoso hacia la base del intervalo. **(ANEXO 2-C)**.

FACIES B2 (Intercalación de areniscas de grano medio, limolitas y shale carbonoso)



Intercalación de arenisca de grano medio de color marfil claro y algunas partes amarillentas, laminación, plana paralela, sus granos son subredondeados a redondeados, matriz arcillosa, moderadamente seleccionada y muy deleznable (Granodecreciente), Arenisca de grano fino donde con laminación plana paralela, granos subredondeados a redondeados, presenta colores ocre a rojizos claros de matriz arcillosa, Limolita de color gris claro a oscuro - verdoso ligeramente arenosa en algunas secciones, físil. Shale carbonoso de color gris oscuro a negro, trazas de carbón, Arenisca de grano fino a medio, bien consolidada, colores pardo grisáceos y verdosos,

granos redondeados a subredondeados, matriz arcillosa, ocasionalmente arcillolita masiva abigarrada compacta de color amarillo a rojizo y son frecuentes las finas capas de carbón.

7.2.3.9. AMBIENTES DE DEPÓSITO DE LA FORMACIÓN GUACHINTE (TOg)

Una vez realizado el análisis facial de depósitos sedimentarios y Vulcano-sedimentarios detallado, y tomando como base las asociaciones faciales propuestas en el estudio “LEVANTAMIENTO DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS PETROGRÁFICOS, PETROFÍSICOS, BIOESTRATIGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS EN LAS ÁREAS DE PASTO-EL BORDO, CALI-BUGA Y BUGA-CARTAGO, (CUENCA CAUCA-PATÍA)”, realizado por Geoestudios en el 2008, también fue base la clasificación de facies (Miall, 1996), se caracterizan las facies desde el punto de vista descriptivo e interpretativo, teniendo en cuenta características litológicas, texturales como tamaño y forma de grano, selección y composicionales. A partir de esta descripción inicial se procede a la asociación de las mismas a procesos depositacionales y finalmente poder reconstruir el ambiente de depósito de cada unidad.

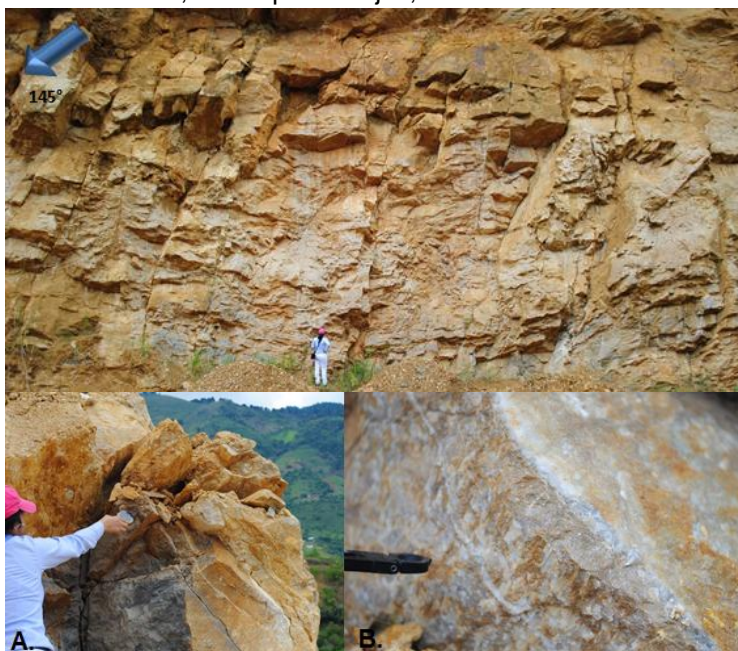
Según las asociaciones faciales realizadas, predominando las facies constituidas por intercalaciones de areniscas con láminas de materia orgánica, (FACIES B2 (Ríos trenzados distales)), se infiere que los sedimentos se depositaron en un ambiente de transición continental-litoral, con algunos niveles marinos, posiblemente zonas deltáicas y de facies de canal.

7.2.3.10. LITOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN VIJES (TOv)

Sección constituida en su totalidad de roca caliza, con alto contenido de restos fósiles como estromatolitos, bivalvos, entre otros, la dirección de los planos de estratificación es clara (**Figura 112**). La roca caliza se encuentra constituida en un

70 % por estructuras esqueléticas (bioclastos) acompañado de lodo calcáreo y cemento según la clasificación de Dunham wackstone. Lodo calcáreo microcristalino o micrita, compuesto por granos o partículas de 1-4 mm en diámetro, se ve opaco sobre toda la sección delgada, manifestando colores pardos oscuros con brillo difuso constituyendo la matriz de toda la roca. En esta matriz de lodo calcáreo se encuentran embebidas estructuras orgánicas fosilíferas, de bioclastos e intraclastos. El porcentaje de alquímicos es mayor al 50 % y de lodo más 2/3 clasificándola como una biomicrita empaquetada grano soportado que se denomina como Wackstone. Soportado por matriz micrítica.

Figura 112. Sección representativa de la formación Vijes y detalle de muestras de mano y estructuras, Cantera Portachuelo, municipio de Vijes, Valle del Cauca

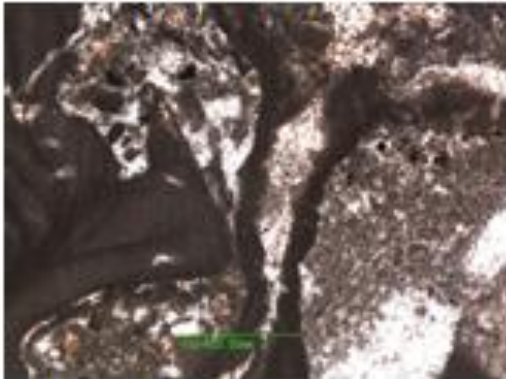


Las estructuras más representativas en la descripción de la sección delgada para una muestra de caliza son principalmente Bioclastos e intraclastos de diferentes características y clases como: Bioclastos, Algas esqueléticas, Calcíferas, Ostrácodos, Briozoos, Corales, Equinodermos, Moluscos, Peloides y entre otros (**Figuras 113 y 114**).

Figura 113. Caliza de la Formación Vije, abundantes bioclastos, descrita en sección delgada (ANEXO 5)

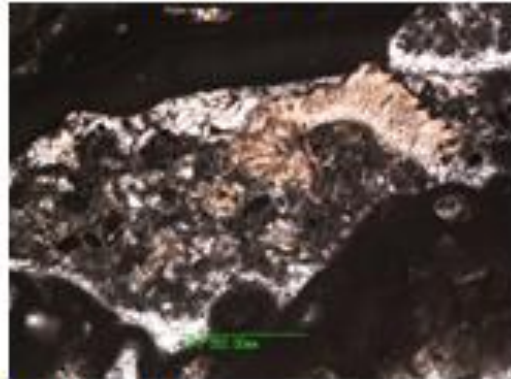
Característica a mostrar: Bioclastos, lodo calcareo micrita, y intraclastos.

Nicoles Paralelos



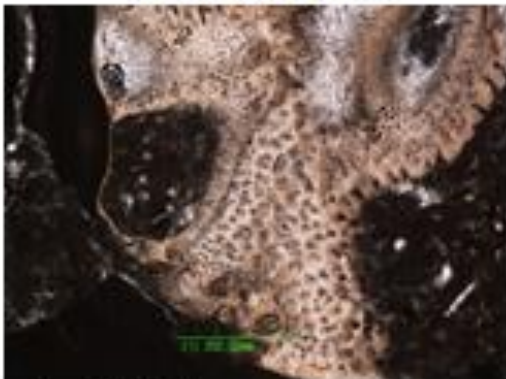
Lente: 5x 0.15.

Nicoles Paralelos



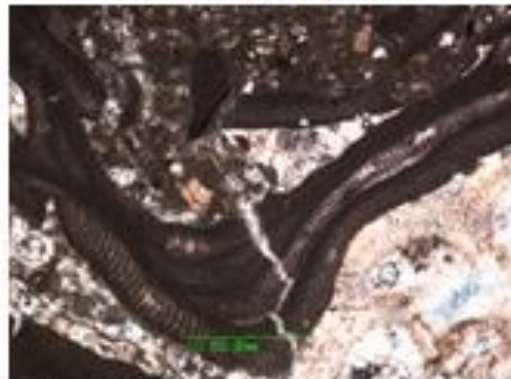
Lente: 5x 0.15.

