



**FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS**

FONADE-ANH

**“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)”.**

ORIGINAL

INFORME

Elaborado por:



Contrato N° 2071464

Bogotá, Agosto de 2008

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA



**FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS**

FONADE-ANH

**“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)”.**

ORIGINAL

INFORME

Elaborado por:



Contrato N° 2071464

Bogotá, Agosto de 2008

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xxiii
ANEXOS	xxvi
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1 GENERALIDADES	5
1.1 <i>OBJETIVO</i>	5
1.2 <i>LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO</i>	5
1.3 <i>METODOLOGÍA</i>	9
1.3.1 ETAPA I. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL ÁREA-OFICINA I	9
1.3.2 ETAPA II. TRABAJO DE CAMPO-CAMPO I	10
1.3.3 ETAPA III. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CAPTURADA EN CAMPO-OFICINA II	11
1.3.4 ETAPA IV. TRABAJO DE CAMPO-CAMPO II	11
1.3.5 ETAPA V. SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO-OFICINA III	11
1.3.6 ETAPA VI. TRABAJO DE CAMPO Y SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIOS-CAMPO III Y OFICINA IV	11
1.3.7 ETAPA VII. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN COMPILADA, CAPTURADA EN CAMPO Y RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL Y REVISIÓN, CORRECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CORRECCIONES DEL MISMO-OFICINA IV	12
1.3.8 RESUMEN METODOLÓGICO	12
1.3.9 PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO	15
2 ANTECEDENTES DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DE LA CUENCA CAUCA-PATIA	16

2.1	<i>GRUPO DIABÁSICO: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	16
2.2	<i>FORMACIÓN CHIMBORAZO: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	19
2.3	<i>FORMACIÓN PEÑA MORADA: CUENCA CAUCA–PATIA</i>	23
2.4	<i>FORMACIÓN GUACHINTE: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	26
2.5	<i>FORMACIÓN MOSQUERA: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	35
2.6	<i>FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	37
2.7	<i>FORMACIÓN FERREIRA: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	39
2.8	<i>FORMACIÓN ESMITA: CUENCA CAUCA – PATIA</i>	45
3	LITOESTRATIGRAFÍA	50
3.1	<i>DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS</i>	50
	SECTOR CAUCA NORTE	56
3.2	<i>SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra</i>	56
3.2.1	Localización y acceso.	56
3.2.2	Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	58
	SECTOR CAUCA SUR	70
3.3	<i>SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.</i>	71
3.3.1	Localización y acceso.	71
3.3.2	Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	73
3.4	<i>SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.</i>	79
3.4.1	Localización y acceso.	79
3.4.2	Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	81
3.5	<i>SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla</i>	85
3.5.1	Localización y acceso.	85
3.5.2	Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	86
3.6	<i>SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.</i>	90
3.6.1	Localización y acceso.	91
3.6.2	Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	91

SECTOR PATÍA	96
3.7 SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático.	97
3.7.1 Localización y acceso.	97
3.7.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	98
3.8 SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)-Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base.	104
3.8.1 Localización y acceso.	104
3.8.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	104
3.9 SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	107
3.9.1 Localización y acceso.	107
3.9.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	108
3.10 SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	128
3.10.1 Localización y acceso.	128
3.10.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	128
3.11 SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	138
3.11.1 Localización y acceso.	138
3.11.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.	139
4 DESCRIPCIÓN DE LAS CURVAS DE RAYOS GAMMA	151
SECTOR CAUCA NORTE	151
4.1 SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra.	151
SECTOR CAUCA SUR	152
4.2 SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.	152
4.3 SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.	154
4.4 SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla.	156
4.5 SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.	158

SECTOR PATÍA	159
4.6 SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE) Y SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático. Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base. 159	
4.7 SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	160
4.8 SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	162
4.9 SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	163
5 FORMACIONES Y AMBIENTES DE DEPÓSITO	166
SECTOR CAUCA NORTE	166
5.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA	166
SECTOR CAUCA SUR	171
5.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO	171
5.2.1 MIEMBRO LOMA LARGA.	171
5.3 FORMACIÓN GUACHINTE	173
5.3.1 MIEMBRO LA CIMA.	173
5.3.2 MIEMBRO LOS CHORROS.	177
5.3.3 MIEMBRO LA LEONA.	180
5.3.4 MIEMBRO LA RAMPLA.	182
5.4 FORMACIÓN FERREIRA	185
5.4.1 MIEMBRO SUÁREZ.	185
SECTOR PATIA	188
5.5 FORMACIÓN PEÑA MORADA	188
5.5.1 MIEMBRO CALCÁREO	188
5.5.2 MIEMBRO CONGLOMERÁTICO	188
5.6 FORMACIÓN MOSQUERA	191
5.7 FORMACIÓN ESMITA	192
5.7.1 MIEMBRO LIMOLÍTICO FOSILÍFERO	195

5.7.2	MIEMBRO ARENÁCEO	196
5.7.3	MIEMBRO LIMOLÍTICO ROJIZO	199
6	ANÁLISIS DE LABORATORIO	205
6.1	<i>ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICOS</i>	205
	SECTOR CAUCA NORTE	207
6.1.1	SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra.	207
	SECTOR CAUCA SUR	209
6.1.2	SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.	209
6.1.3	SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.	211
6.1.4	SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla.	213
6.1.5	SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.	214
	SECTOR PATÍA	216
6.1.6	SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático.	216
6.1.7	SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)-Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base.	217
6.1.8	SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	217
6.1.9	SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	219
6.1.10	SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	221
6.2	<i>ANÁLISIS PETROGRÁFICOS</i>	223
	SECTOR CAUCA NORTE	224
6.2.1	FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA	224
	SECTOR CAUCA SUR	230
6.2.2	FORMACIÓN CHIMBORAZO	230
6.2.2.1	Miembro Loma Larga	230
6.2.3	FORMACIÓN GUACHINTE	235
6.2.3.1	Miembro La Cima	235
6.2.3.2	Miembro Los Chorros	239
6.2.3.3	Miembro La Leona	243
6.2.3.4	Miembro La Rampla	245

6.2.4 FORMACIÓN FERREIRA	252
6.2.4.1 Miembro Suárez	252
SECTOR PATÍA	255
6.2.5 GRUPO DIABÁSICO	255
6.2.6 FORMACIÓN PEÑA MORADA.	256
6.2.6.1 MIEMBRO CONGLOMERÁTICO	256
6.2.7 FORMACIÓN MOSQUERA	258
6.2.8 FORMACIÓN ESMITA	266
6.2.8.1 Miembro Limolítico Fosilífero	266
6.2.8.2 Miembro Arenáceo	269
6.2.8.3 Miembro Limolítico Rojizo	272
6.3 ANÁLISIS PETROFÍSICOS	275
SECTOR CAUCA NORTE	276
6.3.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA	276
SECTOR CAUCA SUR	279
6.3.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO	279
6.3.2.1 Miembro Loma Larga	279
6.3.3 FORMACIÓN GUACHINTE	282
6.3.3.1 Miembro La Cima	282
6.3.3.2 Miembro Los Chorros	284
6.3.3.3 Miembro La Leona	285
6.3.3.4 Miembro La Rampla	286
6.3.4 FORMACIÓN FERREIRA	290
6.3.4.1 Miembro Suárez	290
SECTOR PATÍA	291
6.3.5 FORMACIÓN MOSQUERA	291
6.3.6 FORMACIÓN ESMITA	296
6.3.6.1 Miembro Limolítico Fosilífero	296
6.3.6.2 Miembro Arenáceo	297
6.3.6.3 Miembro Limolítico Rojizo	298
6.4 ANÁLISIS GEOQUÍMICOS	300
SECTOR CAUCA NORTE	303
6.4.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA	303
SECTOR CAUCA NORTE	306
6.4.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO	306
6.4.2.1 Miembro Loma Larga	306
6.4.3 FORMACIÓN GUACHINTE	310

6.4.3.1	Miembro Los Chorros	310
6.4.3.2	Miembro La Leona	313
6.4.3.3	Miembro La Rampla	315
6.4.4	FORMACIÓN FERREIRA	319
6.4.4.1	Miembro Suárez	319
SECTOR PATÍA		321
6.4.5	FORMACIÓN PEÑA MORADA	321
6.4.5.1	Miembro Calcáreo	321
6.4.6	FORMACIÓN MOSQUERA	324
6.4.7	FORMACIÓN ESMITA	331
6.4.7.1	Miembro Limolítico Fosilífero	331
6.4.7.2	Miembro Arenáceo	338
6.4.7.3	Miembro Limolítico Rojizo	341
7	GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	344
SECTOR CAUCA NORTE		344
7.1	<i>ROCA GENERADORA.</i>	344
7.2	<i>ROCA RESERVORIO</i>	344
7.3	<i>ROCA SELLO</i>	345
7.4	<i>MIGRACIÓN</i>	345
7.5	<i>TRAMPAS</i>	345
7.6	<i>COMENTARIO</i>	345
SECTOR CAUCA SUR		346
7.7	<i>ROCA GENERADORA.</i>	347
7.8	<i>ROCA RESERVORIO</i>	347
7.9	<i>ROCA SELLO</i>	349
7.10	<i>MIGRACIÓN</i>	349
7.11	<i>TRAMPAS</i>	349
7.12	<i>COMENTARIO</i>	349
SECTOR PATIA		351

7.13	ROCA GENERADORA.	351
7.14	ROCA RESERVORIO	351
7.15	ROCA SELLO	352
7.16	MIGRACIÓN	352
7.17	TRAMPAS	353
7.18	COMENTARIO	353
8	CONTINUIDAD LITOLÓGICA Y CORRELACIÓN DE LAS COLUMNAS LEVANTADAS EN LOS SECTORES CAUCA SUR Y PATÍA	354
	SECTOR CAUCA SUR	354
	SECTOR PATÍA	356
9	RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL	359
10	CONCLUSIONES	364
11	RECOMENDACIONES	368
12	REFERENCIAS	369

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1. Mapa de Localización del Área del Proyecto. (Los números de las planchas corresponden a la nomenclatura IGAC).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1-2. Mapa de Localización de los Sectores estudiados.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1-3. Fases Metodológicas.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 1-4. Centímetro portátil utilizado en la obtención de los datos gamma ray de afloramiento.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3-1. Mapa de localización de las secciones descritas.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 3-2. Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 3-3. Banco de limolita roja, suprayacido por paquetes métricos de arenita con gradación normal.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 3-4. Interposiciones rítmicas de arenitas-lodolitas, con laminación ondulada continua y discontinua; localmente se encuentran láminas de carbón o arcillolita carbonosa y pátinas de óxidos de hierro.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 3-5. Capas medias, tabulares de arenita homogénea, de color amarillo grisáceo.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3-6. Capas tabulares muy gruesas con laminación inclinada planar y tangencial a la base en arenitas de color amarillo.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3-7. SArenitas líticas friables con laminación plano paralela continua, en capas medias y delgadas de geometrías tabulares.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3-8. Bancos gruesos canaliformes de arenitas de grano medio.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3-9. Sublitoarenita feldespática con laminación plano paralela discontinua en capas gruesas.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3-10. Bancos métricos de limolitas y lodolitas laminadas abigarradas y de color gris a rojo.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 3-11. Bancos métricos de arenitas.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3-12. Conglomerados polimícticos.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3-13. Capas medias de arcillolitas con laminación plana paralela.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3-14. Intervalo de capas gruesas y muy gruesas de arenitas y conglomerados.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3-15. Bancos gruesos de conglomerados polimícticos de guijos y gránulos.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 3-16. Paquetes métricos de limolitas-arenitas de color marrón grisáceo con laminación plana paralela.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3-17. Intercalaciones de lodolitas color gris medio con laminación plana paralela y arenitas homogéneas.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3-18. Sucesiones granodecrescentes de arenitas conglomeráticas y arenitas con laminación inclinada.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3-19. Arcillolitas, moteadas, levemente calcáreas de colores pardo rojizo, gris y ocre, localmente con laminación ondulada discontinua.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3-20. Paquetes gruesos de capas de arenitas homogéneas y arenitas conglomeráticas.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 3-21. Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de la Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y la Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.....</i>	<i>72</i>

<i>Figura 3-22. Expresión morfológica del regolito lodo-arcilloso localmente arenoso de color rojizo.</i>	73
<i>Figura 3-23. Capas medias y gruesas de arenitas feldespáticas con estratificación ondulosa no paralela y óxidos de hierro.</i>	73
<i>Figura 3-24. Secuencias granodecrecientes que inician a la base con conglomerados y arenitas conglomeráticas seguidas de arenita cuarzo feldespática laminadas en capas subtabulares medias a gruesas. Finaliza con lodolitas a lodolitas arenosas.</i>	75
<i>Figura 3-25. Secuencia de capas medias a gruesas subtabulares de arenitas homogéneas de grano medio, friable de color grisáceo.</i>	76
<i>Figura 3-26. Conglomerado polimíctico clasto y matriz soportado homogéneos de guijos y guijarros subredondeados de rocas volcánicas e ígneas intrusivas.</i>	76
<i>Figura 3-27. Secuencias granodecrecientes completas que inician con arenitas feldespáticas con estratificación inclinada en capas métricas seguidas por arenitas homogéneas, finalizando en facies finas laminadas y homogéneas.</i>	77
<i>Figura 3-28. Arcillolitas homogéneas, moteadas de colores lila, gris muy claro, blanco amarillo ocre y morado claro con abundantes óxidos de hierro distribuidos irregularmente.</i>	77
<i>Figura 3-29. Paquetes métricos de cuarzoarenitas homogéneas con una intercalación de arcillolita blanca</i>	78
<i>Figura 3-30. Intercalaciones en capas muy gruesas y gruesas de arcillolitas y lodolitas y capas delgadas de carbón. Hacia el techo se encuentran capas medias y gruesas subtabulares de cuarzoarenitas.</i>	79
<i>Figura 3-31. Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.</i>	80
<i>Figura 3-32. Arenita homogéneas en capas gruesas, variables lateralmente de espesor.</i>	81
<i>Figura 3-33. Interposiciones de arcillolitas arenitas y mantos de carbón.</i>	83
<i>Figura 3-34. Litoarenitas de grano muy fino a limo y lodolitas con laminación plano paralela continua, con bivalvos y gasterópodos.</i>	83
<i>Figura 3-35. Lodolitas ricas en materia orgánica carbonosa con laminación plano paralela continua, ondulada paralela continua y no paralela.</i>	84
<i>Figura 3-36. Intercalaciones de arenita de grano muy fino y lodolitas, de color amarillo grisáceo, laminación ondulada paralela, en capas subtabulares delgadas y muy delgadas.</i>	85
<i>Figura 3-37. Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.</i>	86
<i>Figura 3-38. Intercalaciones de capas medias y delgadas subtabulares de arenitas homogéneas y limolitas arenosas. Las capas se encuentran invertidas.</i>	88
<i>Figura 3-39. Capas delgadas subtabulares de arenitas y limolitas arenosas. Las capas están invertidas.</i>	89
<i>Figura 3-40. Capas gruesas subtabulares de arcósa entre paquetes métricos de lodolitas y arcillolitas homogéneas varicoloreadas.</i>	89
<i>Figura 3-41. Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.</i>	90
<i>Figura 3-42. Arcillolita homogénea muy meteorizada, de color gris verdoso con tonos naranja amarillento por oxidación.</i>	93
<i>Figura 3-43. Arenitas con laminación inclinada de color amarillo, en capas medias canaliformes, contacto irregular.</i>	93

<i>Figura 3-44. Capas gruesas de arenitas feldespáticas y anenitas líticas subtabulares con contactos planos y neto irregular, (derecha de la foto); seguido por arcillolitas ricas en materia orgánica carbonosa y restos vegetales por planos de laminación (izquierda de la foto).</i>	93
<i>Figura 3-45. Secuencia de arenitas feldespáticas de colores amarillo y ocre, en capas subtabulares medias y gruesas; localmente láminas gruesas de materia carbonosa (A la derecha de la foto), en contacto ondulado con unas lodolitas arenosas con laminación plano paralela y restos de hojas completas e incompletas (a la izquierda de la foto).</i>	94
<i>Figura 3-46. Conglomerado polimíctico clasto soportado de trama desordenada, color gris claro, con guijos y guijarros redondeados de cuarzo lechoso y chert.</i>	95
<i>Figura 3-47. Capa decimétrica de carbón.</i>	95
<i>Figura 3-48. Capa muy gruesa de conglomerado polimíctico clasto soportado de trama desordenada, homogéneo, color gris claro a blanco, con guijos redondeados de cuarzo lechoso y chert, localmente guijarros.</i>	96
<i>Figura 3-49. Secciones Río Esmita (RE) y Río Esmita sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Formación Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Formación Mosquera.</i>	98
<i>Figura 3-50. Diabasa cloritizada con venas de plagioclasa y cuarzo, de color verde grisáceo.</i>	99
<i>Figura 3-51. Capas finas de wackestone y mudstone de color gris oscuro, muy fracturado.</i>	99
<i>Figura 3-52. Capa de arenita homogénea de color amarillo quemado interestratificada en lodolitas silicificadas levemente calcáreas de color gris oscuro con laminación plana paralela.</i>	101
<i>Figura 3-53. Lodolita silicificada, localmente calcárea, de color gris oscuro a gris café, en capas delgadas, muy fracturada.</i>	101
<i>Figura 3-54. Zona de brecha tectónica conformada por secuencia de lodolita homogénea, a la base, con clastos de rocas volcánicas y al techo, conglomerado lodo soportado, homogéneo, de clastos de rocas volcánicas tamaño guijo, muy fracturado con estrías de fricción.</i>	102
<i>Figura 3-55. Lodolita a arcillolita homogénea ligeramente calcáreas, con concreciones calcáreas.</i>	102
<i>Figura 3-56. Secuencia de lodolita a arcillolita homogénea ligeramente calcáreas, de color gris café y un nivel de conglomerado lodosoportado, con clastos tamaño guijo, calcáreos, al techo.</i>	103
<i>Figura 3-57. Secuencia de conglomerados clastosoportado, homogéneo de trama desordenada, de color gris rojizo, con clastos de rocas volcánicas, de muy diversos tamaños, redondeados a subangulares, en capas canaliformes muy gruesas a gruesas con niveles de lodolitas de color rojizo, en capas medias irregulares.</i>	103
<i>Figura 3-58. Secuencia conformada, a la base (parte media e inferior de la foto), por conglomerado matriz y clastosoportado, con estratificación inclinada, en capa canaliforme, muy gruesa, de clastos de rocas volcánicas de muy diversos tamaños. Capa canaliforme gruesa de arenita a arenita conglomerática de color gris amarillento. Corresponde al contacto entre las formaciones Peña Morada y Mosquera.</i>	106
<i>Figura 3-59. Secuencia de arenitas con lodolitas, en capas canaliformes y tabulares con frecuentes superficies de erosión.</i>	107
<i>Figura 3-60. Basalto amigdalal pseudoestratificado algo alterado.</i>	108

<i>Figura 3-61. Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y las formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 3-62. Capas delgadas de conglomerado polimíctico compuesto por chert, cuarzo lechoso, rocas ígneas efusivas, presentan moscovita, y grano decrecimiento normal, trama ordenada, suprayace cuarzoarenita, muy compacta.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 3-63. Capa muy gruesa de conglomerado polimíctico compuesto por líticas de lodolitas y arenitas, chert, cuarzo lechoso. Posee trama ordenada, clasto y areno soportado, lentes de arenita que separan a los conglomerados.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 3-64. Capas delgadas de limolita arenosa a arenita limosa con estratificación plano paralela continua, tabulares.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 3-65. Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela y ondulada continua, tabular.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 3-66. Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela y ondulada, continua, intercalada con cuarzoarenitas homogéneas de grano muy fino, compactas de color gris medio, con geometría subtabular.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 3-67. Capas muy gruesas subtabulares de cuarzoarenita de color gris medio, con fracturamiento ortogonal.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 3-68. Interposición de capas de lodolita y de arenitas con alto contenido de materia carbonosa y estructuras lenticulares y flaser.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 3-69. Secuencia conformada, a la base (Izquierda de la Foto), por lodolita de color gris oliva claro, laminación ondulada no paralela, con lentes y capas muy delgadas de arenita y a la parte media y techo, por arenita de color gris oliva a gris verdoso en capas medias, subtabulares; laminación ondulada no paralela.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3-70. Sucesión conformada, a la base (Izquierda de la Foto), por lodolita gris verdoso, en láminas subtabulares seguido por arenitas algo lodosas y arenitas de colores gris verdoso y gris, en capas tabulares delgadas a gruesas y al techo lodolitas arenosas de color gris azulado.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3-71. Nivel de lodolitas a limolitas de colores gris verdoso y gris oscuro, con tonos ocre por oxidación, en capas muy gruesas, con interposiciones menores de arenitas..</i>	<i>120</i>
<i>Figura 3-72. Secuencia conformada de base a techo, por arenitas en capas medias tabulares, suprayacido por interestratificaciones finas de arenitas y lodolitas finalizando con un nivel de lodolitas.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 3-73. Secuencia conformada a la base por interestratificación con predominio de arenitas sobre lodolitas, y parte media, con predominio de lodolitas sobre arenitas, de color verde grisáceo, en capas delgadas a muy delgadas subtabulares, con concreciones calcáreas. Al techo corresponde a arenitas de color gris verdoso, en capas subtabulares medias a gruesas.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 3-74. Arcillolitas limosas, limolitas arcillosa homogéneas, intercaladas con arenitas arcillosas laminadas y bioperturbadas.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 3-75. Capas gruesas subtabulares de sublitoarenitas con estratificación inclinada y bioperturbadas.</i>	<i>123</i>
<i>Figura 3-76. Capas delgadas y medias de arenita lítica con laminación plano paralela continua, mica y fragmentos de plantas.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 3-77. Banco subtabular de cuarzoarenitas a sublitoarenitas internamente con estratificación inclinada planar y grano decrecimiento normal.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 3-78. Capas muy gruesas tabulares de lodolita, rojiza muy alterada, sin estructura interna apreciable y abundantes óxidos de hierro.....</i>	<i>125</i>