Nicoles Paralelos



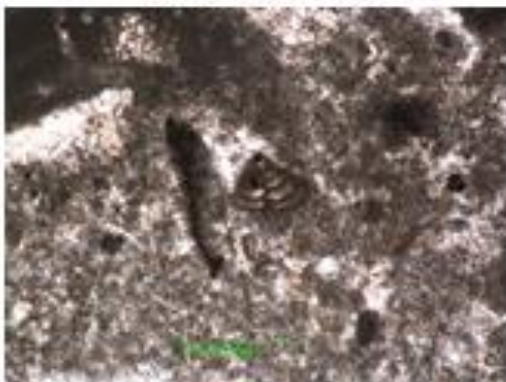
Lente: 10x 0.25.

Nicoles Paralelos



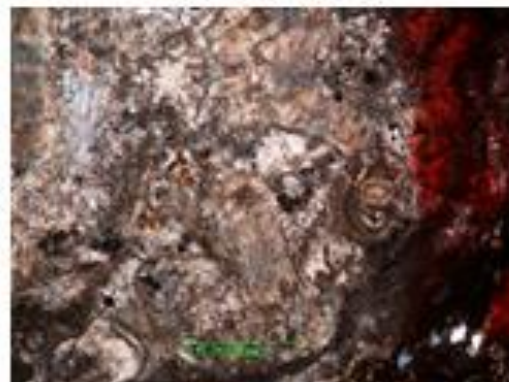
Lente: 10x 0.25.

Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

Figura 114. Caliza de la Formación Vijes, abundantes bioclastos, descrita en sección delgada (ANEXO 5)

Característica: Fragmentos de Bioclastos

Nicoles Paralelos



Lente: 5x 0.15.

Nicoles Cruzados

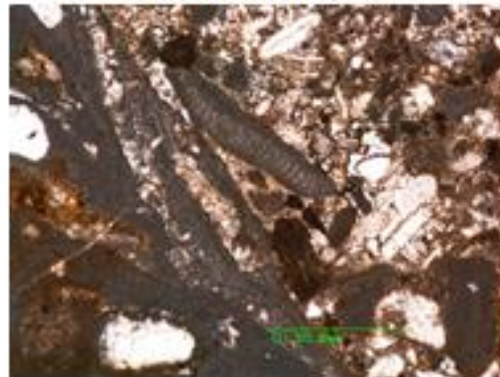


Lente: 5x 0.15.

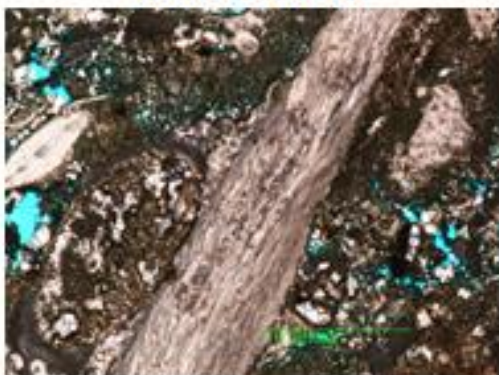
Nicoles Paralelos



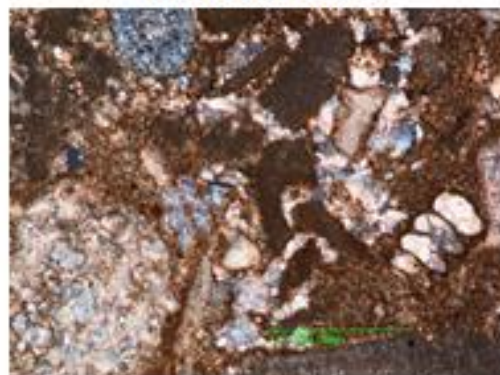
Nicoles Cruzados



Nicoles Paralelos



Nicoles Cruzados



Lente: 10x 0.25.

Lente: 10x 0.25.

7.3. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

Teniendo en cuenta los eventos sedimentológicos de la cuenca Cauca-Patía que influyeron sobre la subcuenca Cauca; desde las cuñas sedimentarias de pie de talud en la fosa continental que se formaron en cretácico superior hasta la Molasa Neógena y por último los depósitos vulcano-sedimentarios de aporte de la cordillera central, se elabora una correlación estratigráfica con la información de los pozos estratigráficos “Slim Hole”, (ANH-CAUCA-10-ST-S, ANH-CAUCA-11-ST-S, ANH-CAUCA-12-ST-S ANH-CAUCA-17-ST-S, ANH-CAUCA-32-ST-S, ANH-CAUCA-33-ST-S y ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1) y los pozos convencionales (CANDELARIA-1 y JUGA-1) perforados en 1965 y 1997 respectivamente, sobre subcuenca Cauca en inmediaciones a la ciudad de Cali, adicionalmente se relaciona la información disponible de estudios realizados por Ecopetrol y Geoestudios en 1995 “Bloque Cañaduzales” y el levamiento de las secciones en la campaña de campo realizada una vez finalizada la perforación de los pozos “Slim Hole”.

El objetivo principal de esta correlación es dilucidar el comportamiento tanto en profundidad como en superficie de las unidades estratigráficas de la subcuenca y así lograr entender los eventos sedimentológicos que interactuaron en la subcuenca cauca. Para referencia de esta correlación estratigráfica se tuvo en cuenta la carta cronoestratigráfica y una correlación estratigráfica de la sucesión terciaria en la cuenca Cauca-Patía, que propone Barrero Laverde en el año de 1998 en su publicación: “Estudio integral de la evaluación de la geología y potencial de hidrocarburos de la cuenca “Intramontana” Cauca-Patía”.

DESCRIPCIÓN

La correlación estratigráfica propuesta en este trabajo partió inicialmente de la información existente en este caso de tres (3) grandes columnas sedimentarias que se tienen sobre la subcuenca Cauca. La primera es la Columna generada por

el pozo perforado por INTERCOL en 1965 el pozo CANDELARIA-1, y en el año de 1996 por la empresa TRINITY GAS en contrato con el ECOPETROL. Perforo el pozo JUGA-1, y la sección levantada por GEOESTUDIOS en el contrato con el ECOPETROL durante el año de 1995 en el bloque de CAÑADUZALES en el Valle del Cauca, de la cual obtenemos la columna estratigráfica con mayor espesor sedimentario en superficie para la sección tipo de las formaciones, Ferreira, Guachinte y Chimborazo; amarradas a estas tres secciones estratigráficas de gran espesor de la subcuena Cauca, se correlaciona un levantamiento de campo propuesto para este proyecto, y la información que arrojo la perforación de los siete (7) pozos “Slim Hole” en la subcuena Cauca durante el desarrollo de este proyecto.

A continuación se presenta una breve descripción de cada sección estratigráfica de donde se obtuvieron los datos para la elaboración de la correlación:

POZOS CONVENCIONALES

- **Pozo CANDELARIA-1**

INTERCOL (INTERNATIONAL PETROLUM COLOMBIA)

Pies perforados: 5.028 pies

Metros perforados: 1.532,53

Formaciones atravesadas: Fm. Armenia (Npl) 304,80 m Aprox.

Fm. Zarzal (Npo) 243,84 m Aprox.

Fm. La Paila (TMp) 426,72m Aprox.

Fm. Ferreira (TOf) 192,88 m Aprox.

Fm. Guachinte (TOg) 223,36 m Aprox

Fm. Chimborazo (TPc) 140,93 m Aprox

La interpretación de los topes es tomada de Barrero - Darío, Laverde Fabio: Oblique Collision and Basin Formation in Western Colombia: The Origin, Evolution and Petroleum Potential of Cauca – Patía Basin 2006.

- **Pozo JUGA-1**

TRINITY GAS

Pies perforados: 3.761 pies

Metros perforados: 1.146,35 m

Formaciones Atravesadas: Fm. Popayán (Cuaternarios) 435,86 m

Aprox.