<i>Figura 3-79. Capas gruesas y muy gruesas subtabulares de cuarzoarenitas laminadas y bioperturbadas.</i>	<i>125</i>
<i>Figura 3-80. Capas gruesas subtabulares de sublitoarenitas feldespáticas con estratificación inclinada planar.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 3-81. Paquetes métricos de lodolitas rojizas homogéneas, con interposiciones de arenitas.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 3-82. Litoarenitas con estratificación inclinada en capas gruesas variables lateralmente de espesor.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 3-83. Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 3-84. A la izquierda y con tonalidad gris clara a blanca roca intrusiva félsica (tonalita?), parte inferior, centro a derecha de la foto y con tonalidad amarillo rojizo y en forma de cuña roca ígnea efusiva (Basalto?) en la parte superior de izquierda a derecha en la foto, en contacto neto irregular discordante, conglomerado polimíctico compuesto en un 100% de rocas ígneas (Basaltos, Diabasas, Tonalitas?, Chert?).....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 3-85. Conglomerado polimíctico clasto y areno soportado compuesto por guijos y locales cantos de cuarzo lechoso y chert?, rocas ígneas en capas muy gruesas; no se aprecia la geometría externa de los cuerpos.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 3-86. Paquetes métricos de conglomerados matriz y clasto soportados, homogéneos y gradados y arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada por orientación de clastos.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 3-87. Hacia la base del segmento se presentan paquetes métricos de limolitas lodosas ferruginizadas, homogéneas y al tope capas muy gruesas de arenitas lodosas homogéneas.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 3-88. Paquetes métricos de facies heterolíticas (arena-lodo) onduladas carbonosas intercaladas con lodolitas laminadas carbonosas y arenitas con laminación ondulada y sigmoidal.</i>	<i>135</i>
<i>Figura 3-89. Hacia la base paquetes métricos de lodolitas homogéneas ferruginizadas y en el tope arenitas con laminación plana paralela y homogéneas.</i>	<i>136</i>
<i>Figura 3-90. Hacia la base corresponde a lodolitas homogéneas con algunos niveles ferruginosos y lentes medios de arenitas homogéneas; al tope del segmento predominan las arenitas feldespáticas con laminación inclinada de ángulo bajo.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 3-91. Paquetes decamétricos de lodolitas a lodolitas localmente arenosas homogéneas rojas; en la parte superior de la foto arenitas limosas a limolitas lodosas homogéneas.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 3-92. Hacia la base comprende limolitas lodosas y arcillolitas oxidadas con laminación plana paralela y homogénea; seguida en contacto irregular por arenitas feldespáticas con estratificación inclinada planar.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 3-93. Rocas ígneas intrusivas (gabros) e hipoabisales (diabasas) con venas de calcitas y/o plagioclasa de hasta 30 cm.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 3-94. Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 3-95. Conglomerado polimíctico matriz soportado de trama desordenada con guijos subangulares a bien redondeados de rocas ígneas de la unidad infrayacente (Grupo Diabásico).</i>	<i>143</i>

<i>Figura 3-96. Capa muy gruesa de cuarzoarenitas a sublitoarenitas con grano decrecimiento normal, suprayacida por conglomerado polimíctico matriz soportado de trama desordenada.</i>	<i>143</i>
<i>Figura 3-97. Cuarzoarenitas homogéneas separando interlaminaciones de arenitas y shale carbonosos (derecha de la foto) y carbón y arcillolitas carbonosas (izquierda de la foto)</i>	<i>144</i>
<i>Figura 3-98. Capas medias subtabulares de cuarzoarenitas con estratificación inclinada planar, separadas por láminas gruesas y capas delgadas de lodolitas carbonosas.</i>	<i>145</i>
<i>Figura 3-99. Arcillolitas carbonosas a shale carbonoso laminados separando sublitoarenitas a cuarzoarenitas con estratificación y laminación plano paralela.</i>	<i>146</i>
<i>Figura 3-100. Interestratificaciones medias y finas de arenitas con laminación sigmoidal, ondulada y bioperturbada con facies heterolíticas de lodolitas y arenitas laminadas y bioperturbadas.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 3-101. Paquetes métricos de lodolitas homogéneas calcáreas, intercaladas con capas medias de carbón y al techo, arenitas sublíticas homogéneas.</i>	<i>147</i>
<i>Figura 3-102. Paquetes métricos de lodolitas limosas homogéneas, con intercalaciones menores de arenitas homogéneas. Afloramiento sobre el cauce de la quebrada La Despensa.</i>	<i>148</i>
<i>Figura 3-103. Contacto neto irregular entre sublitoarenitas homogéneas en capas muy gruesas, variables lateralmente de espesor y lodolitas carbonosas en capas muy gruesas y mantos de carbón.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 3-104. Secuencias grano decrecientes métricas que inician a la base con litoarenitas con laminación inclinada y homogénea, seguido de limolitas y luego lodolitas homogéneas. Predominio de las facies finas.</i>	<i>150</i>
<i>Figura 4-1 Línea aserrada regular con valores bajos de radiación gamma en arenitas (A); y línea aserrada irregular con valores intermedios de rayos gamma en arcillolita arenosa y lodolita arenosa (B).....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 4-2. Desarrollo de campana aserrada a partir de los valore de radiación gamma sobre grano crecimiento de arenitas y a la decreciente cantidad de matriz arcillosa en ella.</i>	<i>153</i>
<i>Figura 4-3. Contraste gráfico y de valores de radiación gamma entre arenitas y arcillolitas carbonosas (A); desarrollo de pequeños embudos en secuencias grano decrecientes completas e incompletas (B).</i>	<i>155</i>
<i>Figura 4-4. Campanas sucesivas en limolita carbonosa con interposición de arenita y carbón (A); figura de embudo en secuencia grano decreciente (B).</i>	<i>157</i>
<i>Figura 4-5. Embudo largo irregular aserrado en secuencia de base arenosa y techo lodoso (A); valores bajos de radiación gamma y línea regular aserrada desarrollada en conglomerado de guijos de cuarzo lechoso clasto soportado (B).....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 4-6. Incremento rápido de radiación gamma en mudstone y posterior decrecimiento en arenitas, lodolitas calcáreas y lodolitas silíceas, representando un embudo y una campana aserrada irregular, respectivamente (A); Contraste en los valores de radiación gamma obtenidos en secuencias grano decrecientes completas e incompletas, con desarrollo de pequeños embudos (B).....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 4-7. Contrastes de radiación gamma entre arenitas de grano muy fino lodosa y conglomerados (A); sucesión heterolítica con valores de radiación gamma intermedio a alto (B).</i>	<i>161</i>

<i>Figura 4-8. Valores altos de radiación gamma en sedimentitas finas intercalada entre conglomerados (A); figura de embudo irregular obtenido de valores crecientes de radiación gamma en arenitas y lodolitas (B).</i>	163
<i>Figura 4-9. Valores altos de radiación gamma en shale carbonoso contrastando con valores bajos en cuarzoarenitas de grano medio (A); figura cóncava formada por los valores de radiación gamma en secuencia de arenita grano decreciente entre sedimentitas finas (B).</i>	164
<i>Figura 5-1. Columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra con algunas de sus litofacies y secuencias características.</i>	169
<i>Figura 5-2. Modelos de depósito para la Formación Cinta de Piedra. Se presentan ríos trezados (B1-B2), llanuras de inundación (D2) y ríos meandriformes (C1-C2). El modelo de ríos trezados fue modificado de Miall, 1985 y el modelo de llanuras de inundación fue tomada de http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm</i> 170	
<i>Figura 5-3. Columna estratigráfica sintética de la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga, con algunas de sus litofacies y secuencias características.</i>	172
<i>Figura 5-4. Modelos de depósito para el Miembro Loma Larga, la Formación Chimborazo. Se presentan ríos trezados (B2-B3), abanicos aluviales (A1-A2), ríos meandriformes (C1-C2) y llanuras de inundación (D2). El modelo de llanuras de inundación fue tomada de http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm; los modelos de ríos trezados y abanicos fue modificado de Miall, 1985. El modelo general de abanicos, ríos trezados y meandriformes, fue modificado de Galvis y Rubiano 1985.</i>	174
<i>Figura 5-5. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro La Cima, con algunas de sus litofacies y secuencias características.</i>	175
<i>Figura 5-6. Modelos de depósito para el Miembro La Cima, Formación Guachinte. Se presentan, hacia la base y parte media, ríos trezados (B1-B2) y hacia el techo ríos meandriformes (C1-C2). El modelo de ríos trezados fue modificado de Miall, 1985.</i> 176	
<i>Figura 5-7. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro Los Chorros, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.</i>	178
<i>Figura 5-8. Modelos de depósito para el Miembro Los Chorros, Formación Guachinte. Predominan las llanuras de inundación y pantanos (D2), marismas (E3) y canales de desborde (D1b). El modelo de llanuras de inundación fue tomada de http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm; canal de desborde fue adaptado de Pemberton y Wightman, 1992</i>	179
<i>Figura 5-9. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro La Leona, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.</i>	180
<i>Figura 5-10. Modelos de depósito para el Miembro La Leona, Formación Guachinte. Se presentan ámbitos de lagos someros dentro de llanuras de inundación (D3-D2). El modelo de lagos someros fue tomado de www.geog.unt.edu/mcgregor/1710%20index.html.</i>	181
<i>Figura 5-11. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Guachinte, Miembro La Rampla en las diferentes secciones estudiadas sobre el río Guachinte, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.</i>	183
<i>Figura 5-12. Modelos de depósito para el Miembro Los Chorros, Formación Guachinte. Se presentan las llanuras de inundación y pantanos (D2), ríos meandriformes (C1-C2), canales de desborde (D1b) y Ríos trezados (B1-B2).</i>	184
<i>Figura 5-13. Columna estratigráfica sintética de la Formación Ferreira, Miembro Suárez, con algunas de sus litofacies predominantes.</i>	186

<i>Figura 5-14. Modelos de depósito para el Miembro Suárez, Formación Ferreira. Se presentan ríos meandriiformes (C1-C2), llanuras de inundación y pantanos (D2) y Ríos trenzados (B1-B2). El modelo de ríos trenzados fue adaptado de Miall, 1985.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 5-15. Columna estratigráfica sintética de la Formación Peña Morada, miembros Calcáreo y Conglomerático, con algunas de sus principales litofacies y asociaciones dominantes.</i>	<i>189</i>
<i>Figura 5-16. Modelos de depósito para los miembros Calcáreo y Conglomerático, Formación Peña Morada. Presenta ambientes de plataforma interna somera y restringida dominada por aporte de carbonatos (G1-G2) y abanicos deltas (fan deltas) (H1).....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 5-17. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Mosquera con algunas de sus principales litofacies y secuencias características.....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 5-18. Modelos de depósito de la Formación Mosquera. Presenta abanicos aluviales (A1-A2), ríos trenzados (B2-B3), ríos meandriiformes (C1-C2) y llanuras de inundación (D2) con canales de desborde y secundarios. El modelo general de abanicos, ríos trenzados y meandriiformes, fue modificado de Galvis y Rubiano 1985.</i>	<i>194</i>
<i>Figura 5-19. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Limolítico fosilífero, con algunas litofacies y secuencias características.....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 5-20. Modelos de depósito del Miembro Limolítico Fosilífero, Formación Esmita. Presenta llanuras mareales lodosa y lodo arenosa (E1, E2), marismas y pantanos (E3), canales mareales (E4), frente de playas/anteplaya (F1), plataforma marino somero (G1-G2), enmarcado en un sistema estuarino. El modelo del sistema depositacional estuarino fue modificado de Zaitlin y otros, 1994. El modelo de llanuras y canales mareales fue adaptado de Dalrymple, y otros, 1992.</i>	<i>198</i>
<i>Figura 5-21. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Arenáceo, con algunas de las litofacies dominantes y asociaciones de facies.</i>	<i>200</i>
<i>Figura 5-22. Modelos de depósito para el Miembro Arenáceo, Formación Esmita. Presenta ambientes de marismas y pantanos (E3-D2), ríos meandriiformes (C1-C2) y canales secundarios y de desborde (D1a-D1b).....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 5-23. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Limolítico rojizo, con algunas de las litofacies y secuencias características.....</i>	<i>203</i>
<i>Figura 5-24. Modelos de depósito del Miembro Limolítico rojizo, Formación Esmita. Presenta ríos trenzados (B2-B3), llanuras de inundación (D2) y ríos meandriiformes (C1-C2). El modelo general de ríos trenzados, meandriiformes y llanuras de inundación fue modificado de Galvis y Rubiano 1985.....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 6-1. Zonación bioestratigráfica de la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>208</i>
<i>Figura 6-2. Zonación bioestratigráfica de la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.....</i>	<i>210</i>
<i>Figura 6-3. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte.</i>	<i>212</i>
<i>Figura 6-4. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.</i>	<i>214</i>
<i>Figura 6-5. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.</i>	<i>215</i>

<i>Figura 6-6. Zonación bioestratigráfica de la Secciones Río Esmita (RE) y sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Fm Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Fm Mosquera.</i>	<i>216</i>
<i>Figura 6-7. Zonación bioestratigráfica de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>218</i>
<i>Figura 6-8. Zonación bioestratigráfica de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>220</i>
<i>Figura 6-9. Zonación bioestratigráfica de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.....</i>	<i>222</i>
<i>Figura 6-10. Perfil composicional en la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>228</i>
<i>Figura 6-11. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), de la Formación Cinta de Piedra.</i>	<i>229</i>
<i>Figura 6-12. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas de la Formación Cinta de Piedra, A) Muestra CA-JC-005 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 3,7% y B) Muestra CA-MR-039 de litoarenita, con porosidad visual de 3,7%.....</i>	<i>230</i>
<i>Figura 6-13. Perfil composicional en la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.....</i>	<i>233</i>
<i>Figura 6-14. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.....</i>	<i>234</i>
<i>Figura 6-15. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo. A) Muestra LC-CD-022 de sublitoarenita, con una porosidad medida en sección delgada de 4,7%, y B) Muestra LC-JR-019 de litoarenita con una porosidad medida en sección delgada de 8,2%.....</i>	<i>234</i>
<i>Figura 6-16. Perfil composicional en la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.....</i>	<i>237</i>
<i>Figura 6-17. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Cima de la Formación Guachinte.....</i>	<i>238</i>
<i>Figura 6-18. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro La Cima de la Formación Guachinte. A) Muestra LC-CM-034 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 16,4%, y B) Muestra LC-CM-058 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 6,2%.</i>	<i>238</i>
<i>Figura 6-19. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.....</i>	<i>242</i>
<i>Figura 6-20. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-JJ-038 de sublitoarenita, con porosidad visual de 7,1%, y B) Muestra RG-DR-073 de sublitoarenita con una porosidad visual de 9,6%.</i>	<i>242</i>
<i>Figura 6-21. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.....</i>	<i>244</i>
<i>Figura 6-22. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro La Leona de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-RR-003 de sublitoarenita, con</i>	

	<i>porosidad visual de 2,6%, y B) Muestra RG-RR-004B de sublitoarenita con una porosidad visual de 5,6%.</i>	<i>245</i>
Figura 6-23.	<i>Perfil composicional en la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.</i>	<i>249</i>
Figura 6-24.	<i>Perfil composicional en la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.</i>	<i>250</i>
Figura 6-25.	<i>Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.....</i>	<i>251</i>
Figura 6-26.	<i>Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-DR-112 de sublitoarenita, con porosidad visual de 9,1%, y B) Muestra RG-RR-030 de sublitoarenita con una porosidad visual de 8,5%.</i>	<i>251</i>
Figura 6-27.	<i>Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Suárez de la Formación Ferreira.</i>	<i>254</i>
Figura 6-28.	<i>Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro Suárez de la Formación Ferreira. A) Muestra RGT-RR-120 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 1,9%, y B) Muestra RGT-RR-127 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 2,9%.</i>	<i>255</i>
Figura 6-29.	<i>Sección delgada del Grupo Diabásico (muestras RE-RR-002).</i>	<i>255</i>
Figura 6-30.	<i>Secciones delgadas en nicoles paralelos del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada (muestras RE-JR-050).</i>	<i>257</i>
Figura 6-31.	<i>Secciones delgadas en nicoles paralelos del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada (muestras RE-JR-052).....</i>	<i>257</i>
Figura 6-32.	<i>Perfil composicional en la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>262</i>
Figura 6-33.	<i>Perfil composicional de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>263</i>
Figura 6-34.	<i>Perfil composicional de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>264</i>
Figura 6-35.	<i>Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), de la Formación Mosquera.....</i>	<i>265</i>
Figura 6-36.	<i>Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas de la Formación Mosquera. A) Muestra QG-RR-043 de sublitoarenita, con porosidad visual de 9,6%, y B) Muestra EB-RR-020 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 14,0%.....</i>	<i>265</i>
Figura 6-37.	<i>Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.</i>	<i>268</i>
Figura 6-38.	<i>Secciones delgadas en nicoles cruzados de las arenitas del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita. A) Muestra EB-ER-074 de sublitoarenita, con porosidad visual de 5,3%, y B) Muestra QG-JE-061 de litoarenita con una porosidad visual de 0,3%.</i>	<i>269</i>
Figura 6-39.	<i>Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.</i>	<i>272</i>
Figura 6-40.	<i>Secciones delgadas en nicoles cruzados de las arenitas del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita. A) Muestra EB-RR-111 de litoarenita feldespática, con</i>	

	<i>porosidad visual de 3,5%, y B) Muestra EB-ER-120 de litoarenita con una porosidad visual de 4,4%.</i>	<i>272</i>
Figura 6-41.	Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.	274
Figura 6-42.	Secciones delgadas en nicoles cruzados de las arenitas del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita. A) Muestra QG-JE-135 de litoarenita, con porosidad visual de 3,8%, y B) Muestra QD-ER-151 de sublitoarenita con una porosidad visual de 2,0%.	275
Figura 6-43.	Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.....	278
Figura 6-44.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de la formación Cinta de Piedra.....	279
Figura 6-45.	Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.	280
Figura 6-46.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.....	281
Figura 6-47.	Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.....	282
Figura 6-48.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro La Cima de la Formación Guachinte.....	283
Figura 6-49.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Los Chorros de la Formación Guahinte.....	285
Figura 6-50.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.....	286
Figura 6-51.	Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla....	287
Figura 6-52.	Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.	288
Figura 6-53.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro la Rampla de la Formación Guachinte.....	289
Figura 6-54.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Suarez de la Formación Ferreira.....	291
Figura 6-55.	Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.	292
Figura 6-56.	Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.....	293
Figura 6-57.	Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.....	294
Figura 6-58.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de la Formación Mosquera.....	295
Figura 6-59.	Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.	297

<i>Figura 6-60. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.</i>	<i>298</i>
<i>Figura 6-61. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.</i>	<i>299</i>
<i>Figura 6-62. Perfil geoquímico de la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>304</i>
<i>Figura 6-63. Esporas y granos de polen alargados. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.....</i>	<i>305</i>
<i>Figura 6-64. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Cinta de Piedra, Sección Cartago-Alcalá; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>306</i>
<i>Figura 6-65. Perfil geoquímico de la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.....</i>	<i>307</i>
<i>Figura 6-66. Materia orgánica amorfa no fluorescente. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.</i>	<i>309</i>
<i>Figura 6-67. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Loma Larga, Formación Chimborazo; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>309</i>
<i>Figura 6-68. Perfil geoquímico de la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.....</i>	<i>311</i>
<i>Figura 6-69. Vitrinita, inertinita y películas algáceas. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.....</i>	<i>312</i>
<i>Figura 6-70. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro los Chorros, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>313</i>
<i>Figura 6-71. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro La Leona, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>314</i>
<i>Figura 6-72. Perfil geoquímico en la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.</i>	<i>316</i>
<i>Figura 6-73. Perfil geoquímico de la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.....</i>	<i>317</i>
<i>Figura 6-74. Cutícula (fluorescencia de luz anaranjada, algas (fluorescencia amarilla - protuberancias y películas anastomosadas) y desechos de esporas y polen. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.</i>	<i>318</i>
<i>Figura 6-75. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro La Rampla, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>319</i>

<i>Figura 6-76. Vitrinita, películas y protuberancias algáceas, y esporas. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.</i>	<i>320</i>
<i>Figura 6-77. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Suárez, Formación Ferreira; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.</i>	<i>321</i>
<i>Figura 6-78. Perfil geoquímico de las Secciones Río Esmita (RE) y Río Esmita sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Formación Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Formación Mosquera.....</i>	<i>322</i>
<i>Figura 6-79. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Calcáreo, Formación Peña Morada; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>323</i>
<i>Figura 6-80. Perfil geoquímico de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>325</i>
<i>Figura 6-81. Perfil geoquímico de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.</i>	<i>326</i>
<i>Figura 6-82. Perfil geoquímico de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.....</i>	<i>327</i>
<i>Figura 6-83. Color amarillo- anaranjado claro de la espora monolete</i>	<i>329</i>
<i>Figura 6-84. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>329</i>
<i>Figura 6-85. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera en la Sección Quebrada Guanabanal; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.</i>	<i>330</i>
<i>Figura 6-86. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera en las Secciones Quebrada La Despensa y El Boqueron; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>330</i>
<i>Figura 6-87. Material fino amorfo, probablemente restos húmicos degradados</i>	<i>334</i>
<i>Figura 6-88. Kerógeno bastante pirítico, compuesto por inertinita y vitrinita de alta madurez. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.</i>	<i>335</i>
<i>Figura 6-89. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.</i>	<i>336</i>
<i>Figura 6-90. Diagramasa de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección La Despensa; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>336</i>
<i>Figura 6-91. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección El Boquerón; A) relación IH vs. IO que</i>	

	<i>muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....</i>	<i>337</i>
Figura 6-92.	Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección Quebrada Guanabanal; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....	337
Figura 6-93.	Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro arenáceo, Formación Esmita Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....	340
Figura 6-94.	Color amarillo-anaranjado claro de la espora trilete, con valor TAI de cerca de 2.5 (escala Chevron), que es coherente con los Ro obtenidos.....	340
Figura 6-95.	Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico Rojizo, Formación Esmita; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.....	342
Figura 6-96.	Color amarillo-anaranjado claro de una espora, con valor TAI cerca de 2.5 (escala Chevron), que es coherente con los Ro obtenidos.....	343
Figura 7-1.	Sistema petrolífero para el Sector Cauca Norte.....	346
Figura 7-2.	Sistema petrolífero para el Sector Cauca Sur. En rojo datos obtenidos de Geolin-Ecopetrol, (2000) y de Barrero y Laverde, (1998).....	348
Figura 7-3.	Sistema petrolífero para el Sector Patía. En rojo datos obtenidos de Geolin-Ecopetrol, (2000).....	352
Figura 8-1.	Continuidad Litológica de las unidades levantadas en el Sector Cauca Sur.....	355
Figura 8-2..	Continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte y Río Guachinte Norte para el Miembro La Rampla. A) Panorámica de la Sección Río Guachinte. B) Panorámica de la Sección Río Guachinte Norte.	356
Figura 8-3.	Continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte Norte y Río Guachinte Techo para el Miembro La Rampla A) Panorámica de la Sección Río Guachinte Norte. B) Panorámica de la Sección Río Guachinte Techo.....	356
Figura 8-4.	Correlación estratigráfica de las unidades levantadas en el Sector Patía.....	358
Figura 9-1.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Cinta de Piedra.	362
Figura 9-2.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembro La Cima.....	362
Figura 9-3.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Guachinte, miembros Los Chorros, La Leona y la Rampla.	362
Figura 9-4.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Ferreira, Miembro Suárez....	362
Figura 9-5.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Peña Morada.	363
Figura 9-6.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Mosquera.	363
Figura 9-7.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Esmita, Miembro Limolítico Fosilífero.....	363
Figura 9-8.	Reconstrucción paleoambiental para la Formación Esmita, miembros Arenáceo y Limolítico Rojizo.	363