Fm. La Paila (TMp) 118.87 m Aprox.

Fm. Ferreira (TOf) 64,01 m Aprox.

Basamento Cristalino:

Fm. Volcánica(Kv): 91,44 m Aprox

Fm. Anaime (Ka): 436,17m Aprox

Los topes son tomados de Composite & operational well log Juga-1

POZOS SLIM HOLE

Tabla 10. Intervalos corazonados en metros de las formaciones de la Subcuenca Cauca

SUBCUENCA CAUCA						
POZO	FORMACIONES					
	La Paila	Popayán	Ferreira	Cinta de Piedra	Batolito de Buga	Dep. Cuaternarios
ANH-CAUCA 10-ST-S	229,38m	NA	NA	NA	41,19m	15,85m
ANH-CAUCA 11-ST-S	257,51m	NA	NA	NA	NA	14,94m
ANH-CAUCA 12-ST-S	447,58m	NA	NA	NA	NA	3,81m
ANH-CAUCA 32-ST-S	NA	NA	NA	423,68m	NA	5,10m
ANH-CAUCA17 -ST-S	NA	12,13m	386,87m	NA	NA	5,46m
ANH-CAUCA 33-ST-S	NA	NA	NA	217,00m	NA	14,55m
ANH-CAUCA 33-ST-S-TWIN-1	934,48m	NA	NA	697,87m	NA	NA
Total Perforado = 2772,82m	NA	12,13m	386,87m	1338,54m	41,19m	59,60m
% Corazonado	33,7	0,43	13,95	48,27	1,48	2,14

A continuación se un resumen de la información principal de los pozos estratigráficos tipo SLIM HOOLE perforados.

ANH-CAUCA-10-ST-S

Profundidad: Pies: 939,73

Metros: 286,4

Formaciones Corazonadas: Fm Deposito Cuaternario 0 ft - 15,85 m

Fm La Paila (TMp) 15.85- 229,21m

Batolito de Buga (Kob)(Basamento) 229.21 – 286,43 m

- **ANH-CAUCA-11-ST-S**

Profundidad: Pies: 893,86 ft

Metros: 272,44

Formaciones Corazonadas: Fm Deposito Cuaternario 0 ft - 14,94m
Fm La Paila (Miembro Superior) (TMp)14,94ft-
257,51m

- **ANH-CAUCA-12-ST-S**

Profundidad: Pies: 1.480,59 ft

Metros: 451,28

Formaciones Corazonadas: Fm La Paila (Miembro Superior) 451,28 m

- **ANH-CAUCA-33-ST-S**

Profundidad: Pies: 759,66 ft

Metros: 231,54

Formaciones Corazonadas: Fm Deposito Cuaternario (Aluviales) 0 ft -
14,55 m
Fm. Cinta de Piedra (TOcp) 14.55 m - 217,00 m

- **ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1**

Profundidad: Pies: 3049,25 ft

Metros: 929,41

Formaciones Corazonadas: Fm. Cinta de Piedra (TOcp) 929,34 m

- **ANH-CAUCA-32-ST-S**

Profundidad: Pies: 1.406,76 ft

Metros: 428,78m

Formaciones Corazonadas: Fm. Cinta de Piedra (TOcp): 428,78 m

- **ANH-CAUCA-17-ST-S**

Profundidad: Pies: 1326,99 ft

Metros: 404,47 m

Formaciones Corazonadas: Cuaternario 0,00 -17,91 ft

Fm. Popayán (Np): 17,59 m

Fm. Ferreira (Miembro Cabrera) (TOf). 404,16 m

BLOQUE CAÑADUZALES GEOESTUDIOS 1995

El área estudiada corresponde a la parte Suroeste del “Bloque Cañaduzales en el piedemonte Oriental de la Cordillera Occidental sobre la sección tipo más completa en superficie y de la subcuenca Cauca la cual se realizó sobre el río Guachinté.

- **Formación Ferreira (TOf):**

Miembro el Bucarica, San Francisco y Palmar: 380m

Miembro Suarez: 250m

Espesor Reportado: 630m

- **Formación Guachinté (TOg):**



Miembro La Rampla: 310m

Miembro Los Chorros y La Leona: 357m

Miembro La Cima: 120m

Espesor Reportado: 787 m

- **Formación Chimborazo (TPc):**

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 253 de 280</p>
--	--	--

Miembro Superior: 360

Miembro Inferior: 303

Espesor Reportado: 663m

LEVANTAMIENTO DE SECCIONES ESTRATIGRAFICAS APARTIR DE AFLORAMIENTOS

Esta información es obtenida de secciones sobre los cuales se levantaron columnas estratigráficas a detalle sobre las formaciones de interés en la subcuenca Cauca. Se deja claro que los espesores no representan ninguno de los espesores de la sección tipo para cada formación pero de igual manera se tienen como referencia para la correlación estratigráfica, el cubrimiento areal y control litológico donde encuentran ubicadas las formaciones en superficie, así mismo se planteó el levantamiento de secciones estratigráficas con el fin de cubrir las formaciones que no se tocaron con los pozos “Slim Hole” que relacionan este proyecto.

FORMACIONES LEVANTADAS

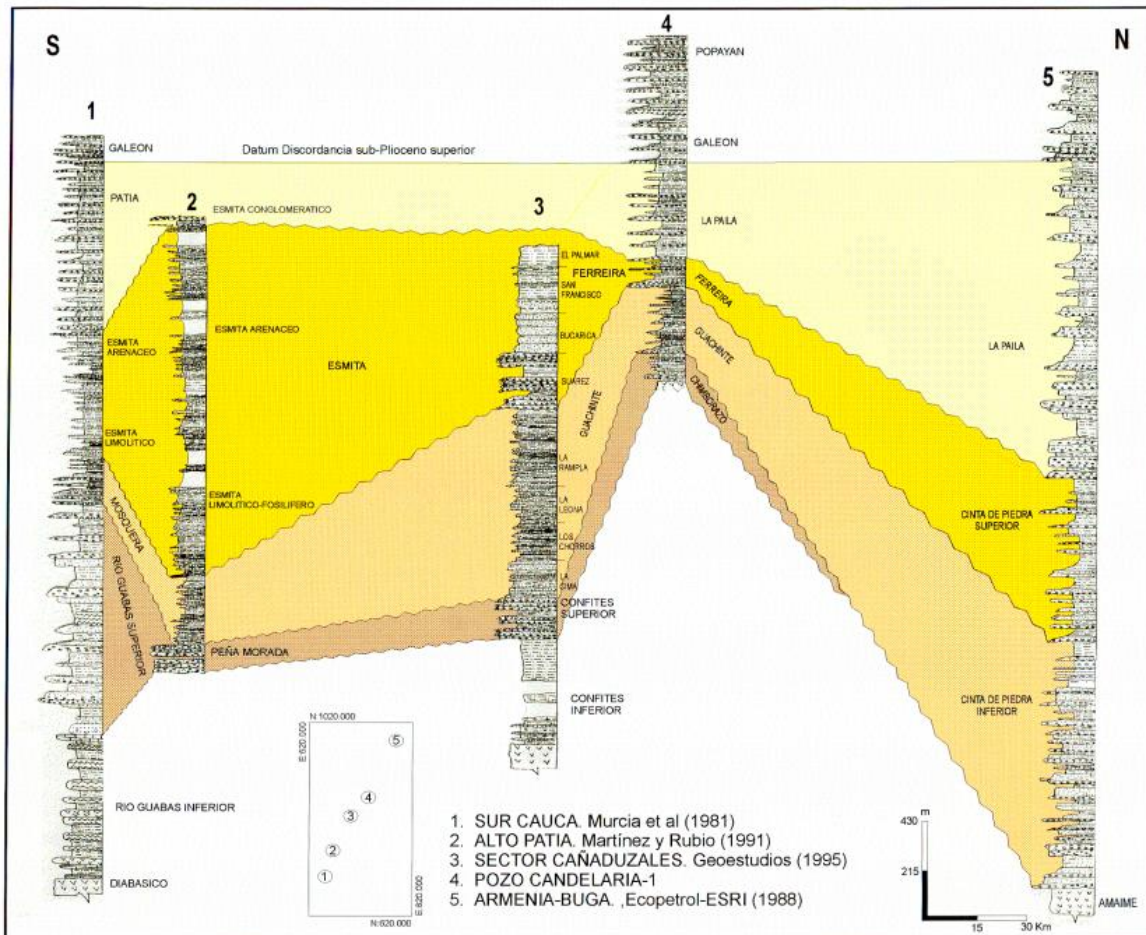
- **Fm Ferreira.** Se Levantaron dos con Columnas con poligonales abiertas en el sector de Timba Cauca en la vereda la ventura una con 15 metros aprox y la segunda con 33 metros de espesor.
- **Fm Guachinté:** Se Levantaron dos con Columnas con poligonales abiertas la primera el en sector de la VoráGINE sobre la carretera que conduce a los farallones de Cali en la quebrada Chorro de plata con un espesor de 8 metros aprox y una segunda sección sobre la carretera de Jamundí a San Antonio de 40 m aprox de espesor.