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1-1. Inventario de Cartografía Geológica.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 1-2. Metafísicas en el levantamiento, muestreo y análisis de laboratorio.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 1-3. Personal Profesional y Laboratorios</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3-1. Cuadro resumen de nomenclaturas utilizadas en la definición de los códigos de facies.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3-2. Cuadro resumen de descripción e interpretación de facies (modificado de Miall, 1977).....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3-3. Cuadro resumen de códigos de asociaciones de facies y ambientes de depósito presentes en las unidades estudiadas de la cuenca Cauca–Patía.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 3-4. Cuadro resumen de las 10 columnas estratigráficas levantadas con formaciones y miembros, número de segmentos, espesor total y espesor en afloramiento y localidad.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 3-5. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Cartago Alcalá (CA).</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 3-6. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección La Cima (LC).</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3-7. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte (RG).</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 3-8. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte Norte (RGN).</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 3-9. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte Techo (RGT).</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 3-10. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Esmita (RE).</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 3-11. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Esmita, Formación Mosquera (REm).</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 3-12. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Quebrada Guanabanal (QG).</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 3-13. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección El Boquerón (EB).</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 3-14. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Quebrada La Despensa (QD).</i>	<i>141</i>

<i>Tabla 5-1. Cuadro resumen donde se presentan todas las unidades estudiadas, secciones donde afloran, sectores, miembros identificados, espesores medidos y edades asignadas a partir de palinomorfos. Los espesores medidos (en negrilla corresponden al espesor completo del miembro).....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 6-1. Laboratorios y tipo de análisis</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 6-2. Analisis Bioestratigráficos</i>	<i>206</i>
<i>Tabla 6-3. Analisis Petrográficos</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 6-4. Resultados de análisis de petrografía para la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 6-5. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.....</i>	<i>231</i>
<i>Tabla 6-6. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Cima de la Formación Guachinte.....</i>	<i>236</i>
<i>Tabla 6-7. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabla 6-8. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Leona de la Formación Guachinte.....</i>	<i>243</i>
<i>Tabla 6-9. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.....</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 6-10. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Suárez de la Formación Ferreira.</i>	<i>252</i>
<i>Tabla 6-11. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada.</i>	<i>256</i>
<i>Tabla 6-12. Resultados de análisis de petrografía para la Formación Mosquera.....</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 6-13. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.</i>	<i>266</i>
<i>Tabla 6-14. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 6-15. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.</i>	<i>273</i>
<i>Tabla 6-16. Análisis Petrofísicos</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 6-17. Términos utilizados para la porosidad.....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 6-18. Términos utilizados para la permeabilidad.</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 6-19. Resultados de análisis petrofísicos para la Formación Cinta de Piedra.....</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 6-20. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.....</i>	<i>281</i>
<i>Tabla 6-21. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Cima de la Formación Guachinte.....</i>	<i>283</i>
<i>Tabla 6-22. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.....</i>	<i>284</i>
<i>Tabla 6-23. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Leona de la Formación Guachinte.....</i>	<i>285</i>
<i>Tabla 6-24. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.....</i>	<i>289</i>
<i>Tabla 6-25. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Suárez de la Formación Ferreira.</i>	<i>290</i>
<i>Tabla 6-26. Resultados de análisis petrofísicos para la Formación Mosquera.</i>	<i>295</i>
<i>Tabla 6-27. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.</i>	<i>296</i>

Tabla 6-28. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.....	298
Tabla 6-29. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.	299
Tabla 6-30. Análisis Geoquímicos	300
Tabla 6-31. Análisis Geoquímicos planteados	301
Tabla 6-32. Calificación utilizada para el potencial de petróleo.....	302
Tabla 6-33. Calificación utilizada para la madurez de la roca basada en la temperatura.....	302
Tabla 6-34. Calificación del potencial de aporte de kerógenos inmaduros (cantidad y productos) basada en el índice de hidrógeno.....	302
Tabla 6-35. Tipo de Kerógeno, ámbito y generación de hidrocarburos.....	302
Tabla 6-36. Datos de pirólisis, COT y Ro de la Formación Cinta de Piedra.	303
Tabla 6-37. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo	308
Tabla 6-38. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.....	310
Tabla 6-39. Datos de pirólisis y COT del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.	314
Tabla 6-40. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.....	315
Tabla 6-41. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Suárez de la Formación Esmita.	319
Tabla 6-42. Datos de pirólisis y COT de la Formación Peña Morada.....	322
Tabla 6-43. Datos de pirólisis, COT y Ro de la Formación Mosquera.	324
Tabla 6-44. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.....	332
Tabla 6-45. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.....	339
Tabla 6-46. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.....	341
Tabla 8-1. Convenciones de las reconstrucciones paleoambientales.....	361

ANEXOS

ANEXO 1 - INFORME DE COMPILACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA EXISTENTE

ANEXO 2 - POLIGONALES SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS

- Anexo 2.1 Sección Cartago-Alcalá
- Anexo 2.2 Sección La Cima
- Anexo 2.3 Sección Río Guachinte
- Anexo 2.4 Sección Río Guachinte Norte
- Anexo 2.5 Sección Río Guachinte Techo
- Anexo 2.6 Sección Río Esmita y Sección Río Esmita Mosquera
- Anexo 2.7 Sección Quebrada Guanabanal
- Anexo 2.8 Sección El Boquerón
- Anexo 2.9 Sección Quebrada La Despensa

ANEXO 3 - COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

- Anexo 3.1 Sección Cartago-Alcalá
- Anexo 3.2 Sección La Cima
- Anexo 3.3 Sección Río Guachinte
- Anexo 3.4 Sección Río Guachinte Norte
- Anexo 3.5 Sección Río Guachinte Techo
- Anexo 3.6 Sección Río Esmita y Sección Río Esmita Mosquera
- Anexo 3.7 Sección Quebrada Guanabanal
- Anexo 3.8 Sección El Boquerón
- Anexo 3.9 Sección Quebrada La Despensa

ANEXO 4 - LISTADO DE DATOS DE ADQUISICIÓN DE GAMMA RAY EN AFLORAMIENTO

ANEXO 5 - RELACIÓN DE MUESTRAS COLECTADAS –
Enviadas a la litoteca del ICP-en Piedecuesta (Santander)

ANEXO 6 - DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LITOFACIES

ANEXO 7 - ASOCIACIONES DE FACIES

ANEXO 8 - GAMMA RAY

ANEXO 9 - DESCRIPCIÓN DE FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS

ANEXO 10 - INFORME Y ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO

ANEXO 11 - INFORME Y ANÁLISIS PETROGRÁFICO

ANEXO 12 - INFORME Y ANÁLISIS PETROFÍSICO

ANEXO 13 - INFORME Y ANÁLISIS GEOQUÍMICO

ANEXO 14 - DISCOS COMPACTOS
Informe, Anexos y base de datos

RESUMEN

Kassem, T.*; Martínez, J.C.*; Caicedo, J.C.*; Roa E.*; Rivera, R.*; Rey, J.*; Dorado, C.*; Pardo, A.**

Se realizó un levantamiento estratigráfico detallado de algunas unidades cenozoicas de la cuenca del Cauca-Patía. A partir del análisis de facies y el estudio de más de 1660 muestras se determinó el ambiente de depósito y las características bioestratigráficas (palinología y microfósiles calcareos), petrográficas, petrofísicas y geoquímicas (COT y pirolisis) de las unidades con miras a caracterizar potenciales rocas generadoras, sellos y reservorios de hidrocarburos. La cuenca Cauca-Patía se puede separar en tres sectores: Cauca Norte, Cauca Sur y Patía.

En los sectores Cauca Norte y Sur las unidades son predominantemente siliciclásticas compuestas por conglomerados, arenitas y lodolitas. Las características de los conglomerados sugieren depósitos de abanicos aluviales proximales a distales, ríos trezados y meandriiformes. Son frecuentes las sucesiones que en su base presentan conglomerados y/o arenitas conglomeráticas con granodecrecimiento hasta sedimentitas finas. En algunos sectores predominan las lodolitas con interposiciones de mantos a cintas de carbón que sugieren depósitos de llanuras de inundación. La presencia de bivalvos y gasterópodos en algunas de estas facies indica sedimentación en zonas de marismas y pantanos costeros. En el sector Cauca Norte los depósitos que presentan influencia marina se localizan al tope de la Formación Cinta de Piedra (Mioceno Temprano). En el sector Cauca Sur se encuentran en la Fm. Chimborazo (Eoceno Medio) y en los miembros Los Chorros y La Leona de la Formación Guachinte. En el Miembro La Leona, se registra el máximo nivel de inundación, evidenciado por la abundante presencia de glauconita.

En el Sector Patía la sedimentación se inicia en el Paleógeno (Paleoceno?-Oligoceno). Durante este periodo se acumularon depósitos de plataforma somera calcárea que pasan a abanicos deltas (*fan deltas*) (Fm. Peña Morada). En discordancia suprayacen sedimentitas acumuladas en medios costeros (marismas) (Fm. Mosquera). Durante el Neógeno (Mioceno) se acumularon sedimentos en marismas, llanuras costeras canales mareales hasta plataforma somera (parte inferior de la Fm. Esmita), las cuales indican el mayor evento transgresivo registrado en la cuenca. Los depósitos de la parte superior de la Formación Esmita sugieren nuevamente sedimentación continental.

En el Sector Cauca Norte, hacia la base de la Formación Cinta de Piedra, se colectaron muestras con valores de Carbono Organico Total (COT) de hasta 8,6%, de kerógenos tipo II y III, generalmente inmaduras o entrando a ventana de generación de

hidrocarburos. En el Sector Cauca Sur las lodolitas carbonosas de la Formación Guachinte, en especial los miembros Los Chorros, La Leona y La Rampla, presentan valores muy buenos a excelentes de kerógenos tipo II y III, generalmente inmaduras o entrando a ventana de generación. En el Patía se identificaron valores buenos y muy buenos de COT de hasta 26% en peso, de kerógenos tipo II y III, inmaduros y sobremaduros en las sedimentitas de la Formación Esmita. La Formación Mosquera, posee buenos valores de COT de hasta 22% en peso de kerógenos tipo II y III, de inmaduros a sobremaduros. Esta última característica posiblemente se debe a la presencia de intrusiones ígneas en el sector.

Los resultados petrofísicos muestran que las rocas del Sector Cauca Norte en general presentan bajas porosidades y permeabilidades. Los mayores valores se encuentran en las arenitas asociadas a depósitos de ríos trenzados y canales secundarios, ubicadas hacia la parte baja y superior de la Formación Cinta de Piedra. En el Sector Cauca Sur, fueron hallados valores de porosidad y permeabilidad de aceptables a excelentes en las arenitas fluviales de las formaciones Chimborazo (Miembro Loma Larga), Guachinte (principalmente el Miembro La Cima) y para los conglomerados y arenitas de la Fm. Ferreira (Miembro Suárez). En el sector del Patía se destacan los valores de hasta 16,8% y 44,3 mD en las arenitas fluviales de la Formación Mosquera. En los niveles arenosos de la Formación Esmita (Miembro Arenoso) se obtuvieron valores de porosidad y permeabilidad de <18,8mD y <1,86mD respectivamente.

Para el Sector Cauca Norte se encuentran potenciales rocas sello de HC en la parte media de la Formación Cinta de Piedra, ya que son observados bancos decamétricos de arcillolitas y limolitas; en el Sector Cauca Sur los miembros Los Chorros, La Leona y La Rampla predominan las sedimentitas de grano fino que, además de ser potenciales rocas generadoras podrían ser sellos. Finalmente en el Sector Patía las sedimentitas arcillosas del Miembro Limolítico Rojizo pueden ser los sellos más importantes.

Toda lo anterior indica que la cuenca Cauca Patía posee un sistema petrolífero activo y constituye en una interesante frontera para la exploración de hidrocarburos.

* Geostudios Ltda

** Agencia Nacional de Hidrocarburos

ABSTRACT

Kassem, T.*; Martínez, J.C.*; Caicedo, J.C.*; Roa E.*; Rivera, R.*; Rey, J.*; Dorado, C.*; Pardo, A.**

Stratigraphic measurements were performed in some sections of Cenozoic sedimentary units in the Cauca-Patia Basin. A detailed facies analysis served to define the depositional setting of various sedimentary units. Additionally, and with the purpose of determine the potential of different sedimentary units as source, seal or reservoir, our study comprised the definition of biostratigraphic, petrographic, petrophysical and geochemical properties. The Cauca-Patia Basin was divided in three sectors: Cauca North, Cauca South and Patia.

Siliciclastic levels of conglomerates, sandstones and mudstones predominate in the Cauca North and South sectors. Lithofacial characteristics of coarse, fining-upward units suggest the deposition on proximal and distal alluvial fans, with an important component of braided and meandering rivers. The presence of coal seams within mudstones suggests a setting proper of flooding plains. Further, the local presence of fossils of bivalves and gastropods in some parts of the succession is a strong indicative of a proximity to the coast. In the Cauca North sector, tracts deposited on an environment with marked marine influence are located toward the tops of the Cinta de Piedra Fm (Early Miocene). Similar depositional settings are inferred in the Chimborazo Fm (Middle Eocene) and in the Los Chorros and La Leona members of the Guachinte Fm. The maximum flooding level is registered in the galuconite-bearing units in the La Leona Member.

In the Patia Sector and during the Paleocene, sedimentation of the sucesión assigned to the Peña Morada Fm. took place in a setting proper of a shallow carbonate platform, grading upward into fan deltas. The former units are unconformably covered by sediments accumulated in coastal settings grading from marshes, coastal plañis and tidal channels to shallow platform (inferior parts of Esmita Fm), clear indicative of a marked transgressive event in the basin. Lithofacial associations in the upper parts of the Esmita Fm suggest a deposition in a continental setting.

In the Cauca North sector, samples collected in the lower parts of the Cinta de Piedra Fm exhibit TOC values up to 8.6 %, of type II and III kerogens, generally immature or entering on the hydrocarbon generation window. In the Cauca South sector, carbonaceous mudstones of Los Chorros, La Leona and La Rampla members of the Guachinte Fm, exhibit good to excellent, type II and III kerogens, generally immature or entering into the hydrocarbon generation window. Good to very good TOC values were

identified in the Patia sector, with values up to 26 wt %, with type II and III, immature to overmature kerogens, mainly in sediments of the Esmita Fm. Sediments in the Mosquera Fm exhibit TOC values up to 22 wt %, with type II and III, immature to overmature kerogens, probably due to the presence of a nearby intrusion.

Petrophysical analyses indicate that rocks in the Cauca North sector have in general low porosity and permeability. Highest values on these parameters are encountered in the sandstones deposited in braided rivers and secondary channels, located toward lower and upper parts of the Cinta de Piedra Fm. Good to excellent values herein evaluated are evidenced in fluvial sandstones that predominate in the formations Chimborazo (Loma Larga Member), Guachinte (La Cima Member) and conglomeratic sandy levels of the Ferreira Fm (Suarez Member). In the Patia sector porosity and permeability values up to 16.8 % and 44.3 mD, respectively, were obtained from fluvial sandstones of the Mosquera Fm. Sandstones of the Esmita Fm (Arenoso Member) have porosity and permeability values of 18.8 % and 1.86 mD, respectively.

Very thick packages of claystones and siltstones located in the middle parts of the Cinta de Piedra Fm exhibit a high potential to behave as hydrocarbon seal rocks. Fine grained sedimentary rocks that dominate in Los Chorros, La Leona and La Rampla members could potentially behave as both source and seal rocks. Finally, in the Patia Sector, argillaceous sediments in the Reddish Silty member could behave as seal rocks.

Integration of all information collected in this study indicates that the Cauca-Patia basin hosts an active hydrocarbon system and constitutes an interesting frontier on hydrocarbon exploration.

* Geostudios Ltda

** Agencia Nacional de Hidrocarburos

1 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO

De acuerdo a los términos de referencia, el objeto principal del proyecto es realizar un trabajo geológico integrado en la cuenca Cauca-Patía que comprenda el levantamiento de columnas estratigráficas, la recolección de muestras y la realización de análisis bioestratigráficos, geoquímicos, petrográficos y petrofísicos con el fin de caracterizar potenciales rocas generadoras de hidrocarburos, reservorios y sellos de la cuenca.

Toda la información generada fue integrada dentro de un contexto geológico que permitió calificar con mayores y mejores criterios la cuenca del Cauca-Patía desde una óptica enfocada a la consecución de recursos hidrocarburíferos.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área está localizada en la cuenca Cauca-Patía, entre los piedemontes de las cordilleras Occidental y Central, en una franja alargada ubicada aproximadamente entre las poblaciones de Pasto (Nariño) al Sur y Cartago (Valle) al norte, en jurisdicción de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Quindío y Risaralda y comprende parte de las planchas 223-224-242-243-261-262-279-280-299-300-320-321-342-343-363-364-386-387-410-411-429, a escala 1:100.000, nomenclatura del IGAC (Figura 1-1). Según Barrero et al (2007) la cuenca Cauca-Patía es una depresión geomorfológica alargada y esta relacionada a la colisión de la margen oceánica contra la margen continental de la parte noroeste de Suramérica.

La zona se enmarca dentro de 3 Sectores (Figura 1-2) definidos por la ANH, con un área total de 7.569,052 Kms². Los puntos coordenados que los limitan se presentan en la Tabla 1-1, con datum MAGNA-SIRGAS y origen Centro (Bogotá). El polígono del extremo norte, **Sector Cauca Norte**, comprende un total de 3.257,0577 Km², el bloque central, **Sector Cauca Sur**, con 968,2278 Km² y el área sur, **Sector Patía**, con 3.343,7197 Km².

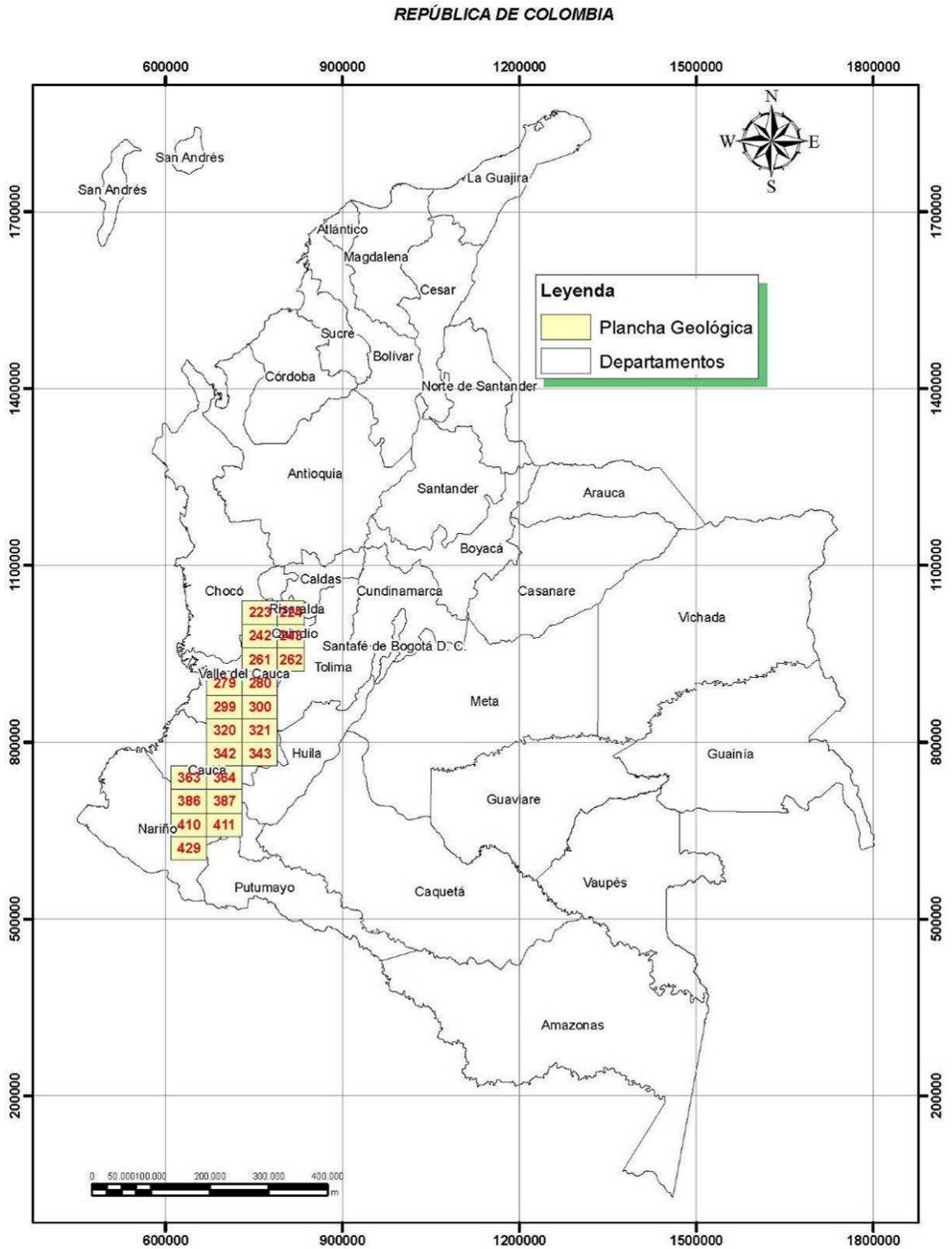


Figura 1-1. Mapa de Localización del Área del Proyecto. (Los números de las planchas corresponden a la nomenclatura IGAC).