- **Fm Chimborazo:** Se levantó una columna con poligonal abierta, en el sector de la carretera Timba Suarez Cauca sobre el margen derecho, con un espesor aproximado de 65 m Aprox.

INFORMACIÓN GEOLÓGICA PROPUESTA AUTORES ANTERIORES

Ya teniendo integrada la información de pozos y campo se procedió a verificar lo que proponen otros autores para plasmar la información en la correlación estratigráfica para la subcuena Cauca. **Ver** La carta cronoestratigrafía propuesta por Barrero en 1998 Pag 42 (**Figura 9**) para una mejor interpretación de la Correlación.

Figura 116. Correlación litoestratigráfica de la sucesión del Terciario sobre la subcuenca Cauca-Patía



Tomado. Barrero., y Laverde, (1998).

A Continuación se presentan las correlaciones para las formaciones de la Subcuenca Cauca.

- **Formaciones: Popayán, Jamundí, Zarzal, Armenia**

Estas formaciones hacen parte de los depósitos cuaternarios recientes una vez finalizaron los procesos de depósitos volcanosedimentarios de la cordillera central

cierre de la Orogenia Andina, y los depósitos aluviales. Se encuentran en contacto discordante sobre la remanente del miembro Conglomerático de la formación Esmita y la formación La Paila. Su discordancia en la base es la discordancia del Sub-Plioceno superior y es el Datum Geológico que se propuso para la correlación teniendo en cuenta esta sobre toda la subcuena Cauca.

- **Formaciones: El remanente de la Formación Esmita miembro Conglomerático / Fm La Paila**

En especial la formación La Paila sobre toda la subcuena Cauca es la clara evidencia de la formación de depósitos Vulcano-sedimentarios, Suceso que se dio a flote desde el mioceno Medio hasta Plioceno Superior, donde los aportes de la cordillera central fueron muy grandes.

La formación Paila es litoestratigráficamente muy similar con el miembro conglomerático de la formación Esmita, y la formación Buga que por otros autores como Van der Hammen (1960), Orrego (1975), Nivia (2001) discriminan por definitiva la formación Buga y se propone para todo el cuerpo de rocas, conglomeráticas, arenáceas de grano grueso y muy tobáceas asociadas al Mioceno medio superior lo denominan como la Paila. Mientras que otros autores como Padilla (1991), y Orrego(1975) hablan de la formación Esmita el miembro Conglomerático que está presente sobre la cobertura sedimentaria de la subcuena cauca pero son muy claros en decir que está presente el departamento del valle pero que No aflora en el aérea en cuestión. Desde el punto vista estratigráfico, y gracias a la información obtenida por los pozos “Slim Hole” se acoge, este trabajo a denominar de a las rocas conglomeráticas tobáceas del Mioceno al plioceno como la formación la Paila y que está divida en dos miembros uno arenáceo, arcillolítico con intercalaciones

conglomeráticas y un miembro inferior constituido por conglomerados polimícticos y tobas volcánicas hacia su base.

- **Formaciones: Ferreira y Cinta de Piedra Mbro. Superior**

Van Der Hammen (1958) incluye parte del Conjunto Cinta de Piedra de Hubach & Alvarado (1934) en su Grupo del Cauca⁴³, que incorrectamente igual— al Piso del Cauca definido por estos mismos autores y retuvo el nombre de Cinta de Piedra asignándole el status de miembro. De Porta (1974) limita el Grupo del Cauca a la secuencia de sedimentitas paleógenas que aflora al sur de Vijos. De acuerdo con este criterio la unidad Cinta de Piedra no se puede incluir en el Grupo del Cauca aunque según su edad puede ser en parte sincrónica con la Formación Ferreira. Schwinn (1969) se refiere a esta unidad como la Formación Cartago. La formación Cinta de Piedra está dividida en dos miembros uno inferior Arenáceo, conglomerático y uno Limolítico que según los estudios realizados y la perforación del pozo SLIM HOLE Cauca 33 nos dicen que es la capa silíceo más espesa de la subcuenca cauca hacia el norte, a diferencia de la formación Ferreira que está dividida en 5 miembros, Miembro El Palmar, Miembro Cabrera, San Francisco, Miembro Bucarica, Miembro Suarez y por sus diferencias litológicas como que van desde Conglomerados cuarzosos, Areniscas Cuarzosas, Areniscas Oscuras Fosilíferas, Limolitas, Shales, Carbonosos y Capas de Carbón.

Según lo que expone Barrero y Laverde en su publicación: “Estudio integral de la evaluación de la geología y potencial de hidrocarburos de la cuenca “Intramontana” Cauca-Patía”. Dice que hay sincronismo entre el miembro dice hay sincronismo entre el miembro superior de la Cinta de Piedra y Ferreira y que se encuentra asociadas al posible evento de tipo tectónico de tipo

⁴³ Nivia Guevara Alvaro Memoria Explicativa Mapa Geológico Del Departamento Del Valle Del Cauca 2001.

eustático global o llamado la discordancia regional en Colombia y sedimentológicamente a un evento mucho más joven a la Molasa de Colisión Paleógena, donde se forman conos aluviales, corrientes trenzadas que varían a depósitos de charcas y litorales y marcadas por la discordancias en su base del Sub-Oligoceno y en su tope por la discordancia del Sub-Mioceno Medio.

- **Formaciones: Guachinte y Cinta de piedra Mbro Inferior**

La formación Guachinte compuesta principalmente por algunos conglomerados cuarzosos, lodolitas, arcillolitas fosilíferas y mantos de carbón. Está dividida en 4 miembros la cima, los chorros, la Leona, la Rampla, es sincrónica y correlacionable con el miembro inferior de la formación Cinta de Piedra que se depositaron en edades sobre Eoceno Medio al Oligoceno Inferior y según Barrero Laverde Et all (1998) esta cobertura sedimentaria se asocia a la Molasa de Colisión Paleógena, que sedimentológicamente se formó en medio de canales trenzados, sinuosos, distributarios en zonas pantanosas y llanuras deltaicas.

Así como el Miembro Inferior de Cinta de Piedra y la Formación Guachinte se encuentran limitadas en su base por el contacto discordante de la discordancia del Sub-Eoceno Superior y su tope por la discordancia del Sub-Oligoceno.

- **Formaciones: Chimborazo.**

Constituida principalmente por Grauwacas, Wacas y conglomerados Polimícticos se divide en dos miembros el miembro Loma Larga y el miembro Confites. Espesor de la formación decrece hasta 400 m, hasta acunarse cerca a la población de Villa Carmelo (Corregimiento de Meléndez, Cali) donde la Formación Guachinte la superpone transgresivamente.