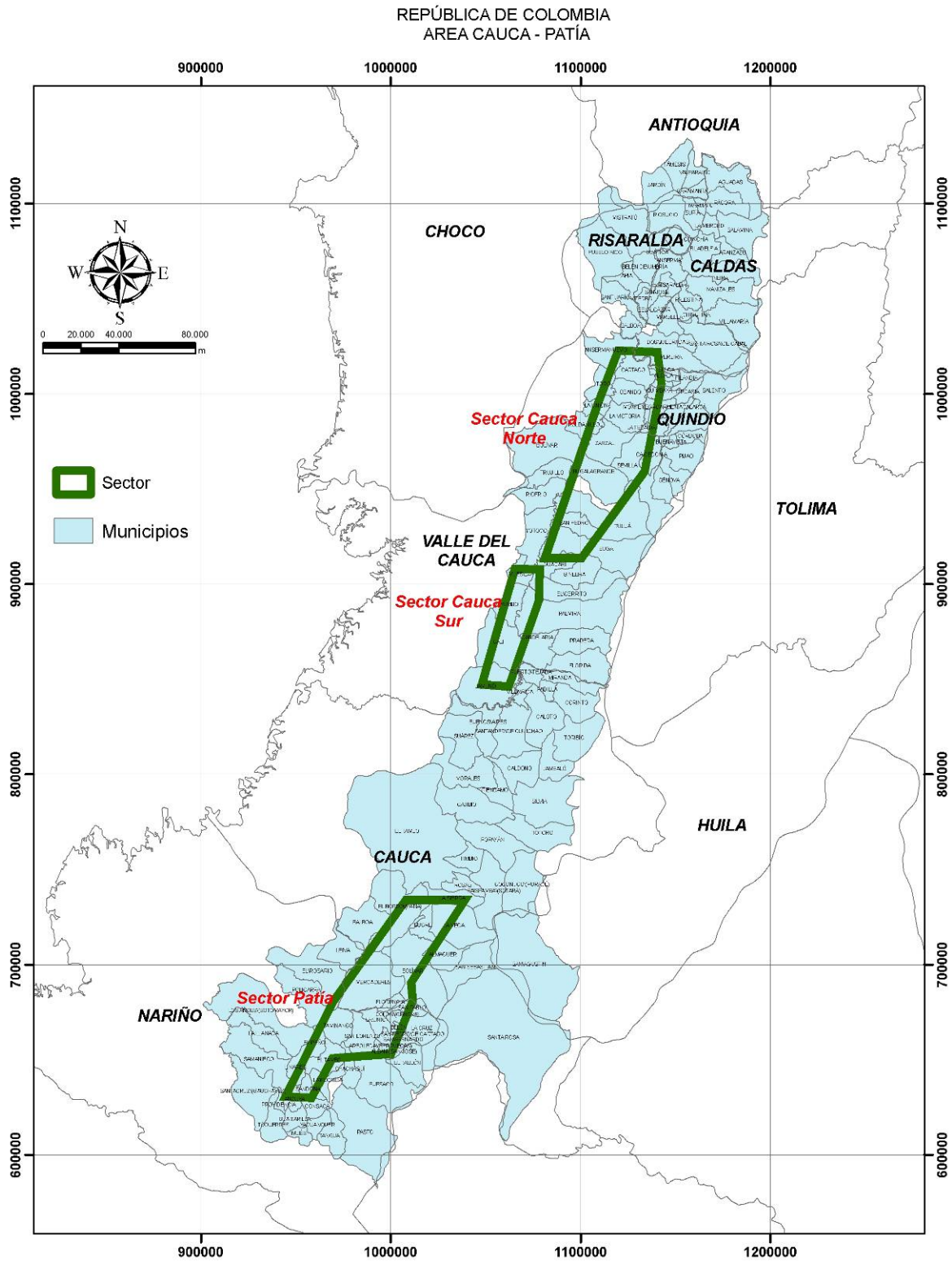


Figura 1-2. Mapa de Localización de los Sectores estudiados.

Tabla 1-1. Inventario de Cartografía Geológica.

SECTOR CAUCA NORTE		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
0	914.037,630	747.885,514
1	994.357,598	775.732,830
2	1.023.085,177	786.871,771
3	1.022.205,796	807.684,095
4	1.005.496,913	809.736,038
5	959.474,175	800.641,037
6	914.037,668	767.232,164
ÁREA	3257,05 Km ²	
SECTOR CAUCA SUR		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
0	847.824,781	714.418,670
1	908.401,362	732.009,412
2	908.259,524	745.202,567
3	891.803,133	744.635,151
4	846.548,024	728.604,854
ÁREA	968,22 Km ²	
SECTOR PATÍA		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
0	734.458,043	673.987,071
1	734.284,810	705.182,041
2	690.957,245	676.760,065
3	681.425,198	677.626,615
4	653.522,260	666.188,536
5	651.095,835	635.166,898
6	630.423,614	624.059,011
7	630.991,802	610.384,304
8	681.078,464	635.686,730
ÁREA	3343,719 Km ²	

1.3 METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la obtención y cumplimiento del objetivo propuesto, incluyendo una adición o extensión en un 50% de los items iniciales del contrato, se resumen en labores de oficina y campo, representados en las siete (7) etapas abajo descritas.

El Plan General de Trabajo se presenta a continuación, el cual sintetiza el desarrollo del proyecto, de acuerdo con la secuencia a desarrollar:

- Etapa I. Información Técnica del Área-**OFICINA I**
- Etapa II. Trabajo de Campo-**CAMPO I**
- Etapa III. Procesamiento de la Información Capturada en Campo-**OFICINA II**
- Etapa IV. Trabajo de Campo-**CAMPO II**
- Etapa V. Selección de Muestras para Análisis de Laboratorios-**OFICINA III**
- Etapa VI. a) Trabajo de Campo / b) Selección de Muestras para Análisis de Laboratorios-**CAMPO III y OFICINA IV**
- Etapa VII. a) Procesamiento de la Información Compilada, Capturada en Campo y Resultados de los Análisis de Laboratorio / b) Elaboración del Informe Final / c) Revisión, Corrección y Verificación de Correcciones del Informe Final-**OFICINA IV**

Además, entre cada etapa, se realizaron actividades informativas y de avance como:

Presentación de Informes de Avance

Digitalización de Columnas Estratigráficas y Poligonales- Georeferenciación en Aplicativos SIG

Elaboración de Base de Datos

Programación y Preparación para la Realización del Curso o Intercambio de Tecnología

Con base en lo anteriormente planteado, el proyecto se realizó en cuatro fases metodológicas de oficina y tres fases de campo, que se describen a continuación con sus respectivas actividades y resultados obtenidos. La secuencia metodológica se ilustra en la Figura 1-3.

1.3.1 ETAPA I. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL ÁREA-OFICINA I

Esta etapa se llevó a cabo entre los meses de septiembre y octubre de 2007. Correspondió a la recopilación bibliográfica de la información geológica-estructural de la zona de estudio, realizando una valoración de los aportes de cada publicación, el énfasis y la selección de la información más relevante para la realización del proyecto (Anexo 1). En esta fase, además, se definió el cronograma de trabajo.

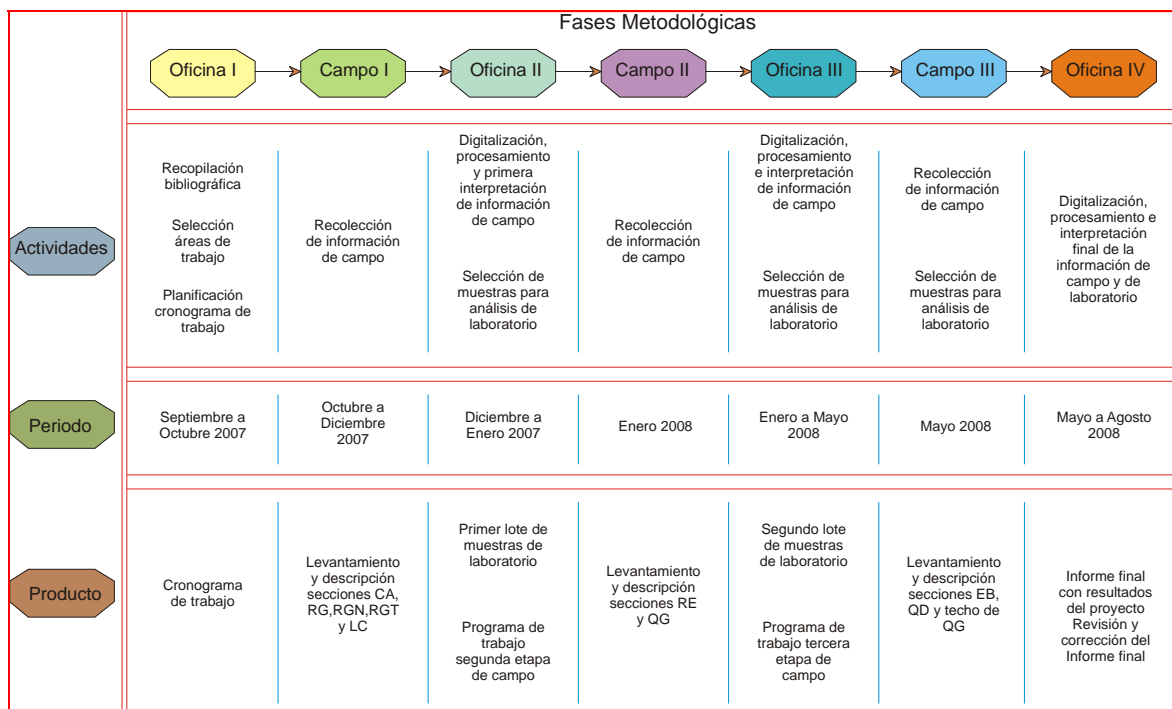


Figura 1-3. Fases Metodológicas.

Posteriormente se escogieron las secciones más probables para efectuar el levantamiento estratigráfico con base en la compilación bibliográfica teniendo en cuenta los tres bloques de trabajo anteriormente seleccionados. En estos bloques se eligieron las mejores secciones priorizando el grado de exposición, la complejidad estructural y el acceso, intentando levantar, además, columnas estratigráficas en ambos flancos de la cuenca. Finalmente se escogieron tres áreas ubicados así: a) la más norte, en jurisdicción del municipio de Cartago (departamento del Valle del Cauca); b) la central, en el municipio de Jamundí (departamento del Valle del Cauca) y la sur, en los municipios de Patía-El Bordo, Bolívar, El Tambo y La Vega (departamento del Cauca).

1.3.2 ETAPA II. TRABAJO DE CAMPO-CAMPO I

La primera etapa de campo, realizada entre el 29 de octubre y el 4 de diciembre de 2007, se concentró en Los Sectores Cauca Norte y Cauca Sur, efectuándose el levantamiento de la Sección Cartago-Alcalá(CA), en el municipio de Cartago (departamento del Valle del Cauca), así como el levantamiento de las secciones del Río Guachinte (RG, RGN y RGT) y de la Sección La Cima (LC), en el corregimiento de Guachinte perteneciente al municipio de Jamundí (departamento del Valle del Cauca). El resultado de esta primera etapa de campo fue la descripción de 3.613 metros de columna estratigráfica con sus respectivas poligonales, medición de Gamma Ray y la recolección de 1.451 muestras (Anexos 2, 3, 4 y 5).

1.3.3 ETAPA III. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CAPTURADA EN CAMPO-OFICINA II

Esta etapa se llevó a cabo entre el 5 de diciembre de 2007 y el 7 de enero de 2008; se enfocó en la digitalización, el procesamiento y primera interpretación de la información adquirida en campo, así como en la selección de las muestras recogidas para la realización de análisis bioestratigráficos, petrográficos, petrofísicos y geoquímicos; selección coordinada con la interventoría del proyecto. Además se revisó el programa de trabajo para la segunda etapa de campo.

1.3.4 ETAPA IV. TRABAJO DE CAMPO-CAMPO II

La segunda etapa de campo, realizada entre el 8 y el 16 de enero de 2008, se efectuó en el Sector Patía; se hicieron los levantamientos de las secciones del Río Esmita (RE) y Quebrada Guanabanal (QG) en jurisdicción de los municipios El Tambo, Patía-El Bordo y La Vega, departamento del Cauca. Se levantaron 819 m de columna estratigráfica con sus respectivas poligonales, medición de Gamma Ray, se recolectaron 211 muestras (Anexos 2, 3, 4 y 5).

1.3.5 ETAPA V. SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO-OFICINA III

La tercera fase de oficina, con objetivos similares a la primera pero con un nivel de interpretación más profundo, se desarrolló entre el 17 de enero y 5 de mayo de 2008. Durante este periodo, se realizó la segunda selección de las muestras de roca para la realización de los análisis de laboratorio, así como la interpretación a un nivel más detallado de toda la información adquirida en las fases de campo y de los análisis de laboratorio obtenidos. Además, se efectuó la planeación de la tercera etapa de campo, como complemento al trabajo estratigráfico realizado en estas primeras etapas.

1.3.6 ETAPA VI. TRABAJO DE CAMPO Y SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIOS-CAMPO III Y OFICINA IV

La tercera y última fase de campo se realizó entre el 6 y el 26 de mayo de 2008, en el Sector Patía efectuándose el levantamiento de las secciones El Boquerón (EB), Quebrada La Despensa (QD) y el techo de la Quebrada Guanabanal (QG), en el municipio Patía-El Bordo, La Vega y Bolívar, departamento del Cauca. En el desarrollo de esta fase se levantaron 2.101 m de columna estratigráfica con sus respectivas poligonales, medición de Gamma Ray, se recolectaron 828 muestras de roca (Anexos 2, 3, 4 y 5) y seleccionaron las muestras para análisis de laboratorio.

1.3.7 ETAPA VII. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN COMPILADA, CAPTURADA EN CAMPO Y RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL Y REVISIÓN, CORRECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CORRECCIONES DEL MISMO-OFICINA IV

Finalmente, entre los meses de mayo y agosto de 2008 se efectuó la cuarta fase de oficina. Las actividades de oficina se enfocaron en el procesamiento, interpretación e integración final de la información de campo y de los resultados de análisis de laboratorio para la preparación del informe final que engloba la interpretación estratigráfica de las secciones estudiadas y los resultados bioestratigráficos, petrográficos, petrofísicos y geoquímicos para definir conclusiones y recomendaciones.

Además, se realizaron actividades asociadas y complementarias tales como Revisión, Corrección y Verificación del Informe Final y Actividades Complementarias entre ellas, programación, preparación y realización del intercambio tecnológico, curso técnico realizado en Villa de Leyva entre el 5 y 7 de septiembre conducido por el PhD Fernando Etayo Serna.

1.3.8 RESUMEN METODOLÓGICO

En general, durante las fases de campo se realizó siempre la medición de las columnas estratigráficas utilizando el bastón de Jacob, descripciones litológicas según formato, levantamientos de poligonales abiertas a cinta y brújula en cada sección (Tabla 1-2). La localización de las columnas con sus respectivas coordenadas se obtuvo con la utilización de un GPS Garmin 12XL con una precisión máxima de 1 m y mínima de 150, según las especificaciones del fabricante y que obviamente varía de acuerdo a las condiciones de recepción.

Los levantamientos se desarrollaron haciendo la descripción de las características granulométricas, de la geometría externa e interna y contactos entre los estratos, las estructuras físicas y biogénicas presentes, el contenido fósil y otras características adicionales como el color, las fracturas y la porosidad visual. Se efectuó la toma de datos estructurales, así como de fotografías que sirvieron para ilustrar las características litológicas y faciales más importantes.

Adicionalmente se extrajeron muestras de roca aproximadamente cada dos metros, identificadas con un código consecutivo y definiendo el propósito específico (para análisis geoquímicos, bioestratigráficos, petrofísicos y petrográficos) de acuerdo a sus características litológicas (Tabla 1-2). Para la adquisición del registro de Gamma Ray Total (U+Th+K) de afloramiento se utilizó el espectrómetro portátil “GR-135B The Identifier-Exploranium (SAIC)” (Figura 1-4); este dispositivo detecta las señales de radiación en la roca y las transforma en señales eléctricas proporcionales a la energía gamma (cuentas por segundo–cps). Se realizaron tres (3) lecturas cada 30 centímetros

estratigráficos, de forma perpendicular o semi-perpendicular a los planos de estratificación de base a techo, que se registraron en un formato que relaciona el bastón y metro correspondiente dentro de la columna estratigráfica (Tabla 1-2). En labores de oficina los datos fueron digitados y promediados en el programa Excel (Anexo 4), para luego ser procesados - graficados en el software Autocad e integrados en el registro litológico de cada sección estratigráfica (Anexo 3).

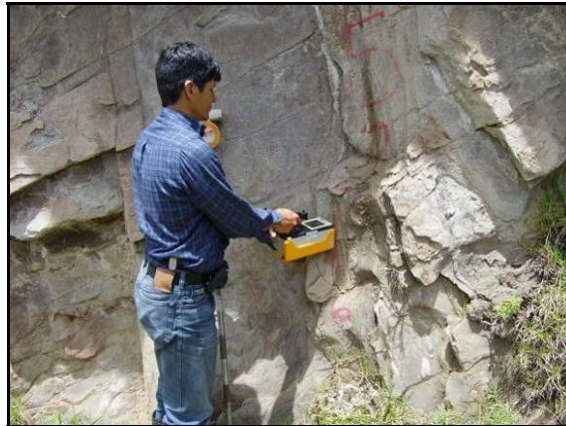


Figura 1-4. Centillómetro portátil utilizado en la obtención de los datos gamma ray de afloramiento.

En cada una de las fases de oficina se realizó el procesamiento de la información, la digitalización de las columnas estratigráficas, de las poligonales y el registro de Gamma Ray obtenidos en campo. En cada una de estas etapas se realizó la descripción de las fotografías tomadas en campo y la segmentación de las diversas secciones; de la misma forma se efectuó la asignación de códigos faciales, utilizados en las diferentes asociaciones de facies y que, junto con las demás características litológicas se usaron en la interpretación de ambientes de depósito, integrándose toda la información en el informe final.

A la par de estos procesos, se realizó la selección de las muestras recolectadas en campo para la elaboración de los diversos análisis de laboratorio (Bioestratigrafía, Petrografía, Petrofísica y Geoquímica), (Tabla 1-2), cuyos resultados fueron integrados en la interpretación estratigráfica de las secciones levantadas, con el objeto final de lograr una visión lo más completa posible de las características litológicas, ámbitos de depósito, edad y correlación de las unidades estratigráficas levantadas, así como de las posibilidades de que dichas unidades sean potenciales generadoras y almacenadoras de hidrocarburos.

En la Tabla 1-2 se presenta la relación de cantidades de los ítems medibles

Tabla 1-2. Metasfísicas en el levantamiento, muestreo y análisis de laboratorio.

SECCIONES LEVANTADAS, MUESTREO Y ANÁLISIS												
Sector		Cauca Norte	Cauca Sur					Patía				TOTAL
Sección		Cartago-Alcalá	La Cima		Rio Guachinte	Rio Guachinte Norte	Rio Guachinte Techo	Rio Esmita y Sector Fm. Mosquera	Quebrada Guanabanal	El Boquerón	Quebrada La Despensa	9
		CA	LC	LCQ	RG	RGN	RGT	RE y RE(M)	QG	EB	QD	
Formación		Cinta de Piedra	Chimborazo y Guachinte		Guachinte	Guachinte	Guachinte y Ferreira	Gr. Diabásico, Peña Morada, Mosquera	Gr. Diabásico, Mosquera, Esmita	Gr. Diabásico, Peña Morada, Mosquera, Esmita	Gr. Diabásico, Peña Morada, Mosquera, Esmita	
Total Medido en columnas (m)		1803,0	738,0	0,0	456,0	306,0	310,0	212,0	1078,5	715,0	914,5	6533,0
Afloramiento en columnas (m)		1009,5	527,0	0,0	369,0	184,0	239,0	210,5	776,3	640,1	603,8	4559,2
Cubierto en columnas (m)		793,5	211,0	0,0	87,0	122,0	71,0	1,5	302,2	74,9	310,7	1973,8
Gamma Ray en columnas (# Lecturas)		3448	1833	0	1241	614	801	703	2592	2146	2009	15387
Deltas de poligonales		102	54	65	43	50	17	28	80	112	67	618
Muestras Petrografía-Petrofísica		319	184	40	78	56	86	25	168	91	180	1227
Muestras Bioestratigrafía		210	130	2	105	49	50	5	144	173	85	953
Muestras Geoquímica		2	2	0	32	3	5	0	1	0	0	45
Muestras Bioestratigrafía-Geoquímica		45	3	0	39	0	11	44	29	26	68	265
Total Muestras		576	319	42	254	108	152	74	342	290	333	2490
Análisis Petrografía		19	5	13	20	6	10	4	17	12	14	120
Análisis Petrofísica		16	5	13	20	5	10	4	19	20	9	121
Análisis Bioestratigrafía	Palinomorfos	66	39	1	26	14	18	10	50	26	87	337
	Micropaleontología	3	2	1	10	1	3	2	19	0	0	41
Análisis Geoquímica	COT	11	11	0	13	3	7	10	33	15	50	153
	Pirólisis	5	7	0	12	3	7	8	27	42	12	123
	Vitrinita-MOA	2	4	0	4	2	3	0	8	19	5	47
Total Análisis		122	73	28	105	34	58	38	173	134	177	942

1.3.9 PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

En la Tabla 1-3 se presenta el nombre y cargo del personal profesional que participó en la ejecución del proyecto y los laboratorios que realizaron los diferentes análisis.

Tabla 1-3. Personal Profesional y Laboratorios

GEÓLOGO	CARGO
Taissir Kassem	Director
Juan Carlos Martínez	Coordinador
Juan Carlos Caicedo	Estratígrafo
Eduardo Roa	Estratígrafo
Ricardo Rivera	Estratígrafo
Jorge Rey	Geólogo de Campo
Camilo Dorado	Geólogo de Campo
LABORATORIO	ANÁLISIS
BIOSS LTDA	Bioestratigrafía
STRI	Bioestratigrafía
CORELABS	Geoquímica, Petrografía y Petrofísica

Adicionalmente, se contó con el señor **Nayib Kassem** como Administrador y apoyo logístico a las labores de campo, además se utilizaron vehículos y auxiliares de campo contratados en la región.

Durante el desarrollo del proyecto participó como interventor y supervisor por parte de la ANH, el **PhD. Geólogo Andrés Pardo**.