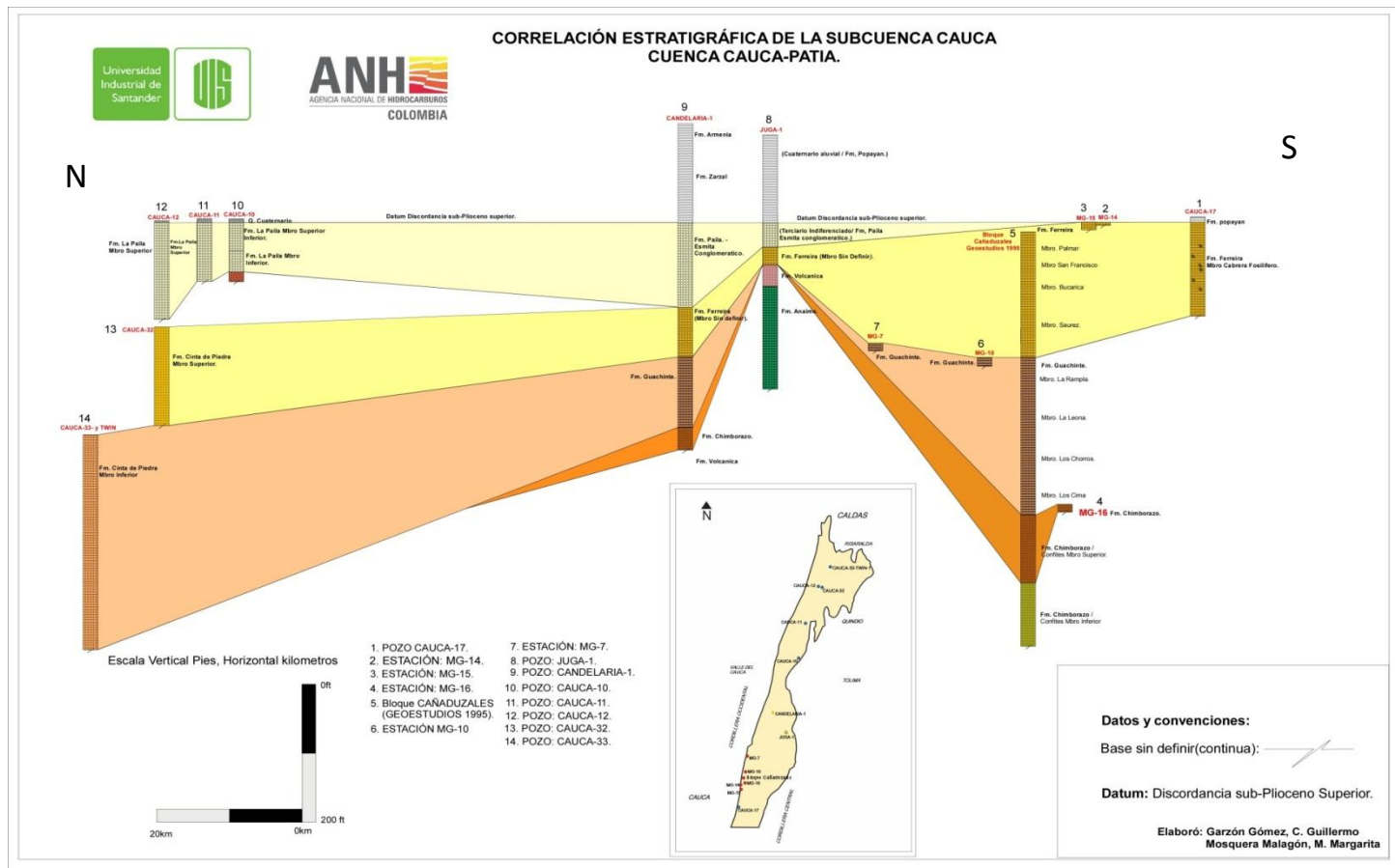
Según la Información obtenida la formación Chimborazo desaparece hacia el norte de la Subcuenca Cauca y no presenta correlaciones alguna o

sincronismo con alguna formación en la subcuenca en cuestión, pues solo se conocen hacia el sur de cuenca Cauca Patía con Rio Guabas y Peña Morada formaciones que vienen de la misma edad Eoceno Medio dejando claro que se acuña hasta desaparecer en el norte que la superponen hacia el norte de la Guachinte-Cinta de piedra.

La Formación Chimborazo es afectada por la Molasa de Colisión Paleógena que hacia su parte inferior es sedimentológicamente depositada por abanicos aluviales coalescentes con abanicos submarinos.

Sus límites estratigráficos están divididas en su tope por la discordancia del Sub-Eoceno Superior y en base por la discordancia del Sub-Eoceno Medio en donde se presentó el gran vacío sedimentario del eoceno inferior hasta el tope del cretácico sobre toda la cuenca Cauca Patía.

Figura 117. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA PARA SUBCUENCA CAUCA PARA LAS UNIDADES DEL TERCIARIO



Fuente: Autores del Proyecto

7.4. COLUMNA GENERALIZADA

La columna generalizada de la subcuena Cauca se construye con la recopilación de la información obtenida de los pozos “Slim Hole”, los pozos convencionales, y los levantamientos de secciones en campo para este trabajo. En la cual se empalma la caracterización de veintiséis (26) afloramientos de campo, la descripción de núcleos, de perforación y los topes establecidos no conocidos determinados por otros estudios.

Este modelo de columna relaciona las unidades más relevantes y correlacionables de la subcuena Cauca, teniendo en cuenta que unidades litoestratigráficas intervienen.

A continuación se presenta una descripción del contenido en la Columna generalizada.

- **CRETÁCICO**

Cretácico inferior

Litología: Rocas Máficas y ultramáficas Basaltos.



Unidad: Grupo Diabásico - Fm Volcánica- Fm Anaime- Batolito de Buga.

Cretácico Superior

Litología: Las Arcillolitas, las limolitas y areniscas son de color negro y meteorizan a un color amarillo-rojizo. Algunas capas de limolitas son silíceas con niveles menores en especial a la base de chert.

Unidad: Fm Agua Clara-Nogales.

Sección delgada: Sección estratigráfica MG-17 Fm Nogales (**ANEXO 5**).

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 262 de 280</p>
--	--	--

- **PALEOGENO**

Eoceno Inferior

Litología: Wacas, Grauvacas, Líticas, Limolitas, y Horizontes locales de conglomerados.

Unidad: Fm Chimborazo.

Sección delgada: Estación de Campo MG-8 Fm Chimborazo (**ANEXO 5**).

Eoceno Medio

Litología: Calizas con micritas y/o esparitas, arenas calcáreas.

Unidad: Fm Vijes.

Sección delgada: Estación de Campo MG-2 y MG-3 Fm Vijes

Eoceno Medio y oligoceno

Litología: desde Sedimentitas, Areniscas de grano muy fino, Altos niveles carbonosos.

Unidad: Fm Guachinte - Fm Cinta de Piedra Inferior.

Sección delgada: Estación de Campo MG-9 Fm Guachinte (**ANEXO 5**)

- **MIOCENO**

Litología: Areniscas de grano fino a muy fino con intercalaciones arcillolitas, Arcillolitas, Lutitas, Limolitas y areniscas, Niveles Carbonosos.

Unidad: Fm Cinta de Piedra Mbro. Superior Fm Ferreira

Sección delgada: Pozo ANH-CAUCA-33-TWIN-1 Fm Cinta de Piedra, Estación de Campo MG14 Fm Ferreira (**ANEXO 5**)



- **PLIOCENO**

Litología: Areniscas conglomeráticas, y conglomerados, Polimícticos, Areniscas, conglomeráticas, y conglomerados Polimícticos tobas volcánicas.

Unidad: Fm La Paila Miembro Inferior.

Sección delgada: Pozo ANH-CAUCA-11-ST-S Fm La Paila.

- **PLIOCENO SUPERIOR**

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 263 de 280</p>
--	--	--

Litología: Arcillolitas, con intercalaciones de areniscas, limolitas y conglomerados.

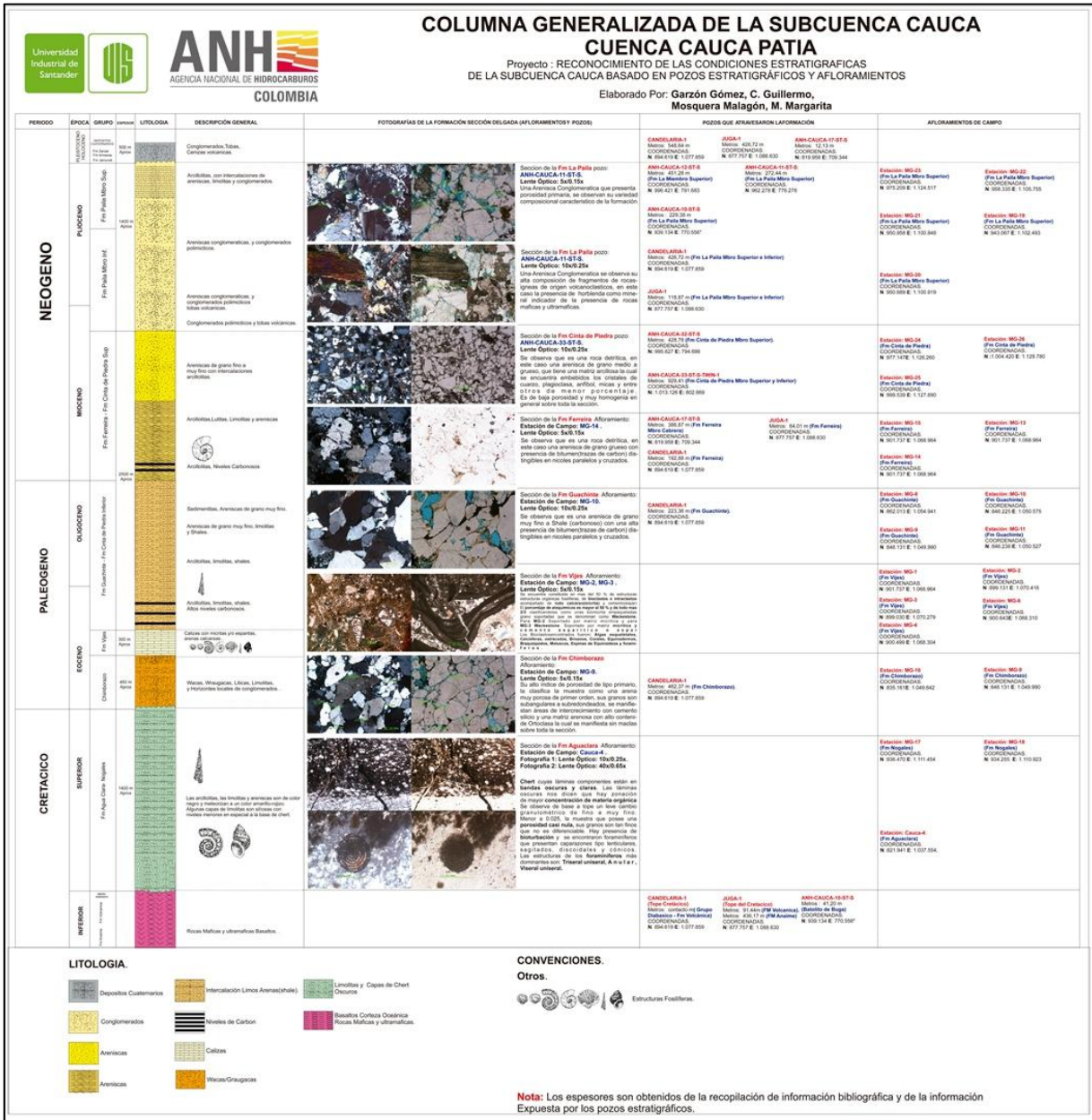
Unidad: Fm La Paila Miembro Superior.

- **PLEISTOCENO HOLOCENO**

Litología: Conglomerados, Tobas, Cenizas volcánicas.

Unidad: Fm Zarzal, Fm Jamundí, Fm Armenia.

Figura 118. COLUMNA GENERALIZADA DE LA SUBCUENCA CAUCA, CUENCA CAUCA-PATIA



8. CONCLUSIONES

- Se logró identificar que la mayor cantidad de cobertura sedimentaria sobre la subcuenca Cauca predomina en la zona sur-occidental de la subcuenca.
- Se propuso la primera columna generalizada completa para la subcuenca Cauca como referencia para futuros estudios.
- Desde el punto de vista estratigráfico, se encontró que diferentes autores designan y subdividen las unidades geológicas, creando numerosas dificultades y confusiones para una correcta correlación, por lo que es necesario estandarizar la nomenclatura estratigráfica para la subcuenca Cauca.
- La formación Paila está asociada a depósitos volcanosedimentarios, de edad del Mioceno Superior, donde se formaron, abanicos aluviales y corrientes de alta relación pendiente de descarga del aporte de la cordillera central.
- La formación Ferreira y el miembro superior de la formación Cinta de Piedra, se relacionan con el posible evento Eustático global, donde se depositaron conos aluviales, corrientes trenzadas, que formaron depósitos de charcas y litorales.
- La formación Guachinte, y el miembro inferior de la formación Cinta de piedra, nacen sobre el Eoceno Medio al Oligoceno, que estuvo mucho antes del evento Eustático, con depósitos de canales trenzados sinuosos y llanuras deltaicas pantanosas.

- La formación Chimborazo se formó en el Eoceno Medio, donde intervino la Molasa de Colisión Paleógena, que formaron abanicos aluviales coalescentes con abanicos submarinos.
- Las otras formaciones de interés estratigráfico fueron Agua Clara y la Formación Nogales, asociados al cretácico Superior, donde están por debajo del gran vacío sedimentario de la cuenca que ocurrió en el paleoceno, inferior donde posiblemente existió la conexión con facies de Mar interior al oriente.
- La formación Cinta de Piedra es la formación con mayor cobertura sedimentaria hacia el norte de Subcuenca Cauca, Cartago Valle del Cauca, lo que causa un gran interés sobre la secuencia estratigráfica del área en cuestión.
- Se identificó según la interpretación obtenida de la correlación estratigráfica que la formación Chimborazo es la formación con menor cobertura sedimentaria hacia el nor-oriente de la subcuenca donde posiblemente se pincha hasta desaparecer?,
- La formación la Paila presenta la segunda mayor cobertura sedimentaria en subcuenca Cauca hacia el Norte-Occidental Obando Valle del Cauca, donde posiblemente el aporte de la cordillera central pudo ser mucho más fuerte y de mayor corriente.



9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización de una cartografía geológico-estructural detallada e integral para la Cuenca Cauca – Patía, ya que las unidades geológicas aflorantes en el área no están cartografiadas a detalle y/o sin actualización alguna, por lo que se sugiere para futuros estudios, de prospección y exploración.
- Se recomienda que para futuros estudios sobre la subcuenca Cauca, haya un enfoque principal sobre las formaciones de edad cretácica, como la formación Agua Clara, Marilopito, y Nogales, a las cuales se les debe hacer un buen análisis geoquímico sobre pirolisis de Rockeval, TOC detallado a fin de evaluar el potencial de rocas de posible fauna marina como rocas generadoras.
- Se recomienda que para cualquier acercamiento a la zona, tener en cuenta la situación de orden público, con el fin de evitar altercados con grupos ilegales armados.
- Se recomienda una renovación de la sísmica de cuenca cauca patia con calidad 2D a 3D Para dimensionar el estilo estructural y conocer los desplazamientos de las unidades geológicas del cretácico y su influencia sobre las rocas del terciario como rocas almacenadoras. Lo cual sería de interés Geológico en prospección de hidrocarburos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- BARBOSA, G., 2003. Mapa Geológico del Departamento del Cauca a escala 1:250.000 (INGEOMINAS Cali en revisión). 221p.
- BARBOSA, G., 2003. Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Departamento del Cauca a escala 1:250.000 (INGEOMINAS Cali en revisión). 221p.
- BARRERO - LOZANO, DARÍO 1979 Geology of the Central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia INGEOMINAS - Publicación especial.
- BARRERO, DARÍO Y LAVERDE, FABIO 1998 Estudio Integral de Evaluación de la Geología y Potencial de Hidrocarburos de la Cuenca Intramontana" Cauca-Patía.
- BOGGS, S. JR, 1992. Petrology of sedimentary rocks. Macmillan Publishing Company, New York. p.707.
- CABALLERO, H., ZAPATA, G., MOSQUERA, D. y 10 autores ms. 1984 Mapa Geológico de Colombia - Escala 1:100000, Plancha 224- Pereira. INGEOMINAS. Bogotá.
- CARLOS A. BORRERO P. NATHALIA M. GUERRERO H. ALEJANDRO PINILLA O. PAULA A. RÍOS B., 1998 Universidad de Caldas Informe Final Contrato 113 Localización De Pozos Tipo Slim Hole Cuenca Cauca-Patía Y En El Sector Central Del Área Sinú-Urabá.