2 ANTECEDENTES DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DE LA CUENCA CAUCA-PATIA

Se realizó una cuidadosa compilación (Anexo 1) de los trabajos litoestratigráficos disponibles para la Cuenca Cauca-Patía, en especial, en las zonas de interés para este estudio, con base en la cual se elaboró este capítulo, siguiendo, lo mas fielmente posible, la versión original de los trabajos de cada uno de los autores consultados. El resultado es un breve resumen para cada una de las “unidades” en el cual se especifican, en general, parámetros tales como autor y año del trabajo, litología, localidad-tipo y/o localidades estudiadas, espesor, unidad y edad asignada, y un sucinto comentario al final de cada unidad.

Se verificó a través de la compilación y del capítulo “**Antecedentes**”, que para el área estudiada existe una notoria discrepancia en la nomenclatura estratigráfica representada por la denominación, generalmente de carácter informal, con que algunos autores designan y subdividen las unidades estudiadas, por lo cual, presumiblemente la litología y espesores asignados por cada autor, inclusive para la misma localidad-tipo no concuerda, creando numerosas dificultades para correlación entre cada uno de los parámetros y en especial, entre unidades, así como la fragilidad manifiesta en la asignación, origen, ambiente y edad para la mayoría de las “unidades” descritas. Todo esto sugiere la necesidad de realizar una cartografía geológica sistemática que lleve a entender a cabalidad la evolución geológico-estructural de la Cuenca Cauca - Patía.

2.1 GRUPO DIABÁSICO: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: “Serie Faldequera”, Conjunto Picrítico (Superior), Conjunto Diabásico y Conjunto Sedimentario (Inferior)

Referencia: Hubach y Alvarado (1933)

Litología: Estratos compuestos por diabasas y picritas, rocas efusivas, hipoabisales e intrusivas.

Localidad: Cauca Medio, al Oeste de Jamundí, en el curso alto del riachuelo de Jordán.

Espesor: Sin información

Contacto: Discordancia

Edad: Abarca aproximadamente desde el límite del Barremiano con el Aptiano hasta probablemente el Cretáceo Superior.

Unidad: “Formación Diabásica”, Subdividida en: Conjunto Diabásico y Diabásico Sedimentario.

Referencia: Keizer, J, (1954).

Litología: Se compone de antiguos derrames de lava (diabasas) con intercalaciones de rocas sedimentarias (lilitas y esquistos arcillosos), depositadas en un ambiente marino, sobre las cuales yacen discordantes rocas del terciario.

Localidad: Región del alto río Claro y Jamundí; región de San Antonio.

Espesor: Diabásico Sedimentario: 4.400 m; para toda la Unidad: 5.900 m.

Contacto: Sin información

Edad: Diabásico-Sedimentario (Coniaciano-Santoniano)–Cretáceo Superior (foraminíferos); para toda la unidad: Cretácico Medio y Superior.

Unidad: “Grupo Diabásico”

Referencia: Nelson (1962)

Litología: Diabasas saturadas en sílice, que carecen de olivino y las cuales evidentemente son de deposición submarina en condiciones geosinclinales y basaltos continentales, en general con componentes arreglados en estructuras ofíticas, *espiliticas*, *variolíticas*, *amigdaloides* e intercalaciones sedimentarias “in situ” y cintas delgadas de esquistos pizarrosos silíceos o de lilitas, al parecer normalmente interestratificadas en los derrames volcánicos. En esta masa se observan a veces numerosos y pequeños “glóbulos”, rellenos por calcedonia. En algunas secciones es de origen orgánico; ocasionalmente se observan esferas claramente limitadas por paredes, que pertenecen a pequeños organismos, probablemente radiolarios o de tipos histrioides.

Localidad: Quebrada Cabuyal, confluente del río Cali-*ofiolítica*; carretera Cali-Pichindé, sitio “El Asomadero”- *espilitas*; borde oriental, río Jordán- *variolítica*; río Pichindé – *amigdaloides*; al W de Cali- in situ- intercalaciones sedimentarias; curso superior río Dagua; W de Felidia; al E de Mares, confluencia de la quebrada Mercedes con el río Aguacatal.

Contacto: Sin información.

Espesor: Mínimo: 6000 m.

Edad: Nelson (1962) supone que todo el Grupo Diabásico (Complejo Diabásico) fue formado durante el Cretáceo Medio y Superior.

Unidad: “Grupo Diabásico”

Referencia: León, Padilla y Marulanda (1973).

Litología: Corresponde a rocas de composición basáltica, diabasas, basaltos amigdaloides, tobas y delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias (calizas, chert, limolitas).

Localidad: Cordillera Occidental, Pls. 364-I-A, 364-I-C, 364-III-A, 364-III-B y 364-I-D; región de la Ensilada e Inspección de Policía de Don Alonso, quebradas Chontaduro y Pailón (Pl. 364-I-C); Caserío de La Paloma (Pl.364-I-A).

Contacto: Sin información.

Espesor: Sin información.

Edad: Cretáceo

Unidad: Orrego (1975) informa de la siguiente nomenclatura para el área:

“Grupo Diabásico”, Nelson (1962).

“Serie de Faldequera”, Hubach, E. y Alvarado, (1934).

“Formación Diabásica”, Keizer, J, (1954)

“Grupo de Faldequera”, Hubach, E, (1957).

“Grupo Dolerítico”, Cucalón, I, (1969).

“Grupo Diabásico - Nombre Informal: Secuencia del Río Guabas”, León. L. et al (1973).

Referencia: Orrego (1975).

Litología: Corresponde a rocas de composición basáltica, diabasas, basaltos amigdaloides, tobas y delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias (calizas, chert, limolitas). Tomado de Nelson (1962).

Localidad: Al oeste Caserío El Amparo; río Asnazú y Marilopez; flanco este de la Cordillera Occidental; noroeste de Popayán, cerro la Tetilla y alrededores.

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: “Rocas volcánicas lávicas”

Referencia: Geoparra & Torres (1990).

Litología: Básicamente por basaltos de color negro, de textura afanítica.

Localidad: Piedra Sentada a los Uvos, cuchilla La Bandera; Suárez-Betulia-Comedulce y Río Inguitó.

Contacto: Sin información.

Espesor: Sin información.

Edad: Sin información.

Unidad: “Grupo Diabásico”

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995).

Litología: Son rocas ígneas extrusivas, afaníticas; algunos basaltos serpentinizados y cloritizados diabasas. Localmente intercalaciones sedimentarias compuestas por capas de chert, lodolitas y limolitas silíceas, ocasionalmente grauwas y conglomerados con guijos y cantos provenientes de la unidad subyacente.

Localidad: Ríos Asnazú y Guachinte, La Ferreira y La Estrella. Oeste de la población de Suárez hasta el Oeste de Jamundí y Cali.

Contacto: Sin información.

Espesor: Sin información.

Edad: Sin información.

Unidad: “Formación Volcánica”.

Referencia: Gómez y Osorio (1996).

Litología: Rocas ígneas básicas correspondientes a diabasas y basaltos, en ocasiones con estructura almohadillada y estratos tabulares métricos y decimétricos de limolitas grises silíceas y chert negro donde localmente se observan estructuras biogénicas (Cf *Zoophycos* y *Chondrites*), en el sector río Guachinte y en la vía a Ampudia.

Localidad: Ríos Guachinte Meléndez y Cali, vía a Ampudia.

Contacto: Sin información.

Espesor: Sin información.

Edad: Sin información

Comentario General: La variedad de rocas ígneas extrusivas-basaltos olivínicos y toleíticos, lavas almohadilladas, rocas hipoabisales -diabasas, rocas intrusivas -gabros, dioritas, peridotitos; el origen oceánico a continental; la dificultad en establecer relaciones litoestratigráficas confiables en las rocas sedimentarias reconocidas, aún con la presencia de algún registro fósil tales como radiolarios, histrioides, icnofósiles como cf. *Zoophycos* y *Chondrites*, no se ha establecido con seguridad la edad de la unidad ni su espesor, dificultad debida, en especial, a la manera de emplazamiento y variedad de litologías, a la presencia de flujos interdigitados, entre otras, lo cual además, ha dado como resultado los diversos nombres dados por los diferentes autores a la supuestamente misma “unidad” objeto de estudio.

Son considerados como depósitos resultantes de actividades de vulcanismo submarino, sedimentación marina en fondos y plataformas.

Para Keizer, J, (1954) su edad es Cretáceo Medio a Superior

2.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: Formación Chimborazo (Miembros Confites y Loma Larga)

Referencia: Orrego A. (1975)

Litología: Se compone de una secuencia sedimentaria de conglomerados polimícticos, areniscas grauwáquicas, limolitas, brechas sedimentarias, esporádicas calizas clásticas hacia la base y shales carbonáceos hacia la parte superior. En la base y parte media de la formación se encuentran alrededor de unos 30 niveles de conglomerados polimícticos que alternan rítmicamente con areniscas grauwáquicas y limolitas; en la parte superior cuatro niveles de conglomerados polimícticos y varias capas de areniscas grauwáquicas alternan rítmicamente con capas de limolitas; ocurre también una capa de arenisca fosilífera y algunas protocuarzitas.

Localidad tipo: Caserío Chimborazo; además, quebradas Agua Negra, Mindalá, Puentealto; río Sanguenguito; en general en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental (Cuadrángulos N-6 Popayán y M-6 Cali)

Contacto: Con el Grupo Diabásico es inconforme erosivo; al suroeste de Suárez y en la localidad-tipo, descansa concordantemente sobre la Formación Aguaclara.

Espesores: Localidad-tipo 3.150 m; en el río Guachinte, 418 m.

Edad: Maestrichtiano; Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno Medio?)

Unidad: Formación Chimborazo (Miembro Confites).

Referencia: Geoparra & Torres (1990)

Litología: En la sección Suárez-Betulia- quebrada Comedulce, aflora parte del Miembro Confites compuesto por conglomerados, arcillolitas y arenitas feldespáticas. En la sección del río Guachinte esta representada básicamente por el Miembro Confites, compuesto principalmente por conglomerados y areniscas líticas

Localidad: Quebrada Comedulce y río Guachinte

Contacto: Con la Formación Aguaclara es fallado.

Espesores: Quebrada Comedulce 120 m; río Guachinte 300 m.

Edad: Sin información

Unidad: (Formación Chimborazo) Formación Confites (según Padilla, 1991)

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: Consta de paquetes variables de conglomerados finos, delgadas intercalaciones de arenitas lodosas de grano fino a grueso; hacia la parte media las intercalaciones aumentan y disminuyen los conglomerados finos; en el río Guachinte, se presenta una secuencia de lodolitas silíceas calcáreas, intercalaciones y bancos de arenitas feldespáticas y de limolitas a areniscas conglomeráticas y arenitas arcósicas. Se observan bancos gruesos y muy gruesos de litoarenitas a grauwacas y niveles de conglomerados gruesos polimícticos, cantos y guijos principalmente de cuarzo, basalto, diabasa, chert y areniscas.

Localidad: Secciones río Asnazú, río Guachinte, en la Ferreira y La Estrella.

Contacto: Con el Grupo Diabásico es fallado

Espesores: 180 m, mínimo, en la sección La Estrella; 660 m, máximo, sección río Guachinte

Edad: Sin información

Unidad: Formación Confites (Formación Chimborazo).

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: Se compone de conglomerados polimícticos hacia la base, intercalados con niveles de litoarenitas arcósicas, cuarzoarenitas y esporádicas limolitas fosilíferas.

Localidad: Río Guachinte, río Pance, quebrada El Duende; Jamundí – La Estrella; Loma Gorda, Sur de Golondrinas

Contacto: Descansa concordantemente sobre la Formación Aguaclara.

Espesores: 400 m en el río Guachinte; 60 m en el Cerro Golondrinas

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Chimborazo.*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1999)

Litología: Se compone de arcillolitas, limolitas, limolitas calcáreas y niveles locales de conglomerados polimícticos con guijarros de limolitas, arenitas y diabasas en matriz areno limosa de color gris verdoso.

Localidad: Sección río Inguitó, Sector Chupadero – Pueblillo

Contacto: Descansa concordantemente sobre la Formación Aguaclara.

Espesor: En el río Inguitó, 1956 m.

Edad: Paleoceno-Maestrichtiano (Orrego, et. al, 1976)

Unidad: *Conjunto Los Confites.*

Referencia: Hubach y Alvarado (1934)

Litología: El conjunto se compone principalmente de arcillas y areniscas en bancos de hasta 5 m de espesor. En las partes deprimidas se observan, en forma lenticular; material ripioso brechoso, derivado de lidita y cuarzo, se presenta en forma lenticular.

Localidad tipo: Vereda Los Confites (lado sur del río Claro, al WSW de Jamundí)

Contacto: Sin información

Espesores: En la región de Cali 200 a 300 m. En Yumbo 50 a 100 m. En el Cerro de La Ferreira 500 m o más. En la Fragua de Guachinte 300 m. En El Playón, no es mayor a 100 m.

Edad: Sin información

Unidad: *Miembro Confites* (redefinición)

Referencia: Orrego (1975)

Litología: En la sección tipo, consta de conglomerados polimícticos, areniscas grauwáquicas, limolitas y brechas sedimentarias. Los conglomerados contienen cantos de limolita, diabasa, chert, cuarcita y cuarzo en menor proporción, en una matriz arenácea, a veces limolítica. Las brechas sedimentarias contienen cantos de arcillolita. Característicamente estas rocas presentan estratificación rítmica, estratificación gradual y a veces estratificación cruzada. Los conglomerados polimícticos alternan con areniscas grauwáquicas y limolitas. En la sección-tipo se observó laminación convoluta (“convolute lamination”) y estructuras de deslizamiento.

Localidad tipo: Vereda Los Confites, situada a 14,5 Km de Jamundí; también en las quebradas Grande o Mindalá, Agua Negra y Chupadero y en el río Guachinte.

Contacto: Sin información

Espesores: Localidad-tipo Vereda Los Confites-162 m; en la quebrada. Chupadero sobrepasa los 2.000 m.

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Chimborazo - Miembro Confites.*

Referencia: Geoparra & Torres (1990)

Litología: Está constituida por una secuencia de bancos potentes de conglomerados polimícticos, areniscas conglomeráticas feldespáticas y grauwacas generalmente inmaduras, con guijos, cantos de rocas volcánicas y sedimentarias conglomeráticas.

Localidad: Sección río Seguenguito, desembocadura de la quebrada Grande con el río Ortega.

Contacto: Por la aparición de basaltos muy alterados, se deduce que es discordante sobre rocas volcánicas basálticas.

Espesor: Aproximadamente 870 m.

Edad: Sin información

Unidad: *Miembro Loma Larga.*

Referencia: Orrego (1975)

Litología: Consta de areniscas grauwáquicas, esporádicas protocarcitas y conglomerados polimícticos que alternan con limolitas (algunas con concreciones y una capa fosilífera); al norte aparecen capitas de carbón y shales carbonáceos. Se observan cambios de facies: las areniscas pasan a limolitas, las protocarcitas a grauwacas; el espesor disminuye notablemente; aparecen esporádicas capas de brechas sedimentarias.

Localidad tipo: **Vereda Loma Larga** (Cuadrángulo N-6, Popayán), a 17 kilómetros en dirección S 75 W del municipio de Morales (Cauca).

Contacto: Suprayace concordantemente al Miembro Confites.

Espesor: en la localidad-tipo es de 908 m.

Edad: Por su posición estratigráfica se asigna una edad Paleoceno-Eoceno Medio?), aunque es posible que también comprenda el Maestrichtiano.

Unidad: *Miembro Loma Larga*

Referencia: Geoparra & Torres (1990)

Litología: corresponde a una secuencia limosa, interestratificada con capas delgadas de areniscas, con espesores entre 5 y 150. Las limolitas ocasionalmente presentan restos de hojas muy bien conservadas y localmente concreciones calcáreas en formas elongadas y lenticulares y restos de foraminíferos y radiolarios. En la secuencia del Río Dinde-quebrada Agua Negra-Dinde-Cacahual-El Carmelo, el Miembro se compone principalmente de limolitas y en menor proporción areniscas grauwáquicas, arcosas y esporádicos conglomerados. Las limolitas localmente gradan a limolitas arenáceas o a areniscas limosas. Ocasionalmente se presentan bancos masivos con intercalaciones de areniscas. Conjuntos menores de limolitas contienen foraminíferos, trazas de materia orgánica y laminillas de carbón

Localidad: Secciones río Seguenguito, río Dinde-quebrada Agua Negra-Dinde-Cacahual-El Carmelo

Contacto: sin información

Espesor: 2.300 m en el río Seguenguito (repetición por falla?); 1.200 m en el sector del Río Dinde-quebrada Agua Negra-Dinde-Cacahual-El Carmelo.

Edad: Sin información

Comentario General: La Formación Chimborazo fue estudiada, en la Cuenca Cauca-Patía por diferentes autores en sitios, también diferentes. Algunas veces describen la Formación propiamente dicha y otras uno de sus dos miembros, lo cual ocasiona discrepancias tanto litológicas como en espesores. Aunque narran la presencia de horizontes fosilíferos, las dataciones que se registran son bien escasas y cuando están presentes, aparentemente su sustentación no es adecuada.

Para algunos autores, la Formación se depositó en un ambiente marino profundo con intercalaciones de flujos turbidíticos de baja y alta energía. Localmente descansa concordantemente sobre rocas diabásicas de La Formación Aguacalera o en discordancia sobre rocas del Grupo Diabásico. Se le asigna una edad Maastrichtiano-Eoceno Medio? Principalmente por su posición estratigráfica.

2.3 FORMACIÓN PEÑA MORADA: CUENCA CAUCA-PATIA

Unidad: *Formación Peña Morada*

Referencia: León, Padilla & Marulanda (1973)

Litología: La base está constituida por un banco de calizas negras de 8 m de espesor. Una capa de limolitas arenosas de unos 3 m de espesor, compactas, de apariencia lidítica, suprayace el banco de calizas. El tope esta constituido por conglomerados polimícticos con cantos subredondeados, especialmente de rocas volcánicas, basaltos, basaltos amigdalares y cantos subredondeados de material sedimentario (chert, limolitas, calizas). Aparecen delgadas intercalaciones de limolitas rojizas compactas.

Localidad tipo: paraje Peña Morada (planchas 364-III-B), río Esmita.

Contacto: Sin información

Espesor: Localidad tipo, 211 m

Edad: Infrayace la Formación Mosquera que ha sido datada como Eoceno Medio. Se le asigna una edad Cretácico Superior a Paleoceno (?) - aunque en la Formación Peña Morada no se ha reportado registro fósil.

Unidad: *Formación Peña Morada*

Referencia: Ordóñez y Arandia (1991)

Litología: **Sección Río Esmita** – Segmento A.

Facies de Micritas: son capas delgadas, carbonosas, piritosas con aporte variable de lodo terrígeno, clastos tamaño limo a arena muy fina, calcáreos dolomitizados, escaso cuarzo y restos de ostrácodos, además de abundantes venas de calcita y estilolitos rellenos de materia orgánica, sílice y calcita.

Facies de Arenitas: areniscas y muy delgadas intercalaciones de micrita carbonosa, clastos angulares a subangulares, calcáreos, serpentinizados o cloritizados, algunos de cuarzo, piritita y abundantes venas calcáreas.

Segmento B

Facies Gravas de Guijos y Guijarros: capas de conglomerados entre 1 y 2 m de espesor compuestos por diabasas (60%) y basaltos amigdalares (20%), micritas (10%) con matriz areno-arcillosa (10%). Algunos clastos subredondeados con ciclos de gradación inversa-normal.

Facies Gravas de Cantos y Guijarros: capas de conglomerados de 5 a 10 m de espesor compuestas por diabasas (80%), basaltos amigdalares (5%), micritas (5%) y matriz arenosa (10%); ciclos de gradación normal.

Facies Gravas de Cantos y Bloques: capas de conglomerados de 6 a 12 m de espesor de diabasas (80%), basaltos amigdalares (10%); micritas (<1%), matriz areno-arcillosa (10%); ciclos de gradación inversa-normal.

Facies Gravas de Guijos y Cantos: capas de conglomerados entre 3 y 7 m de espesor de diabasas (70%), basaltos amigdalares (15%), micritas (5%); matriz areno-arcillosa (10%); ciclos de gradación inversa.

Sección Sucre- (no aflora la base de la formación) Está representada por una macrosecuencia conglomerática, la cual, por el tamaño del grano se divide en:

Facies de Gravas de Bloques y Cantos: capas con espesores entre 10 y 12 m compuestas por (50-70%) de tobas riolíticas, (5-15%) de tobas riodacíticas, (15-20%) de tobas de pórfidos dacíticos y (10-20%) de matriz arenosa. No presentan estratificación ni gradación, escasa imbricación.

Facies de Gravas de Cantos y Bloques: capas con espesores entre 4 y 20 m compuestas por (20-60%) de tobas riolíticas, (10-60%) de tobas riodacíticas, (5-20%) de tobas de pórfidos dacíticos, (5-10%) de chert, (10%) de granitoides y (10-15%) de matriz arenosa. Estratificación horizontal cruda, escasa imbricación, granos subredondeados a subangulares en contactos lineales a tangenciales.

Alto Chapungo – Macrosecuencia facial de conglomerados en capas lenticulares, que por el tamaño de las gravas se dividen en:

Facies de Gravas de Guijarros: capas macizas de 5 a 20 m de espesor, que gradan a arenitas conglomeráticas con estratificación horizontal. Predominan los de composición granítica (70-40%), tobas riolíticas (5-15%), tobas riodacíticas (5-10%), cuarzo lechoso (10-5%), chert (1%) y matriz arenosa (5-10%); contactos tangenciales a lineales, escasa imbricación.

Facies de Gravas de Guijarros y Cantos: capas macizas de 15 a 30 m que gradan a niveles de arenitas conglomeráticas con estratificación horizontal. Predominan los de composición granítica (45-60%), tobas riolíticas (10-15%), tobas riodacíticas (5-20%), cuarzo lechoso (10%), chert (1%) y matriz arenosa (15%); contactos lineales, escasa imbricación, gradación inversa-normal.