- COLEMAN, J.M, 1969. Brahmaputra River: channel processes and sedimentation. *Sediment. Geol.* 3 (2/3), pp. 129-239.
- COSTA, J.E, 1988. Rheologic, geomorphic, and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flows. In: *Flood Geomorphology* (Eds V.R. Baker, R.C. Kochel and P.C. Patton), pp. 113–122. Wiley, New York.
- CROWLEY, K.D, 1983. Large-scale bed configurations (macroforms), Platter River Basin, Colorado and Nebraska: primary structure and formative processes. *Geol. Soc. Am Bull*, 94, pp. 117–133.
- GEOESTUDIOS CONTRATO N° 2071464 2008 Fondo Financiero De Proyectos De Desarrollo Agencia Nacional De Hidrocarburos Levantamiento De Columnas Estratigráficas Y Realización De Análisis Petrográficos, Petrofísicos, Bioestratigráficos Y Geoquímicos En Las Áreas De Pasto-El Bordo, Cali-Buga Y Buga-Cartago (Cuenca Cauca-Patía).
- GOOSSENS, P.J. & ROSE, W.I. Jr. 1973. Chemical composition and age determination of tholeiitic rocks in the Basic Igneous Complex. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 1043-1052.
- HUBACH & ALVARADO, B. 1934. Geología de los Departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón. Servicio Geológico Nacional, Informe 224 (Inédito). Bogotá.
- HUBACH, E. Y ALVARADO, B. 1933. Geología de los Departamentos del Valle y Cauca. INGEOMINAS Informe 224.

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRAFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 270 de 280</p>
--	--	--

- HOWARD, J. D, AND REINECK, H. E, 1981. Depositional facies of high energy beach to offshore sequence: comparison with low energy sequence. Bulletin American Association of Petroleum Geologists, v. 66, pp. 807-830.
- INGEOMINAS, 2006. Cartografía Minera del departamento del Cauca, informe inédito
- LÓPEZ CARDONA MYRIAM Eafit 2006 Análisis de Deformación Tectónica En Los Piedemonte de Las Cordilleras Central y Occidental, Valle Del Cauca, Colombia.
- LOZANO, H. 1986. Oro y plata en Colombia - Áreas promisorias. I Taller Latinoamericano sobre Exploración y Explotación de Oro Aluvial, Memorias, I, 56p
- MCCOURT & VERDUGO, G. 1985. Memoria Explicativa Mapa Geológico de Colombia Escala 1:100000, Plancha 300, Cali. INGEOMINAS. Bogotá.
- MCCOURT W. 1985. Mapa Geológico de Colombia Escala 1:100000, Plancha 320, Buenos aires. INGEOMINAS. Bogotá.
- MCCOURT W. 1985. Memoria Explicativa Mapa Geológico de Colombia Escala 1:100000, Plancha 320, Buenos aires. INGEOMINAS. Bogotá.
- NIVIA GUEVARA ÁLVARO 2001-2002 Memoria Explicativa Valle del Cauca – Memoria Mapa Geológico Valle del Cauca A Escala 1:250.000 Ingeominas.

- NELSON, H.W. 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia. Sección entre Ibagué y Armenia. Boletín Geológico INGEOMINAS, X/1-3, 161203.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE 1983. North American Stratigraphic Code American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 67/5, 841-875.
- ORREGO, A. ROSSMAN, D. & PARIS G., 1976. Mapa Geológico del Cuadrángulo N-6 Popayán: INGEOMINAS. Informe 711, p1-179.
- PEREZ, G. 1980. Evolución geológica de la Cuenca Pacífica (Geosinclinal de Bolívar) sector noroccidental de Suramérica. Boletín Geológico UIS, 14/28, 25-44. Bucaramanga1980b. Evolución geológica de la Cuenca del Alto Patía, Departamento del Cauca Colombia. Geología Norandina, 2, 3-10.
- PICKERING K. T., HISCOTT R. N. AND HEIN F. J. Deep Marine Environments: Clastic Sedimentation and Tectonics, 416 pp. Unwin Hyman, London PIERSON, T.C. AND SCOTT, K.M, 1985. Downstream dilution of a lahar: transition from debris flow to hyperconcentrated streamflow. Water Resour. Res. 21, pp.1511–1524.
- SCHWINN, W.L. 1969. Guidebook to the geology of the Cali area. Colombian Society of Petroleum Geologist and Geophysicist, 10th field trip, 29 p. Bogota.
- SIMONS D. B, RICHARDSON, E.V, AND NORDIN, JR. C.F, 1965, Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels, in Middleton,

G.V, ed, Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation: SEPM Special Publication 12, pp. 34-52.

- STEEL, R.J, 1988, Coarsening-upward and skewed fan bodies: symptoms of strike-slip and transfer fault movement in sedimentary basins, in Nemec, W, and Steel, R.J, eds, Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings: Glasgow, Blackie & Sons, pp. 77–83.
- VAN DER HAMMEN, T. 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogenesis de los Andes Colombianos. Boletín Geológico Servicio Geológico Nacional, VI/1-3, 67-128. Bogotá.
- WILLIAM J. MC COURT, DARIO MOSQUERA T., ALVARO NIVIA G. Y ALBERTO NUÑEZ T. 1984 et al. Ingeominas Memoria Explicativa Mapa Geológico a escala 1:100.00 Plancha 243 Armenia.
- STUTZER, O. 1934. Contribución a la geología del Foso Cauca-Patía. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, II, 69-140. Imprenta Nacional. Bogota.
- KEISER, J. 1954. Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. La geología de flanco oriental de la Cordillera Occidental en la región de San Antonio, Municipio de Jamundí, Valle del Cauca. Informe 1046 (Inédito), INGEOMINAS. Bogotá.
- ZAITLIN B, DALRYMPLE R. W, AND BOYD R. 1994. The stratigraphic organization of incised valley systems associated with relative sea-level change. En Robert W Dalrymple, Ron Boyd, and Brian Zaitlin, (eds). Incised-Valley Systems: origin and sedimentary sequences. SEMP (Society for sedimentary Geology). Special Publication No 51.

- HUBACH, E. 1957. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Informe 1212 (Inédito), INGEOMINAS, 166p. Bogotá.
- DE PORTA, J., 1974. Léxico Estratigráfico, Colombia (segunda parte) Terciario y Cuaternario. UICG, 621p.
- ORREGO, A 1975. Geología y ocurrencias minerales de la parte oeste del cuadrángulo N-6Popayán. Informe 1690 (Inédito).INGEOMINAS. Bogotá.
- RESTREPO, J.J. & TOUSSAINT, J.F 1976. Edades radiométricas en algunas rocas de Antioquia, Colombia. Publicación Especial de Geología, Universidad Nacional, 6, 24p. Medellín.
- GOOSSENS, P.J. & FLORES, D. 1977. Geochemistry of tholeiites of the Basic Igneous Complex of Northwestern South America. Geological Society of America Bulletin, 88, 1043-1052.
- PARIS G. & MARIN, P.A. 1979. Generalidades acerca de la geología del Departamento del Cauca, INGEOMINAS, Bogotá. 38p.
- BARRERO,D. 1979. Geology of the central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales de INGEOMINAS, 4, 75p.
- HARDING, P.T. & LOWELL, J.D. 1979. Structural Styles, their tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces. American Association of Petroleum Geologist, Bulletin, 63, 1016-1059.