Localidad: Río Esmita, Sucre y Alto Chapungo

Contacto: Sin información

Espesores: 187 m río Esmita; 143 m sección de Sucre (no fue observada parte basal); 123 m sección Alto Chapungo; (por fallamiento, no es observada la base ni tope de la unidad)

Edad: Sin información

Unidad: *Unidad Tectonosedimentaria I (UTS I)*—(parte basal Formación Peña Morada)

Referencia: Martínez y Rubio (1991)

Litología: Unidad Tectonosedimentaria I (UTS I), en las secciones El Boquerón (SEB) y Quebrada La Despensa (SQD) corresponde a la Formación Peña Morada; en la sección quebrada La Despensa (SQD), a la parte basal, porfirítica, de la Formación Mosquera, representada por unos 15 m de conglomerados matriz-soportados (arena-lodo) con guijarros redondeados compuestos por diabasas (85-95%), y cuarzo ígneo (5-15%). El área fuente se asimila a rocas de la corteza oceánica (basaltos y diabasas) y remanentes de un arco volcánico explosivo félsico (tobas riolíticas) levantadas por un sistema de fallas de cabalgamiento de vergencia oeste (la ausencia de rocas de afinidad continental confirma que la Cordillera Central, en el área, estaba sumergida).

Localidad: Secciones El Boquerón (SEB) y la Quebrada La Despensa (SQD)

Contacto: Entre los límites de UTS I y UTS II se reconoció una discordancia angular, erosiva, en SEB y en el río Esmita, de carácter conforme en SQD.

Espesor: Quebrada La Despensa (SQD) 17 m; Sección El Boquerón (SEB) 12 m

Edad: sin información

Unidad: *Base de la Formación Peña Morada.*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1999)

Litología: Las rocas de interés se ubican a la base de la Formación. Peña Morada y están constituidas por micritas carbonosas piritosas y arcillolitas ferruginosas, con un nivel de arenitas de grano fino a medio; al tope presenta una espesa secuencia de conglomerados polimícticos gruesos de origen turbidítico, con guijarros a cantos y pequeños bloques de diabasas, basaltos y en menor proporción micritas, en una matriz arenosa con cemento calcáreo e intensa alteración ferruginosa. (El ambiente de sedimentación permite inferir que se trata de una planicie oceánica relativamente profunda con intercalaciones de flujos turbidíticos de baja densidad...)

Localidad: Sección Río Esmita

Contacto: Aparentemente inconforme con el Grupo Diabásico

Espesor: 55 m (base)

Edad: Por infrayacer discordantemente a la Formación Mosquera fue datada como Eoceno Medio, se asume para la unidad una edad Paleocena a Maestrichtiano

Comentario General: En las localidades donde los diferentes autores estudiaron la Formación Peña Morada se encuentran descripciones litológicas diversas, probablemente como consecuencia a que se estudiaron, en general, solo partes de la formación dando como resultado la gran variabilidad en los espesores medidos e igualmente, hacen una interpretación de origen y facies disímiles; la edad asignada, Cretácico Superior a Paleoceno? carece de buena sustentación.

Localmente, descansa discordantemente sobre rocas del Grupo Diabásico. Se asimila a depósitos desarrollados en abanicos asociados al talud o a una planicie oceánica relativamente profunda con intercalaciones de flujos turbidíticos de baja energía.

2.4 FORMACIÓN GUACHINTE: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: *The Guachinte Formation.*

Referencia: Schwinn, W. (1969)

Litología: The predominant lithology in the southern part of the area is dark gray, carbonaceous, locally sandy siltstones interbedded with thin argillaceous sandstones and some carbonaceous shales. Coal beds are thin and sporadic and become near anthracites because heat generated by intrusions. Scattered zones of small, poorly preserved mollusks are to be found. To the north, siltstones are replaced by shales and as increasing percentage of sandstones. From the type section northward, the number and quality of the coal beds increases and form the principal coal producing horizons of this part of the Cauca Valley. In the area of intrusions the shales and siltstones take on a reddish – brown “baked” appearance and most of the micro-organisms have been destroyed

Sección Tipo: Río Guachinte, and Quebrada Seguenguito

Contacto: Without information

Espesor: 650 m **at the type section:** Over 1.200 m in quebrada Seguenguito

Edad: An Upper to uppermost Eocene age has been assigned to microflora collected from the Guachinte in this area.

Unidad: *Formación Guachinte - Miembros La Cima y La Rampla* - Hubach, E, y Alvarado, B,(1934) divide la Formación en Conjunto de Cali o Conjunto Medio, el cual comprende el Horizonte de La Salvajina, Horizonte Los Chorros y Horizonte Los Hilos y el Conjunto Teteral o Conjunto Superior que comprende el Horizonte Mango, Horizonte de Santa Bárbara y Horizonte del Coke.

Referencia: Orrego (1975)

Litología: En la localidad-tipo se compone de una secuencia de areniscas ortocuarcíticas, areniscas micáceas oscuras, limolitas, shales carbonáceos y capas de carbón en forma lenticular; hacia la base de la Formación se encuentran siete capas de areniscas, de las cuales las seis primeras son ortocuarcíticas, con intercalaciones de limolitas y shales carbonáceos; hacia la parte media y superior predominan areniscas micáceas con intercalaciones de limolitas, algunas con concreciones calcáreas, shales carbonáceos y capas de carbón; tres capas de areniscas ortocuarcíticas y una capa guía de arenisca fosilífera. Al sur del área, las areniscas ortocuarcíticas cambian facialmente a conglomerados cuarzosos que afloran en sectores de los ríos Dinde y Seguenguito. La Formación se divide en dos Miembros: La Cima y La Rampla.

Localidad tipo: **Río Guachinte**, río Dinde, río Seguenguito; Caserío El Amparo; La Ferreira, Las Piedras, La Sierra, La Salvajina, Carolina y Loma La Buitrera.

Contacto: Reposo discordantemente sobre la Formación Chimborazo.

Espesor: Localidad tipo 643 m

Edad: Mioceno Superior (por microfósiles y macrofósiles identificados respectivamente por Duque, H. y Gutiérrez, D)

Unidad: *Formación Guachinte (Miembro La Cima - Miembro La Rampla)*

Referencia: Mejía (1983)

Litología: *El Miembro La Cima*-Compuesto principalmente por areniscas grises, conglomeráticas, cuarzosas y grauwáquicas.

El Miembro La Rampla-Compuesto en su parte inferior por arcillolitas grises con capas de carbón y esporádicas intercalaciones de areniscas grises, cuarzosas. Este nivel carbonoso (Nivel de Carbón de La Estrella) es el de mayor importancia en el área de estudio y se asume que es el mismo que aflora en Puente Vélez, hacia el sur, explotado hacia el norte en las minas de Lili, La Cascada y El Volante. La parte media del Miembro, está limitada por la presencia de dos niveles sobresalientes de areniscas, entre los cuales se intercalan arcillolitas fosilíferas determinadas como el nivel fosilífero de La Leona. La parte superior del Miembro La Rampla, está compuesta por arcillolitas con algunas delgadas capas de carbón y areniscas grauwáquicas intercaladas.

Localidad: Río Pance, Puente Vélez, minas de Lili, La Cascada y El Volante; carretera Jamundí a la Estrella.

Contacto: Sin información

Espesor: 100 m Miembro La Cima; 400 m Miembro La Rampla.

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte (Miembros La Cima y La Rampla)*

Referencia: Geoparra y Torres (1990)

Litología: **Sección 1.** Hacienda Guanabanal-Piedra Sentada-El Hoyo:

Miembro La Cima-Está representado por areniscas cuarzosas de grano fino a grueso subangulares a conglomeráticas, ocasionalmente guijosas y limolitas. Las areniscas de grano fino-medio gradan a limolitas arenosas, las cuales presentan restos de hojas.

Miembro La Rampla-Comprende secuencias rítmicas en capas finas a gruesas de limolitas, areniscas en capas finas a medias con restos de materia orgánica; mantos de carbón y shales oscuros bien laminados con abundante material carbonoso.

Sección 2. Río Seguenguito:

Miembro La Cima-Son conglomerados oligomícticos de cuarzo lechoso con guijos y cantos bien soldados. Son seis niveles de conglomerados los cuales varían entre dos y ocho metros de espesor, interestratificados con niveles de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, subredondeados de buena selección y cemento silíceo, masivos.

Miembro La Rampla-Constituido básicamente por limolitas con restos de materia orgánica, hojas y tallos y en menor proporción, por arcillolitas y areniscas de grano fino. Un manto de carbón entre 1,50 y 2,00 m de espesor, actualmente en explotación y cintas lenticulares son comunes y un horizonte, fosilífero, con pelecípodos, ostreas y conchas de caracoles también está presente.

Sección 3. Río Dinde-Quebrada Agua Negra, Dinde-Cacahual-El Carmelo: La Formación Guachinte, en el río Dinde, se presenta en los dos flancos del sinclinal de Seguenguito: en el flanco occidental del sinclinal afloran areniscas, conglomerados y arcillolita limosas y en el oriental, la fracción arenosa tiene similitud con las rocas del flanco occidental, pero con un mayor porcentaje de limolitas, además de un nivel de carbón. La base esta conformada por un conjunto de 150 de espesor de areniscas

feldespáticas de grano fino y un banco de 20 m de espesor de conglomerados arenosos a arenisca conglomerática, lenticulares, bien consolidados. Dentro de las areniscas de grano muy grueso, se observan cantos de cuarzo lechoso, chert negro, areniscas, basaltos y diabasas. En la parte superior se observan limolitas con restos de conchas de bivalvos y un nivel lenticular de carbón.

En la carretera Dinde-El Carmelo se presentan limolitas intercaladas por dos bancos potentes de areniscas conglomeráticas, cuarzosas y niveles de limolitas negras, shales carbonosos y areniscas limosas, en secuencias rítmicas.

Sección 4. Río Inguitó: En la quebrada El Canelo se presenta un banco de 1,8 m de espesor de limolitas arenosas calcáreas y un delgado nivel de carbón lenticular, intercalado dentro de las areniscas de grano fino y láminas de shale negro y un horizonte fosilífero formado por lamelibranquios y bivalvos..

Sección 5. Suárez-Betulia-Quebrada Comedulce donde se reconocen tres conjuntos: *El primer conjunto* corresponde a secuencias rítmicas de arcillolitas masivas, con esporádicas niveles lenticulares delgados de carbón interestratificadas con areniscas cuarzosas. La base es un banco de arenisca cuarzosa blanca conglomerática. Espesor del conjunto: 150 m

El segundo conjunto es una secuencia de bancos de cuarzoarenitas intercalados con arcillolitas. Las cuarzoarenitas son de grano fino a conglomerático, predominando las de grano grueso. Las arcillolitas alcanzan hasta 12 metros de espesor. Este conjunto se asimila como perteneciente al denominado Miembro La Cima, con un espesor aproximado de 200 m

El tercer conjunto está caracterizado por la presencia de arcillolitas carbonáceas con estratificación fina y limolitas, intruidas por dioritas. Se reconocen, en las limolitas un nivel fosilífero con restos de conchas de bivalvos y caracoles y cuatro bancos de areniscas cuarzosas. Esporádicamente las arcillolitas y las areniscas presentan relictos de materia orgánica. El espesor de este tercer conjunto es de 300 metros aproximadamente.

Sección 6. Río Guachinte: En la base se encuentran tres bancos de areniscas cuarzosas, cemento silíceo, masivas, duras; interestratificadas con tres cintas de carbón y shales negros. Hacia la parte media y superior se encuentra un conjunto de lutitas y limolitas, shales carbonosos y carbón lenticular, interestratificados con capas delgadas de areniscas muy compactas. En el conjunto hay siete niveles de carbón con espesores que varían entre 0,20 a 1,50 m de espesor y un delgado banco de limolita gris oscura, con restos de fósiles y una capa de arenisca limosa con restos de caracoles, lamelibranquios y bivalvos.

Localidad: Sección 1. Hacienda Guanabanal-Piedra Sentada-El Hoyo; carretera El Hoyo-Hacienda Navarra y quebrada Las Juntas.

Sección 2. Río Seguenguito, desembocadura del río Seguenguito en el río Cauca hasta la falla del Cauca. Flancos oriental y occidental del sinclinal de Seguenguito.

Sección 3. Río Dinde-quebrada Agua Negra, Dinde-Cacahual-El Carmelo; río Dinde, flancos occidental y oriental del sinclinal de Seguenguito; carretera Dinde – El Carmelo

Sección 4. Río Inguitó y quebrada El Canelo

Sección 5. Suárez-Betulia-quebrada Comedulce; carretera Suárez- Betulia y quebrada Comedulce.

Sección 6. Río Guachinte

Contacto: en la sección 2 el contacto es discordante sobre la Formación Chimborazo

Espesores: Sección 1- Miembro La Cima 150 m; Miembro La Rampla en la quebrada Las Juntas es de 420 m

Sección 2- Miembro La Cima 260 m; Miembro La Rampla 380 m

Sección 3- Formación Guachinte en el río Dinde es de 760 m

Sección 4- Formación Guachinte es de 260 m

Sección 5- Formación Guachinte es de 660 m

Sección 6- Formación Guachinte es de 620 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Cima*

Referencia: Padilla, L.E. (1991)

Litología: El Miembro La Cima, en la sección tipo está constituido por cuarzoarenitas de grano medio hasta conglomeráticos, mantos de carbón económicamente explotables, niveles fosilíferos marinos, arcillolitas, limolitas y cuarzoarenitas. Divide la Formación Guachinte en los siguientes Miembros: La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

Localidad: río Guachinte, NE de Timba (V)

Contacto: Sin información

Espesor: 650 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte: Miembros La Cima y La Rampla*

Referencia: Mejía et al, (1992)

Litología: *El Miembro La Cima* esta compuesto predominantemente de areniscas cuarcíticas, estratificadas en bancos gruesos, a veces conglomerático, intercalados con limolitas y arcillolitas grises; algunas cintas de carbón y láminas carbonosas.

El Miembro La Rampla esta conformado por ciclotemas de estratificación rítmica, que intercalan areniscas cuarzosas, limolitas, arcillolitas y mantos de carbón hasta de 3 m de espesor. En áreas adyacentes presenta un horizonte fosilífero denominado La Leona. En el sector de Golondrinas es notable la ausencia del horizonte fosilífero.

Localidad: El sector de Golondrinas y alrededores de Cali

Contacto: Sin información

Espesor: 400 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Cima*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1999)

Litología: El Miembro La Cima, se compone de cuarzoarenitas de grano medio y grueso color blanco y amarillento; hacia el tope, litoarenitas con intercalaciones de lodolitas arenosas, localmente turbas muy alteradas.

Localidad: Río Inguitó, sector Chupadero – Pueblillo, E quebrada Chupadero

Contacto: suprayace discordantemente rocas de la Formación Chimborazo

Espesor: Río Inguitó 287 m

Edad: Para Orrego, et al, 1976 es Mioceno Superior.

Unidad: Formación Guachinte – (“Horizonte La Cima”) - Miembro La Cima

Referencia: Keizer (1954)

Litología: El denominado “Horizonte de La Cima”:-equivalente al “Horizonte de La Salvajina”, consta de arenitas cuarcíticas duras, localmente con intercalaciones de arenisca gruesa, abundante cuarzo blanco y lidita negra. Este horizonte está bien estratificado, formando bancos gruesos, casi sin intercalaciones de rocas pelíticas.

Localidad: Ríos Timba y Guachinte; región de Ampudia

Contacto: Sin información

Espesor: 140 m

Edad: sin información

Unidad Formación Guachinte - Miembro La Cima

Referencia: Padilla (1991)

Litología: El Miembro La Cima está representado por bancos de arenisca de cuarzo de grano fino hasta conglomerático, textura sacaroides, laminación cruzada fina, friable e inconfundible color blanco (“azúcar”)

Localidad: Sitio La Cima al oeste de Timba (Valle)

Contacto: Sin información

Espesor: 150 m

Edad: Sin información

Unidad: Formación Guachinte - Miembro La Cima, en el área la Formación se ha subdividido en los miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: El Miembro La Cima, en el área, consta de bancos gruesos y muy gruesos de cuarzoarenitas deleznable, ligeramente arcillosas, grano-soportadas, grano medio a grueso, subangular a angular, color blanco, bajo contenido de matriz; ocasionalmente conglomerática, muy dura y soldada; intercalaciones lodosas y de arcillolitas y limolitas; hacia el tope, matriz ferruginosa.

Localidad: Ríos Asnazú y Guachinte; La Ferreira y La Estrella

Contacto: es discordante sobre la Formación Confites

Espesor: Río Asnazú, 170 m La Ferreira, 150 m Río Guachinte, 120 m

Edad: sin información

Unidad: Formación Guachinte - Miembro La Cima; en el área dividen la Formación en los miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: Miembro La Cima, son estratos métricos y decimétricos, cuneiformes y tabulares de cuarzoarenitas de grano fino a conglomeráticas, blancas y limolitas grises intercaladas con estratos arenosos.

Localidad: Río Guachinte, hasta un kilómetro al Norte del Río Jordán.

Contacto: Sin información

Espesor: 100 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte –“Horizonte Los Chorros”- Miembro Los Chorros;* Divide el “Piso del Cauca” en tres “conjuntos” Los Confites, Inferior; Cali, Medio y Teteral. Superior. Al Conjunto Cali, Medio, lo subdivide en tres “Horizonte”: La Salvajina, Los Chorros (aquí descrito) y los Hilos.

Referencia: Hubach, E. y Alvarado (1934)

Litología: “Horizonte Los Chorros” (Miembro Los Chorros), allí son intercalaciones y/o estratos de arcillolitas, localmente piritosas, estratos de areniscas relativamente escasas, espesor muy variable; característicamente se presentan los principales mantos de carbón en importancia y espesor.

Localidad: Minas de Los Chorros al sur de Cali y Guachinte – La Ferreira.

Contacto: Sin información

Espesor: Promedio 100 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro Los Chorros*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: Miembro Los Chorros, se caracteriza por la presencia de nueve mantos explotables de carbón intercalados entre arcillolitas, “shales” negros con pirita diseminada, arenitas sucias con cuarzo, material carbonoso y lítico, además de delgados niveles de paleosuelos.

Localidad: Mina Los Chorros, sur de Cali

Contacto: Sin información

Espesor: 120 m en promedio

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro Los Chorros*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: El Miembro Los Chorros consta de una alternancia de arenitas, en general sucias, arenitas lodosas, limolitas, lodolitas, arcillolitas carbonosas y numerosas cintas y mantos de carbón bituminoso, algunos horizontes con abundantes restos vegetales.

Miembro La Leona está caracterizado por una alternancia de arenitas lodosas, lodolitas y arcillolitas, localmente calcáreas, muy fosilíferas (gasterópodos, pelecípodos, pectínidos y abundantes restos vegetales); localmente se encuentran bancos de arenitas de grano fino a medio, ocasionalmente conglomeráticos deleznable, con delgadas intercalaciones limolíticas y láminas carbonosas, denominadas “arenitas de La Uribe”.

Localidad: ríos Asnazú y Guachinte, La Ferreira y La Estrella

Contacto: Con el Miembro La Cima es transicional.

Espesor: Para los Miembros Los Chorros-La Leona varía entre 195 y 360 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro Los Chorros*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: Miembro Los Chorros, son estratos métricos y decimétricos tabulares y cuneiformes de limolitas, intercaladas con cuarzoarenitas, mantos de carbón y niveles limolíticos concrecionales silíceas hacia el techo y a la base, paquetes de cuarzoarenita, con líticos y materia orgánica, en ocasiones dolomíticas.

Localidad: Río Timba, sector del río Jordán, Río Lili-río Meléndez

Contacto: Sin información

Espesor: En los Miembros Los Chorros-La Leona varía entre 140 y 170 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Leona*

Referencia: Hubach y Alvarado (1934)

Litología: Horizonte de Mangó” (Miembro La Leona en el sentido de Padilla -1991), en general, constan de arcillas, areniscas y areniscas arcillosas, margas y calizas margosas y bancos de carbón, de relativa importancia económica. Los niveles marinos de este horizonte se han reconocido desde la cuenca del Patía (Grosse), región del Tambo (Cauca) hasta el Oeste de Jamundí. De Jamundí hasta Cali y la saliente de Puerto Isaacs, el nivel no parece ser marino; pero al Norte de la saliente de Puerto Isaac se reconocen sedimentos de carácter marino, aunque no es claro si la caliza y la arenisca con erizos marinos de Vijos correspondan a niveles del horizonte de Mangó. La saliente de Puerto Isaac es una división paleogeográfica notable para el tiempo de deposición del Piso del Cauca.

Localidad: Región de Mangó, lado Norte del curso bajo del río Piendamó; El Tambo (Cauca) hasta Oeste de Jamundí, Cali y saliente de Puerto Isaac.

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Leona*

Referencia: Auteco-Servicio Geológico Nacional (1964)

Litología: Llamam “Horizontes Marinos”, y los correlacionan con los “Estratos del Coke”; “Horizonte de San Francisco”; “Grupo Mangó”(Hubach y Alvarado, 1934) y finalmente determinan nominarlo como “Horizonte de la Leona”, son, en general, estratos ricos principalmente en lamelibranquios, braquiópodos, gasterópodos y microfauna.

Localidad: San Francisco-Timba; quebrada del Guavo y en el valle del Río Guachinte, minas La Leona, La Uribe, Lili y La Cascada.

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Leona*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: Acoge la denominación de “Estrato Marino de La Leona” (Bartsch, 1958) en razón al contenido fósil. Son arcillolitas, limolitas y cuarzoarenitas; con hasta un 40 - 50% de restos fósiles de pelecípodos y gasterópodos, principalmente pectínidos.

Localidad-tipo: **área de La Leona**, margen norte del río Timba.

Contacto: Sin información

Edad: Sin información

Espesor: 100 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte – Miembro La Leona*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: Alternancia de arenitas, arenitas lodosas, lodolitas y arcillolitas, localmente calcáreas, muy fosilíferas, conchas en regular estado de conservación, especialmente gasterópodos y pelecípodos, pectínidos y abundantes restos vegetales. En algunos sectores se observan afloramientos de arenitas de grano medio a conglomerático, deleznales, las cuales corresponden a las denominadas “areniscas de La Uribe”

Localidad: río Timba, quebrada del Guabo; ríos Asnazú y Guachinte, La Ferreira y La Estrella.

Contacto: Entre los Miembros Los Chorros y La Leona puede estar presente una paraconformidad, representada por niveles con abundantes nódulos ferruginosos o superficies muy ricas en costras sideríticas y hematíticas.

Espesor: Miembros Los Chorros y La Leona varía entre 195-360 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Leona*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: El Miembro La Leona está constituido por limolitas fosilíferas, limolitas chamosíticas fosilíferas interstratificadas con areniscas con micas, materia orgánica, concreciones silíceas, óxidos de hierro y zonas de bioturbación y mantos de carbón hacia la base de la secuencia. Los fósiles observados son gasterópodos pelecípodos y foraminíferos bentónicos. Bancos de cuarzoarenitas y sublitoarenitas y láminas de materia orgánica y esporádicos niveles fosilíferos (gasterópodos, pelecípodos y foraminíferos bentónicos), cintas delgadas de carbón intercaladas en las limolitas y areniscas.

Localidad: Desde el río Timba hasta un kilómetro al Norte del río Jordán.

Contacto: Sin información

Espesor: 100 m promedio

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Rampla*

Referencia: Van der Hammen (1958)

Litología: Denomina Miembro La Rampla a la “Formación Cauca Medio”. Se inicia con areniscas finamente conglomeráticas y arcillolitas arenosas, duras hasta esquistosas con intercalaciones de areniscas.

Localidad: Sur del río Guachinte, al E y W de la desembocadura de la quebrada La Rampla.

Contacto: Sin información

Espesor: 330 m

Edad: Oligoceno Medio

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Rampla*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: El Miembro La Rampla se inicia con un estrato guía de arenita conglomerática de cuarzo, cuarcita y chert, (Arenisca de La Uribe, Bartsch, 1958); seguidos por delgadas cintas de carbón, arcillas y limolitas grises laminadas (“Horizonte del Coke”, Hubach & Alvarado, 1934) y limolitas y arcillolitas, laminadas hacia el tope.

Localidad-tipo: **Quebrada La Rampla**, afluente del río Guachinte, al oeste de Timba.

Contacto: sin información

Espesor: 350 m

Edad: Eoceno Superior a Oligoceno (Hubach, 1957, Van Der Hammen, 1958)

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Rampla*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: Al Miembro La Rampla lo conforma una secuencia alternante de arenitas de grano fino a grueso, ocasionalmente conglomerático, lodolitas, limolitas y arcillolitas, materia orgánica y de cintas y mantos de carbón. En la sección de La Estrella, a la base del Miembro, se encuentran 30 m de arenitas blancas de grano fino a grueso con una intercalación importante de limolitas; los bancos gruesos a muy gruesos separados por niveles y láminas de materia orgánica diseminada. Esta sección, bien puede corresponder al horizonte areniscas de La Uribe, del Miembro La Leona (?).

Localidad: Ríos Asnazú y Guachinte

Contacto: Con el Miembro La Leona es transicional.

Espesor: 310 a 350 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Guachinte - Miembro La Rampla*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: Son cuarzoarenitas de grano fino a conglomerático, interestratificadas con arcillolitas, limolitas grises y capas de carbón de número y espesor variable, debido a cambios faciales en la cuenca de sedimentación, de norte a sur. Hacia la parte central, tres potentes estratos de areniscas cuarzosas intercalados con limolitas, localmente

cuneiformes, con clastos de cuarzo y chert negro; hacia el techo se encuentran intraclastos centimétricos de arcillolita gris.

Localidad: Sector de la mina Lili en la región de Arroyohondo; ríos Timba-Guachinte.

Contacto: Sin información

Espesor: 340 m

Edad: Sin información

Comentario General: La Formación Guachinte fue estudiada por diferentes autores, algunos de ellos en la misma localidad, pero con resultados diferentes especialmente respecto a la descripción litológica, a los espesores medidos o resultantes de la cartografía y a la edad asignada. Respecto a las diferencias en la descripción litológica se explica en razón a que algunos autores describen uno o algunos de los cuatro miembros establecidos en que se ha dividido la unidad - La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla - en general, sin determinar con exactitud la base y/o el tope del Miembro: otros aplican una denominación informal o utilizan la nomenclatura de Hubach y Alvarado (1934), por ejemplo y las correlacionan directamente con los Miembros anotados, considerados como formales. Igual sucede con la variabilidad en los espesores para cada miembro y el espesor total resultante para la Formación, el cual varía entre 530 y 1.200 m Respecto a la edad, a la Formación se le asigna desde Eoceno Superior (Schwin, W, 1969) hasta Mioceno Superior (Orrego, 1975).

Para Geostudios (1995) el contacto con la Formación Confites es una discordancia localmente erosiva hasta angular. La Formación es de ambiente transicional, predominantemente continental.

2.5 FORMACIÓN MOSQUERA: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: *Formación Mosquera*

Referencia: Grosse y Alvarado (1931)

Litología: El denominado “Eoterciario de Mosquera” - *Formación Mosquera* - consta de conglomerados con guijos de cuarzo, cuarcitas, lilitas y areniscas y arcillas, a la base. La parte media superior de la Formación consiste, casi exclusivamente, de areniscas y arcillas pizarrosas con concreciones boliformes de siderita arcillosa. En toda la sección se observan cintas y mantos de carbón, algunos explotables. Un horizonte fosilífero se encuentra en la falda oriental del valle del río Timbío, donde el camino de Santa Ana a Mosquera cruza el río. Los fósiles se encuentran en un estrato de arcillas pizarrosas superpuesto por areniscas, en el tercio inferior de la Formación. Al Norte descansa sobre las dioritas de Jejenes, hacia el sur, sobre dioritas de Pulido y sobre los estratos de Chita, macizo de los Azules (serpentinadas) y sobre rocas cretáceas, diabasas y tobas diabásicas.

Localidad-tipo: Caserío de Mosquera (Cauca); Santa Ana; entre los ríos Timbío y Quilcasé; en Pedregalito y Arbolito, SW del Tambo (C) hasta la Hacienda Pulido

Contacto: Sin información

Espesor: 430 m

Edad: Eoterciario - equivale al Terciario Inferior (Eoceno- Oligoceno).

Unidad: *Formación Mosquera*

Referencia: León, Padilla y Marulanda (1973)

Litología: Es una secuencia predominantemente conglomerático-arenácea con cantos de cuarzo lechoso, chert y cuarcita. Se presentan intercalaciones de areniscas de cuarzo, friables; son comunes los cambios laterales de las areniscas a conglomerados, se presentan intercalaciones de limolitas grises. En los conglomerados basales que suprayacen rocas plutónicas pre-terciarias, se encuentran cantos de rocas plutónicas, bien redondeados, con los feldespatos y minerales ferromagnesianos muy alterados por meteorización y areniscas de cuarzo, chert, cuarcita y sericita. Hacia la parte media y alta de la Formación típicamente se presentan cintas y mantos de carbón de forma lenticular, algunas de las cuales son explotables, como las de la región del Mayo (Patía), la región de Baraya y en sectores del río Timbío.

Localidad: Río Esmita, Anticlinal de Manga Vieja, regiones de Mayo, Baraya y río Timbío.

Contacto: Sin información

Espesor: 150 a 261 m

Edad: Eoceno Medio – Mioceno Inferior

Unidad: *Formación Mosquera, parte Inferior*

Referencia: Martínez y Rubio (1991)

Litología: La Unidad Tectosedimentaria II (UTS II), en la sección del Boquerón (SEB), la parte gruesa (80%) consiste de ruditas polimodales y arenitas conglomeráticas compuesta por fragmentos de metarenitas (40%), cuarzo policristalino (55%) y en menor proporción riolitas y fragmentos de esquistos micáceos, chert y filitas. En la sección de la quebrada La Despensa (SQD) predominan ruditas finas clastosoportadas bimodales (27%), con aumento de clastos de riolitas (20%) con relación al cuarzo policristalino y chert (2%); el cemento es silíceo a calcáreo. La parte fina predomina hacia el tope, en SEB varía de un 20% de a un 36% en SQD, con un horizonte fosilífero, restos de troncos, arcillolitas carbonosas, capas de carbón delgadas cintas de carbón y costras ferruginosas. El restante 47% en SQD no aflora.

Contacto: Entre UTS II y UTS III es una “discontinuidad sedimentaria” debida a la ruptura eustática por el ascenso en el nivel del mar, lo cual se manifiesta como un cambio a un mayor predominio de facies finas y de algunos cuerpos de arena.

Espesor: 140 m

Litología: La Unidad Tectosedimentaria III (UTS III), en SEB consta lodolitas (80%), algunas intercalaciones de arcillolitas carbonosas, cintas y mantos de carbón; costras enrejadas de hierro y costras calcáreas y arenitas (20%) de grano medio a muy fino. En SQD consta de arcillolitas (70%) algo calcáreas, cintas y mantos de carbón; arenitas (30%), constituidas por cuarzo policristalino, cuarzo monocristalino, riolitas y hasta un 5% de de micas y fragmentos de esquistos micáceos; glauconita transportada, turmalina, fragmentos de espículas de equinodermos y carbonatos. En general las facies finas presentan material carbonoso en láminas, nódulos calcáreos y de hierro, restos de hojas, troncos y raíces, madrigueras cilíndricas en diferentes direcciones.

Localidad: Secciones estratigráficas - El Boquerón (SEB), carretera El Bordo – Bolívar (C) Quebrada Seca y (SQD) La Despensa.

Unidad: *Formación Mosquera, parte Superior – Miembro areno-arcilloso con carbón*

Contacto: Entre UTS y UTS IV es una “discontinuidad sedimentaria” en la que hay un aumento en el aporte de sedimentos, con aparición de facies gruesas de arenitas.

Espesores: En SEB es de 305 m y en SQD es de 345 m

Edad: Eoceno Medio – Mioceno Inferior (León, Padilla y Marulanda, 1973), por asociaciones y abundancia de palinomorfos. Eoceno Superior – Oligoceno (Martínez y Rubio, 1991) - por asociaciones y abundancia de palinomorfos.

Origen: Padilla y Marulanda (1973) “los cantos de los conglomerados provienen de los preexistentes en la secuencia del río Guabas, como también de la erosión de las rocas metamórficas de ambas cordilleras. La Formación Mosquera reposa discordantemente sobre los basaltos y diabasas y los flancos este y oeste de las Cordilleras Occidental y Central, así como sobre rocas plutónicas de la Cordillera Occidental”.

“**La Unidad Tectosedimentaria II (UTS II)** corresponde a megasecuencia deposicional de evolución vertical retrógrada en la que litostomas de zonas supramareales se sobreponen sobre litostomas cercanos al pie del abanico aluvial. Esta unidad se depositó sobre una superficie inclinada hacia el oeste, denudada y con algunos promontorios hacia el centro de la cuenca, remanente de un frente de cabalgamiento (prisma acrecional), que progresivamente se va aplanado”.

“**La Unidad Tectosedimentaria III (UTS III)** corresponde una megasecuencia deposicional de evolución vertical gradacional, con mayor desarrollo de litotomas.”

Comentario General: Llama la atención las diferentes nomenclaturas y subdivisiones, aparentemente, todas de carácter informal, que utilizan los diferentes autores. Esto probablemente se debe a la gran variabilidad en la litología y en especial a la composición de los cantos que componen los bancos conglomeráticos y al carácter del contacto con la o las formaciones infrayacentes, también relacionadas con el sitio donde se reconoció la Unidad. Además, al parecer, en algunos sectores, se incluyó parte de la Formación infrayacente. Algunos autores dan gran importancia a la ausencia de un horizonte fosilífero localizado hacia la parte inferior.

2.6 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: *Formación Cinta de Piedra*

Referencia: Hubach y Alvarado (1934)

Litología: Lo denominan “Piso Cinta de Piedra” y lo dividen en tres conjuntos informales: a) Conjunto Inferior Conglomeráceo, b) Conjunto Medio Arcilloso y c) Conjunto Superior Conglomeráceo. *El Conjunto Inferior* está formado por cascajos del tamaño de un huevo hasta un puño, principalmente de liditas de diversos colores, cuarzo y cuarcitas. Son conglomerados lenticulares que forman dos horizontes en la región de Guachinte - río Claro, con una intercalación lenticular, arcillosa, areniscas, ripios y escasos cascajos. *El Conjunto Medio* está caracterizado, en el cordón de Santa Bárbara,

porque los cascajos no forman niveles tan regulares como en el lado de la Cordillera Occidental y son más arcillosos. Además se presentan gruesos bancos de arcillas con intercalaciones de areniscas. *El Conjunto Superior*, en el sector del ferrocarril al Este de Zarzal, es esencialmente arcilloso. Al Este de Obando parece estar superpuesto por areniscas ripiosas. En las areniscas que componen la Formación Cinta de Piedra frecuentemente se observan pequeños puntitos de color blanco sucio que puede ser materia caolinítica e indicar que en la composición participa material tobáceo.

Localidad: Entre Cali y El Tambo, Santa Bárbara, río Guachinte y Mina Los Chorros, lado Sur del río Lili; sur del río Pance y la región de Suárez

Contacto: Concordante hasta levemente discordante con el “Piso del Cauca”

Edad: En principio se designó como Eoceno-Oligoceno. Posteriormente, por su posición estratigráfica y contacto concordante con el “Piso del Cauca”, se le asignó una edad Miocena.

Unidad: *Formación Cinta de Piedra*

Referencia: Schwinn (1969)

Litología: El autor la denominó “Formación Cartago”. In the Buga area the formation is composed of blue-gray, slightly carbonaceous, well bedded siltstone interbedded with tan to greenish- brown, fine to medium grained sandstone which are arkosic and argillaceous. No tuffaceous materials are present: here although it is characteristic of the type section. The base is not exposed.

Localidad-tipo: The type section is designated as that exposed along the **Cartago-Alcala road**

Contacto: Apparently conformable

Espesor: Over 4.000 m in the type section; only 43 m in the core off a small anticline east of Buga.

Edad: Samples collected in unit is assigned a probable Middle Miocene age.

Unidad: *Formación Cinta de Piedra*

Referencia: Ríos y Aranzazu (1989)

Litología: Proponen redefinir la “Formación Cartago” en tres Miembros que se diferencian composicional y texturalmente así: *Miembro La Ribera:* quebrada la Ribera, se trata de una pequeña secuencia de areniscas de grano medio a grueso, muy cuarzosas, con algunos niveles de conglomerados cuarzosos. *Miembro Piedras de Moler:* en la sección Cartago-Alcalá, se trata, en general, de una secuencia areno-arcillosa, constituida por una alternancia de litoarenitas, con fragmentos de chert, rocas volcánicas básicas y cuarzo como constituyentes; cemento, carbonatos de calcio y óxidos de hierro; lodolitas, areniscas conglomeráticas y muy delgados niveles de conglomerados. *Miembro Miravalles:* secuencia de conglomerados y areniscas de grano medio a grueso, conglomeráticas, con escasos niveles de areniscas de grano fino y ausencia de lodolitas. Los conglomerados, hacia el tope, son clastosoportados y matriz soportados, a la base.

Localidad-tipo: **Cartago-Alcalá;** quebrada la Ribera, al E de Tuluá; Holguín-Miravalles-Riberalta

Contacto: Sin información

Espesor: Total-3.109 m (Miembro La Ribera: 33 m, Miembro Piedras de Moler 2.535 y Miembro Miravalles 490 m)

Edad: Oligoceno Medio a Superior, con base en relaciones estratigráficas.

Comentario General: Llama la atención la gama de nomenclaturas y subdivisiones, aparentemente, todas de carácter informal, que utilizan los diferentes autores. Esto probablemente se debe a la gran variabilidad en la litología y en especial a la composición de los cantos que componen los bancos de conglomerados y al carácter, no definido, del contacto con la o las formaciones infrayacentes, también relacionadas con el sitio donde se reconoció la Unidad. Además, al parecer, en algunos sectores, se incluyó parte de la Formación infrayacente. Otros autores dan gran importancia a la ausencia de un horizonte fosilífero localizado hacia la parte inferior.

2.7 FORMACIÓN FERREIRA: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: *Formación Ferreira - Miembros Suárez y Cabrera.*

Referencia: Orrego (1975)

Litología: Formación Ferreira se ha dividido en los Miembros Suárez y Cabrera. Hacia en la parte inferior predominan tres capas de conglomerados cuarzosos, intercalaciones de areniscas cuarzosas y algunos niveles de limolitas y shales carbonáceos. En la parte media y superior dominan areniscas y tres capas de areniscas fosilíferas, limolitas, shales carbonáceos y mantos de carbón de forma lenticular; hacia el techo de la Formación, predominan limolitas y algunas concreciones calcáreas de forma elipsoidal.

Localidad-tipo: **Quebrada La Ferreira;** norte del río Timba; San Francisco - Hacienda Altamira; carretable Suárez – La Salvajina y en los ríos Asnazú, Inguító, Dinde, Seguenguito y Guachinte.

Contacto: Reposo en contacto concordante sobre rocas de la Formación Guachinte

Espesor: 500 m

Edad: Mioceno Superior (con base en fósiles identificados por Gutiérrez, D. en Orrego, 1975)

Unidad: *Formación Ferreira - Miembros Suárez y Cabrera.*

Referencia: Mejía (1983)

Litología: *Miembro Suárez* - está compuesto por conglomerados cuarzosos y areniscas conglomeráticas; se presenta un nivel intermedio de arcillolitas grises. En la zona de estudio se observa un nivel arcilloso intermedio con algunas cintas y delgados mantos de carbón, las cuales aumentan de espesor hacia el sur, hasta constituir el *nivel de Bucarica*. *El Miembro Cabrera*, suprayacente, está constituido, en su parte inferior, por arcillolitas con algunas intercalaciones de areniscas grauwáquicas, entre las cuales se intercalan varios mantos de carbón, formando un nivel carbonoso de unos 100 m de espesor que se ha denominado *nivel carbonoso de San Francisco*, por infrayacer el nivel fosilífero de igual nombre y de extensión regional. La parte media del miembro está constituida por arcillolitas calcáreas, fosilíferas, que conforman propiamente *el nivel fosilífero de San*

Francisco el cual, hacia el techo aumenta el contenido de areniscas grauwáquicas y disminuye el contenido fosilífero.

Localidad: Sector del río Pance, entre Cali y Jamundí; carretera Jamundí La Estrella; quebrada Calichal.

Contacto: Sin información

Espesor: .Miembro Suárez 200 m Miembro Cabrera 300 m en la quebrada Calichal.

Edad: Mioceno Superior (con base en fósiles identificados por Gutiérrez, D. – Orrego, 1975)

Unidad: Formación Ferreira

Referencia: Geoparra y Torres (1990)

Litología: **Sección 1.** *Miembro Cabrera* - la base de esta sección está compuesta por arcillolitas compactadas, areniscas masivas, algunos niveles con restos de lamelibranquios y presencia de materia orgánica. Hacia la base, areniscas cuarzosas, conglomeráticas, guijosas, con gradación a areniscas de grano medio. Limolitas masivas, compactas con intercalaciones finas de areniscas cuarzo-feldespáticas y un nivel lenticular de carbón y shale negro con laminillas de carbón y restos de materia orgánica.

Sección 2. *Formación Ferreira* - consta de una serie de areniscas de composición cuarzofeldespática, conglomerados de cuarzo lechoso, guijos de chert y de cuarcitas, en menor proporción y bancos de limolitas.

Sección 3. *Formación Ferreira* - se reconocen cuatro bancos de cuarzoarenitas conglomeráticas (ortocuarzitas) que varían a conglomerados de guijos, intercalados con limolitas muy meteorizadas.

Sección 4. *Formación Ferreira* - se presentan dos niveles conglomeráticos cuarzosos, oligomícticos, intercalados por arcillolitas, hacia la base y cuatro niveles de cuarzoarenitas (ortocuarzitas) hacia la parte superior intercalados con limolitas e interestratificados por cuatro delgados mantos lenticulares de carbón.

Sección 5. *Formación Ferreira* - sección muy mal expuesta; son areniscas cuarzosas meteorizadas formando suelos rojos y un banco de conglomerado con cantos de areniscas en matriz arcillosa.

Sección 6. *Formación Ferreira* - río Guachinte -en la base, un banco de arenisca cuarzosa de grano grueso a conglomerático, con algo de chert negro suprayacidos por dos bancos de conglomerados oligomícticos con guijos de cuarzo lechoso interestratificados con niveles blandos de arcillolitas muy meteorizadas. Parte del miembro superior esta compuesto por un banco masivo de limolitas en contacto con areniscas líticas y con un nivel delgado de shales carbonosos. En contacto fallado, aparece un banco conglomerático con guijos de cuarzo lechoso.

Localidad: **Sección 1:** Hacienda Guanabanal – Piedra Sentada – El Hoyo

Sección 2: Río Seguenguito

Sección 3: Río Dinde-quebrada Agua Negra, Dinde-Cacahual-El Carmelo

Sección 4: Río Inguitó

Sección 5: Suárez-Betulia-quebrada Comedulce

Sección 6: Río Guachinte

Contacto: Con la Formación Guachinte es normal

Espesores: Sección 1: 450 m

Sección 2: 304 m

Sección 3: 320 m

Sección 4: 750 m .

Sección 5: 200 m (mal expuesta)

Sección 6: 5.250 m (2.250 m Miembro Inferior; 300 m, Miembro Superior)

Edad: Mioceno Superior (con base en fósiles identificados por Gutiérrez, D. en Orrego, 1975)

Unidad: Formación Ferreira - Miembro Suárez

Referencia: Van der Hammen (1958)

Litología: “Formación Cauca Superior” - Miembro Suárez - consiste en dos a tres niveles de conglomerados de cuarzo con intercalaciones de arcillas duras o lutitas de color gris azulado.

Localidad-tipo: Población de Suárez

Contacto: Sin información

Espesor: 250 m

Edad: Sin información

Unidad: Formación Ferreira - Miembro Suárez

Referencia: Padilla (1991)

Litología: Miembro Suárez - consta de dos o tres niveles conglomerados de unos 10 a 30 m de espesor, cada uno, de color blanco, con guijarros redondeados de cuarzo (80%), cuarcitas, chert, y diabasas (20%) (“huevos de pato”) e intercalaciones de limolitas arcillosas, laminadas y hasta cinco mantos irregulares de carbón sucio denominado “Los Cafés”, explotables solo en Timba y alrededores.

Localidad: Timba y alrededores

Contacto: Concordante con la Formación Guachinte

Espesor: 200 m

Edad: Sin información

Unidad: Formación Ferreira - Miembro Suárez

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: Miembro Suárez - se reconocen dos o tres niveles de arenitas de grano medio a grueso a conglomerático, hasta conglomerados compuestos por guijos y guijarros de cuarzo lechoso, cuarcita y chert, redondeados a subredondeados, algunos fracturados, friables, hasta niveles muy cementados; intercalaciones delgadas de arenitas limosas y limolitas de coloraciones blanco y blanco grisáceo. Los niveles conglomeráticos se encuentran intercalados por capas y bancos de arcillolitas, arcillolitas laminadas carbonosas, lodolitas y limolitas con materia orgánica y restos vegetales; localmente se presentan cintas y mantos de carbón.