- RESTREPO, J.J., TOUSSAINT, J.F. & LINARES, E. 1980. Datación de u esquisto sericitico de Jambal— - Cauca. Boletín de Ciencias de la Tierra, 5-6, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 133-134.
- ESPINOSA, A 1980. Sur les roches basiques et ultrabasique de basin du Patie. Non public Ph.D. th• se, UniversitŽ de Geneve. No. 1970.
- MIYASHIRO, A. 1981. Metamorphism and metamorphic belts. George Allen & Unwin, 5th Ed. 492p.
- ASPDEN, J.A. 1984. The geology of the Western Cordillera, Department of Valle, Colombia (Sheets 261, 278, 279, 280 & 299). INGEOMINAS- Misión Británica (British Geological Survey), Report No. 4 (Inedito). Cali.
- MCCOURT W. J, MOSQUERA, D. NIVIA, A. & NUÑEZ, A., 1984. Mapa geológico preliminar. Plancha 243-Armenia. Escala 1:100000 INGEOMINAS.
- MCCOURT W. J, MOSQUERA, D. NIVIA, A. & NUÑEZ, A., 1984. Memoria Explicativa Mapa geológico preliminar. Plancha 243-Armenia. Escala 1:100000 INGEOMINAS.
- McCOURT, W.J. 1984. The geology of the Central Cordillera in the Departments of Valle del Cauca, Quind'o and (N.W.) Tolima (sheets 243, 261, 262, 280 & 300). INGEOMINAS- Misi—n Britñica (British Geological Survey) Report No. 8 (Inedito). Cali, Colombia.
- MIALL, A.D, 1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis & Petroleum Geology. Springer Verlag, Berlin, London.

- ASPDEN, J.A & NIVIA, A. 1985. Mapa Geológico de Colombia - Escala 1:100.000, Plancha 278 Bahía de Buenaventura. INGEOMINAS. Bogotá.
- ESPINOSA, A 1985. El Macizo de Ginebra, una nueva secuencia ofiolítica sobre el flanco occidental de la Cordillera Central. Geología Norandina, 8, 12-17.
- VERDUGO & NIVIA, A. 1985., Mapa Geológico. Preliminar; Plancha 299-Jamundí. Escala 1:100000 INGEOMINAS. Bogotá.
- VERDUGO & NIVIA, A. 1985., Reseña Explicativa del Mapa Geológico. Preliminar; Plancha 299-Jamundí. Escala 1:100000 INGEOMINAS. Bogotá.
- VERDUGO, G. & ASPDEN, J.A. 1985. Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:100.000, Plancha 299 - Jamundí'. INGEOMINAS. Bogotá.
- LEBRAT, M., MEGARD, F., JUTEAU, T. & CALLE, J. 1985. Pre-orogenic volcanic assemblages and structure in the Western Cordillera of Ecuador between 10400'S and 20200'S. Geologische undschau, 74, 343-351.
- McCOURT, W.J. 1985. Mapa Geológico de Colombia - Escala 1:100.000, Plancha 262 Génova, INGEOMINAS, Bogotá.
- ASPDEN, J.A & McCOURT, W.J 1986b. Mesozoic oceanic terrane in the central Andes of Colombia. Geology, 14, 415-418.
- ASPDEN, J.A & McCOURT, W.J. 1986a. Low-K granitoids from the Western Cordillera of Colombia. Geología Norandina, 10, 19-28.

- RESTREPO, J.J. & TOUSSAINT, J.F. 1988. Terranes and continental accretion in the colombian Andes. Episodes, 11/3, 189-193.
- PADEA, P., ESPINOSA, A. & ORREGO, A. 1989. High-Mg extrusive rocks from the Romeral Zone ophiolites in southwestern Colombian Andes. Chemical Geology, 77, 303-321.
- PADILLA, L.E. 1991. Propuesta de unificación para la nomenclatura estratigráfica del Terciario del Valle del Cauca y del Cauca. Boletín de Geología UIS, 20/35, 5-17. Bucaramanga.
- PROTHERO, D. R. & SCHWAB, F, 1996. Sedimentary Geology. W. H. Freeman & Company. New York. p.575.
- ESPINOSA, A. 1992. Sismicidad Histórica del Valle del Cauca. Informe inédito, Proyecto GERSCO. Cali.
- ORREGO, A. 1993. Geología de la Plancha 364- Timbo, INGEOMINAS, 36p.
- RUST, B.R, 1978. Depositional models for braided alluvium In: Fluvial Sedimentology (Ed. A.D. Miall), Can. Soc. Petrol. Geol. Mem, 5, pp. 469–486.
- MCCOURT & VERDUGO, G. 1985. Mapa Geológico de Colombia Escala 1:100000, Plancha 300, Cali. INGEOMINAS. Bogotá.

11. ANEXOS

A continuación se hace una relación de los anexos adjuntos en medio magnético.

ANEXO 1 POZOS

ANEXO 1.1: POZOS CONVENCIONALES.

1_A: CANDELARIA-1:

- A. Imágenes
- B. Informes
- C. Registros

1_B: JUGA-1.

- A. Imágenes
- B. Informes
- C. Registros

ANEXO 1.2: POZOS SLIM HOLE

1_2_A: ANH-CAUCA-10-ST-S:

2_A_A_COLUMNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_A_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS

1_2_B: ANH-CAUCA-11-ST-S:

2_B_A_COLUMNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_B_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS

1_2_C: ANH-CAUCA-12-ST-S:

2_C_A_COLUMNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_C_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS.

1_2_D: ANH-CAUCA-17-ST-S:

2_D_A_COLUMNNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_D_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS.

1_2_E: ANH-CAUCA-32-ST-S:

2_E_A_COLUMNNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_E_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS.

1_2_F: ANH-CAUCA-33-ST-S:

2_F_A_COLUMNNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_F_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS.

1_2_G: ANH-CAUCA-33-ST-S-TWIN-1:

2_G_A_COLUMNNA: Columna estratigráfica del pozo Slim Hole.

2_G_B_FOTOGRAFIAS DE CORAZONES RECUPERADOS.

ANEXO 2: CAMPO.

2_A_CATALOGO DE MUESTRAS

2_B_CATALOGO FOTOGRAFICO

2_C_COLUMNS

2_C_A_COLUMNNA ESTRATIGRAFICA_ESTACION_MG-7

2_C_B_COLUMNNA ESTRATIGRAFICA_ESTACION_MG-10.

2_C_C_COLUMNNA ESTRATIGRAFICA_ESTACION_MG-15.

2_C_D_COLUMNNA ESTRATIGRAFICA_ESTACION_MG-14.

2_C_E_COLUMNNA ESTRATIGRAFICA_ESTACION_MG-16.

2_D_LIBRETA DE CAMPO

2_E_PLAN DE SALIDA DE CAMPO

2_E_A_Itinerario_Salida_de_campo

2_E_B_Rutas_Salida_de_Campo

2_F_POLIGONALES

ANEXO 3: MAPA GEOLOGICO

ANEXO 4: CORRELACION

ANEXO 5: PETROGRAFÍA

ANEXO 6: COLUMNA GENERALIZADA

ANEXO 7: FOTOGRAFIA SATELITAL

7_N-18-00_2000

ANEXO 8: GEOLOGIA ESTRUCTURAL

8_A_BLOQUEDIAGRAMA_ESTRUCTURAL

8_B_MAPA_ESTRUCTURAL

ANEXO 9: MAPAS ESQUEMATICOS

9_A_Mapa_Para_Cintad_Piedra

9_B_Mapa_Para_Ferreira

9_C_Mapa_Para_Fm_Agua_Clara

9_D_Mapa_Para_Fm_Chimborazo

9_E_Mapa_Para_Fm_Guachinte



9_F_Mapa_Para_Fm_Nogales

9_G_Mapa_Para_Fm_Paila

9_H_Mapa_Ubicacion_Pozos_Final

ANEXO 10: BIBLIOGRAFIA

10_A_Analisis_Laboratorio.

 <p>Margarita Mosquera / Guillermo Garzón</p>	<p>RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS DE LA SUBCUENCA CAUCA BASADO EN POZOS ESTRATIGRÁFICOS Y AFLORAMIENTOS</p>	 <p>Abril de 2012 Página 280 de 280</p>
--	--	--

- 10_B_Antecedentes_Carbones.
- 10_C_Antecedentes_Geologia_General.
- 10_D_Antecedentes_Pozos_Anteriores.
- 10_E_Base_de_Datos_Informacion_Final