Localidad: Secciones ríos Asnazú y Guachinte; en La Ferreira y La Estrella

Contacto: Los conglomerados descansan discordantemente sobre estratos del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.

Espesor: varía entre 220 y 420 m

Edad: sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro Suárez*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: *Miembro Suárez-* conglomerados oligomícticos intercalados con limolitas grises, cuarzoarenitas y mantos de carbón. El primer conglomerado, de unos 250 de espesor, está compuesto por cuarzo (95%) y fragmentos de chert (5%), varía hacia el techo a una arenisca conglomerática con clastos flotantes de cuarzo, localmente pasa a arena gruesa. y por variación lateral de facies desaparece hacia el sector Las Mercedes, donde pasa concordantemente al conjunto denominado “Los Cafés”, de unos 70 a 80 m de espesor, conformado por intercalaciones de limolitas, cuarzoarenitas y capas de carbón. El segundo conglomerado, de 20 a 30 m de espesor, el cual hacia el Cerro Banderas disminuye a unos 7 m, se caracteriza por ser matriz-soportado hacia el techo y clastosoportado hacia la base, compuesto por cuarzo (90%) y fragmentos de chert (10%), en paquetes métricos que pasan de conglomerados a areniscas conglomeráticas las cuales gradan hasta arena fina. Este banco está suprayacido concordantemente por una secuencia de 50 m de interestratificaciones de cuarzoarenitas finas bien seleccionadas; limolitas con láminas milimétricas de materia orgánica y localmente capas centimétricas de carbón, sobre las que reposa el tercer conglomerado que está constituido por un estrato de unos 30 m de espesor (sector río Guachinte), con clastos de hasta cinco centímetros, compuestos por cuarzo (90%) y líticos (10%), el cual, lateralmente pasa a una arenisca conglomerática, mal seleccionada, de igual composición, hasta desaparecer gradacionalmente entre la quebrada Teteral y río Claro. Los cambios faciales laterales del miembro Suárez están representados por la desaparición gradacional del primer y tercer conglomerado, mientras que el segundo continúa hacia el Norte.

Localidad: Se extiende desde el río Timba hasta el sector del Cerro de La Bandera, río Guachinte y Cerro La Bandera y sector entre la quebrada Teteral- río Claro

Contacto: Sin información

Espesor: 193 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro Bucarica*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: *Miembro Bucarica-* se reconocen ocho vetas explotables de carbón, intercalados entre areniscas de grano medio a grueso, cuarzosas hacia el tope y arcillolitas limosas hacia la base.

Localidad-tipo: “Garganta” de Bucarica”, lado Sur del río Claro, al Sur de Jamundí.

Contacto: Inferior es concordante

Espesor: 100 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro Bucarica*

Referencia: Geoestudios Ltda. (1995)

Litología: En trabajos anteriores la Formación Ferreira ha sido dividida en los Miembros Bucarica, San Francisco y El Palmar. *Miembro Bucarica* - consta de una alternancia de arenitas de color blanco, amarillento y rojizo, grano fino a medio, a veces conglomerático, algunas deleznable; arenitas limosas de color gris, limolitas, arcillolitas, arcillolitas lodosas, algunas abigarradas a amarillo rojizas; nódulos ferruginosos y niveles ricos en materia orgánica, cintas y mantos de carbón, algunos explotables.

Localidad: Secciones ríos Asnazú y Guachinte, en La Ferreira y La Estrella

Contacto: Sin información

Espesor: 116 a 135 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro Bucarica*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: *Miembro Bucarica* - interestratificación de areniscas subfeldespáticas compuestas por 65% de cuarzo, 5% de feldespato y 30% de minerales arcillosos, carbonatos y óxidos de hierro, limolitas y mantos de carbón y restos de hojas y troncos. Las areniscas se encuentran interestratificadas con limolitas.

Localidad: Plan de Morales, Garganta de Bucarica, mina Las Mercedes, vía Jamundí-La Estrella, mina Lili y Cerro de La Bandera

Contacto: Sin información

Espesor: Variable entre 31 m en la mina Lili, Nivel I y 90 m en el sector río Claro.

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro San Francisco*

Referencia: Auteco-Servicio Geológico Nacional (1964)

Litología: “Horizontes Marinos”- “Horizonte de San Francisco”- *Miembro San Francisco* - buenos afloramientos fosilíferos se observan en la región meridional de San Francisco - Timba, principalmente lamelibranchios, braquiópodos, gasterópodos, acompañados por microfauna. El más reciente está por encima de las vetas que se explotan en San Francisco y pertenecen al grupo de estratos denominados “del Coke” (Hubach & Alvarado, 1934). Estos dos horizontes estratigráficos de primera importancia han sido seguidos desde San Francisco, al Sur, hasta cerca de Cali.

Localidad: San Francisco-Timba: Mina de San Francisco, en el grupo de las minas de Timba; en el río Guachinte al este de la mina Bucarica (río Claro), cruzada N° 1 mina del río Lili.

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira Miembro - San Francisco*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: “Estrato Marino de San Francisco” (Bartsch, 1958) – *Miembro San Francisco* -predominantemente limo-arcilloso, caracterizado por la presencia de abundantes fragmentos y restos completos de pelecípodos y gasterópodos, especialmente turriteloides, conformando ocasionalmente verdaderas coquinas.

Localidad-tipo: Oeste de la población de San Francisco, vía Timba-Represa de Salvajina.

Contacto: Sin información

Espesor: 150 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro San Francisco*

Referencia: Geoestudios Ltda, (1995)

Litología: *Miembro San Francisco*- en las secciones del río Guachinte y Ferreira consta de intercalaciones de arenitas lodosas, arenitas líticas, lodolitas y arcillolitas carbonosas, presencia de materia orgánica, cintas y mantos de carbón; se encuentran horizontes con abundantes restos de conchas de bivalvos, gasterópodos y pelecípodos, turritellas y restos vegetales.

Localidad: Río Guachinte y Ferreira

Contacto: Sin información

Espesor: Entre 70 y 120 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro San Francisco*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: *Miembro San Francisco*- esta constituido principalmente por limolitas chamosíticas fosilíferas y arcillolitas interestratificadas con niveles de areniscas y abundantes niveles fosilíferos representados por pelecípodos (pectínidos), gasterópodos (turritellas) y foraminíferos bentónicos; es notorio el predominio de los gasterópodos sobre los pelecípodos.

Localidad: Mina Las Mercedes, carretera Jamundí-La Estrella y mina Lili

Contacto: Sin información

Espesor: Entre 43 y 70 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro El Palmar*

Referencia: Padilla (1991)

Litología: El autor introduce y propone el nombre de *Miembro El Palmar* para designar un conjunto de limolitas y arcillolitas laminadas de colores amarillo pálidos a crema que afloran típicamente en la región de El Palmar al suroccidente de Timba, Valle.

Localidad-tipo: región de El Palmar al suroccidente de Timba (V).

Contacto: Sin información

Espesor: 100 m

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro El Palmar*

Referencia: Geoestudios Ltda, (1995)

Litología: *Miembro El Palmar*- escasas exposiciones de este miembro corresponden a limolitas, arcillolitas y arenitas sucias.

Localidad: Ríos Asnazú y Guachinte; La Ferreira y La Estrella

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Ferreira - Miembro El Palmar*

Referencia: Gómez y Osorio (1996)

Litología: *Miembro El Palmar* - consta de paquetes de limolitas chamosíticas, localmente contiene venas de carbonatos, foraminíferos y laminación plana paralela; se encuentran interestratificados con areniscas de grano muy fino.

Localidad: Sectores de los ríos Guachinte - Jordán, y en la mina Lili

Contacto: Sin información

Espesor: 80 m

Edad: Sin información

Comentario General: no se ha realizado un estudio sistemático de la Formación Ferreira, pues algunos autores reconocen una litología que asignan a toda la unidad, mientras otros, describen uno o más de los miembros en que la Formación ha sido subdividida. La falta de estudios definidos, tanto en la localidad tipo como en sitios donde la unidad o alguno de sus miembros son reconocidos, estableciendo sus límites inferior y superior se demuestra por la gran diferencia en los espesores reportados, ya sea para toda la unidad o para cada uno de sus miembros.

2.8 FORMACIÓN ESMITA: CUENCA CAUCA – PATIA

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: Grosse y Alvarado (1935)

Litología: Los autores, en la región del Patía, como “medioterciario” distinguen tres conjuntos litológicamente diferentes, denominados inferior, medio y superior.

El conjunto inferior (medioterciario inferior), está constituido por areniscas y localmente arcillas pizarrosas con algunos estratos negros carbonosos

El conjunto medio o principal, son areniscas de grano medio a fino que descompuestas toman forma de “bolas y cáscaras” o “bolas de cañón”: Areniscas conglomeráceas y conglomerados no son muy comunes. Se componen de guijos de cuarzo, cuarcitas y liditas hasta del tamaño de la mano. Al oeste de Bolívar, los guijos son de andesita. Alternan arcillas y arcillas pizarrosas con bastante regularidad, con las rocas areniscosas

que ocupan algo más de la mitad del total del perfil del conjunto medio. En planos de estratificación y fisuras se observan cristalizaciones de yeso e intercalaciones de arcillas pizarrosas que ocasionalmente contienen cintas de y bancos carbón, como en la región de San Joaquín; además se observan varios horizontes fosilíferos con individuos de pocas especies de gasterópodos y lamelibranquios; en algunos lugares se encuentran bancos de lumaquelas formados casi exclusivamente, por ostras. Una capa de dolomita arcillosa, de unos 10 metros, reposa sobre las arcillas. Al oeste del Alto Socavón y en Tintalito, entre las arcillas y la dolomita, se observa una transición gradual, lo mismo que entre las arcillas ferruginosas y el manto de hematita que reposa sobre un cuerpo de serpentina.

En *el conjunto superior* se observan conglomerados lidíticos que alternan con areniscas y arcillas; los guijos de lidita y cuarcita, algunos andesíticos; son redondos y tienen un tamaño que varía entre el de un huevo y de una mano; son más pequeños en muchos bancos, teniendo el tamaño de una nuez y en otros son guijos gruesos del tamaño de una cabeza.

Localidad: Río Esmita, quebradas Seca, Alumbral, Mayagrande, Capellanías; camino a La Manguita y quebradas Playa, Tigres; al oeste del Alto Socavón y Tintalito, camino de Mercaderes; al oeste de El Bordo camino de Pulido; en ambos flancos del valle del Guachicono, Loma Burrera a la quebrada Playa; al norte y sur de la quebrada Huevos, (valle del Guachicono), en la bajada de La Venta al valle del río Timbío, en el camino de Quilcasé, loma de Ambato, al norte de El Bordo

Contacto: Sin información

Edad: Eoterciario Medio equivale a Terciario Medio que a su vez es equivalente a Mioceno Inferior y Medio(es basada en los “Horizontes Fosilíferos”)

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: León, Padilla y Marulanda (1973)

Litología: Debido a la inexistencia de un nombre formal para esta unidad, los autores proponen designar la “*Formación Esmita*”. Está constituida por una secuencia discordante de limolitas fosilíferas en la base, areniscas sucias de color gris verdoso en la parte media y material volcánico en la parte superior. Toda la secuencia presenta un color gris verdoso y negrusco y meteoriza a colores rojo hígado y rojo ladrillo.

Localidad: Quebrada Seca, río Esmita, río Timbío, cerca a la población del Tambo (Cauca).

Contacto: Sin información

Espesor: Miembros Limolítico Fosilífero 233 m, en quebrada Seca.

Miembro Arenáceo 217 m

Miembro Conglomerático 222 m

Edad: Mioceno Superior (en base a la presencia de fauna)

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: Según Orrego (1975)

Litología: Constituida principalmente por limolitas bastante macizas de color negro, a veces con estratificación fina a gruesa, areniscas grises de grano medio a grueso, capas de areniscas fosilíferas, pocas intercalaciones de shales carbonáceos y un conglomerado cuarzo de unos 3 metros de espesor. Algunas capas de areniscas y de limolitas presentan concreciones. El conglomerado basal varía de espesor; en la quebrada Sombrerillo es de 12 m

Localidad: Río Pedregosa, río Piendamó, quebrada Sombrerillo, río Mazamorrero y río Teta

Contacto: Con la Formación Ferreira es discordante

Espesor: 340 m

Edad: Por posición estratigráfica y contenido fósil se le asigna una edad Mioceno Superior

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: Martínez y Rubio (1991)

Litología: *Unidad Tectosedimentaria IV; corresponde al Miembro limolítico-Fosilífero y Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.* Aparece en su totalidad en la sección de la quebrada Seca (SQS) donde se dividió en tres megasecuencias. La Unidad está caracterizada por la existencia de cuerpos de arenitas cuya composición varía de base a tope, disminuyendo el cuarzo monocristalino (20-5%), cuarzo policristalino (20-5%), fragmentos de micas y esquistos micáceos (15-5%) y aumentando los fragmentos de matriz de rocas volcánicas (riolitas? -dacitas?) (20-35%), plagioclasa, zonada, maclada y feldspatos (15-35%) y cuarzo volcánico (0-10%). El cemento es silíceo-calcareo-arcilloso. Las facies finas y los horizontes fosilíferos de gasterópodos y bivalvos llegan a constituir un 60% de un nivel fosilífero con una posición caótica. Nódulos calcáreos concéntricos hasta llegar a conformar un nivel calcáreo, madrigueras boliformes ramificadas y delgados niveles de yeso. La bioperturbación es moderada.

Megasecuencia A: Con un espesor total de 620 m En SEB solo se aprecia 350 m basales donde su rasgo principal son paquetes de arenitas de hasta 150 en un 31% del total medido. En SQS se presentan en un 10% del total, capas individuales de 1 m

Megasecuencia B: Se midieron en SQS 4550 metros, solo donde las capas de arenitas se presentan agrupadas en paquetes de 5 metros promedio en un 15% del total. En estas dos megasecuencias predominan las arenitas de tamaño de grano medio.

Megasecuencia C: De 375 metros, con un 25% de arenitas de grano grueso a medio en paquetes de 10 metros en promedio. Las facies finas se caracterizan por la disminución de horizontes fosilíferos, madrigueras, nódulos y material carbonoso. En esta megasecuencia hacia su tope aparecen clastos de pórfidos andesíticos y basaltos.

Localidad: Secciones Quebrada Seca (SQS). El Boquerón (SEB)

Contacto: Sin información

Espesor: Megasecuencia A: espesor de 620 m En SEB solo se aprecian los 350 m basales; Megasecuencia B: 455 metros, solo se midió en SQS; Megasecuencia C: de 375 metros

Edad: El lapso bioestratigráfico analizado es Oligoceno a Mioceno Inferior (?)

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: Geoestudios Ltda, 1995

Litología: Consta de una secuencia de arcillolitas y limolitas lodosas, abigarradas, algunos niveles de areniscas de grano fino a medio, sucias; capas tabulares a lenticulares, laminación continua paralela a ondulosa no paralela. En los alrededores del caserío de Asnazú, se encuentran, en lodolitas rojizas, restos mal conservados de fragmentos de conchas. Entre Honduras y Buenos Aires, aparentemente a la base, se presentan arcillolitas, lodolitas, limolitas y arenitas lodosas sucias que son atravesadas por una roca de dique (dacita porfírica?) de aproximadamente 3 m de espesor. Rocas semejantes pero muy meteorizadas, alteradas y fracturadas y diaclasadas afloran al Sur de Buenos Aires, cerca al Río Teta; allí los diques corresponden a rocas basálticas (latitas?). Encima se encuentran niveles conglomeráticos y conglomerados, desordenados, matriz soportados, formados por guijos y gujarros compuestos principalmente por rocas volcánicas, ígneas, cuarzoarenitas y cuarzo; localmente, hacia la base, se observan láminas con estrías de fricción, enriquecidas con materia orgánica que forman pátinas rodeando los cantos del conglomerado; delgados niveles muy tobáceos, cenizas y tobas vítreas están presentes. Hacia la parte más superior la alteración y meteorización es más intensa, generando suelos arcillosos y arcilloarenosos.

Localidad: Secciones ríos Asnazú y Guachinte, en La Ferreira y La Estrella

Contacto: Con el Miembro El Palmar no se observó; se infiere discordante

Espesor: Sin información

Edad: Sin información

Unidad: *Formación Esmita*

Referencia: León, Padilla y Marulanda (1973)

Litología: Subdividen la Formación en tres Miembros. Limolítico-fosilífero, Arenáceo y Conglomerático. *El Miembros Limolítico-fosilífero* - está constituido por bancos de limolitas, de 1 a 9 m de espesor, bien laminadas y concreciones calcáreas singenéticas, algunas veces fosilíferas. Contiene abundante fauna de gasterópodos y pelecípodos entre los que *Balcis sp.* y *Mytilus sp.* son los más abundantes y comunes. La concentración de conchas e individuos completos llega a constituir niveles coquináceos. De la misma naturaleza, hay estratos con restos de conchas de ostras muy gruesas y fragmentadas. También se encuentran intercalaciones de calizas masivas hasta de 50cm de espesor. Macroscópicamente las limolitas presentan granos angulares de cuarzo clástico, feldespatos y fragmentos de cuarcita y chert, en una matriz arcillosa-sericítica. La cantidad de feldespato varía, pero nunca es mayor del 20%, mientras que el contenido de cuarzo es mayor del 40%, estos porcentajes, permiten clasificar la roca como limolita con una composición de waca cuarzosa, con variaciones a waca feldespática. Las calizas

presentan una pasta micrítica con granos angulares de cuarzo y corresponde a una caliza micrítica-detrítica. *El Miembro Arenáceo*, ocupa la parte central de la cuenca del río Patía y está constituido por areniscas generalmente masivas e intercalaciones de limolitas con una fauna de gasterópodos y lamelibranquios (*Balsis sp.* y *Mytilus sp.*) en menor cantidad que en el Miembro fosilífero inferior. Se observan concreciones calcáreas singenéticas e intercalaciones lenticulares, delgadas, de carbón y estratos conglomeráticos con guijarros subredondeados de basalto y chert y bancos menores a 1 m de caliza masiva, lenticular. En algunos estratos se nota estratificación cruzada, moldes de oleaje, y moldes de flujo; minerales pesados, magnetita. *El Miembro Conglomerático* lo constituyen bancos de 150 m de espesor compuestos por guijos y guijarros de chert, cuarcitas, basaltos, basaltos amigdalares, diabasas, esquistos, areniscas conglomeráticas cuarzosas y por primera vez, fragmentos de pórfidos andesíticos. El predominio de guijos y guijarros sobre la matriz lo coloca dentro de los ortoconglomerados. La parte superior de este miembro se compone de limolitas, areniscas y tufitas.

Localidad: En el Río Esmita, en las quebradas Seca, Sachamates, Montero, María Grande y al este del caserío de Juana Castaña, Bojoleo al noreste del caserío La Alianza

Contacto: Sin información

Espesor: El Miembro Limolítico Fosilífero tiene un espesor de 233 m

El Miembro Arenáceo es de 217 m en la quebrada Seca

El Miembro Conglomerático es de 222 m en la quebrada Seca

Edad: Para León, Padilla y Marulanda (1973) y Orrego (1975) es Mioceno Superior; mientras que para Martínez y Rubio (1991) es Oligoceno a Mioceno Inferior.

Comentario General: Igualmente, los estudios realizados se han elaborado en diferentes sitios del área Cauca-Patía y los diferentes autores utilizan para su descripción muy diferentes nomenclaturas: para unos equivale a una unidad, para otros a varios conjuntos o megasecuencias y para otros a varios miembros; no se fijan claramente los límites inferior y superior utilizados. Esto hace que tanto las descripciones litológicas como los espesores sean muy variables. Es de resaltar que la presencia de dataciones palinológicas le dan mayor solidez a las edades asignadas, en relación a las edades adjudicadas a las demás formaciones estudiadas.

3 LITOESTRATIGRAFÍA

Para el análisis estratigráfico de cada columna se tuvo en cuenta las características faciales más importantes, tales como granulometría, la geometría externa e interna y contactos de los estratos, las estructuras físicas y biogénicas presentes, el contenido fósil y otras características adicionales como el color, las fracturas, la porosidad visual y el registro de Gamma Ray, tomada cada treinta centímetros así como los resultados de los diferentes análisis de laboratorio y las fotografías tanto de afloramiento como de detalle.

3.1 DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Para uniformizar la descripción de las columnas estratigráficas levantadas (Anexo 3), se implementó el siguiente orden:

- Sector
- Sección
- Localización y acceso
- Segmentos
 - Descripción e Interpretación de Litofacies (Tabla 3-1, Tabla 3-2 y Anexo 6)
 - Asociaciones de Facies (Tabla 3-3 y Anexo 7)
 - Interpretación de Ambientes.
 - Contactos.

Se describen las secciones por segmentos a los cuales se les asignan las litofacies, y una definición de las asociación de facies y finalmente una interpretación del sistema(s) de depósito(s), para complementar la información se utilizó los datos de Gamma Ray, los resultados de los diferentes análisis de laboratorio y las fotografías ilustrativas (Anexos 4, 9, 10, 11,12 y 13)

En total fueron descritas **28** litofacies principales las cuales se agruparon de acuerdo a su textura y composición en 7 clases: 1. Conglomerados; 2. Arenitas conglomeráticas; 3. Arenitas; 4. Facies heterolíticas; 5. Facies de sedimentitas finas; 6. Facies calcáreas; 7. Otras Facies. Para la definición de las facies se tuvo en cuenta la litología, las estructuras sedimentarias físicas, biogénicas y otros atributos (Tabla 3-1). Los códigos de las facies completas se presentan en la Tabla 3-2 y en el Anexo 6, junto con su respectiva descripción e interpretación. Las facies se nombraron en su mayoría de acuerdo a la metodología implementada por Miall (1977), pero adaptada y traducida al español. En general la primera y en ocasiones la segunda letra van en mayúsculas y representan la litología. Por ejemplo **A**: Arenita; **AC**: Arenita conglomerática. La segunda y en

ocasiones la tercera letra (en minúscula) indica el tipo de estructura física interna. Por ejemplo **Ai**: Arenitas con laminación inclinada; **Fo**: Lodolitas con laminación ondulada; **ACh**: Arenita conglomerática homogénea. La siguiente letra, en minúscula, se refiere a una característica más específica. Por ejemplo **Aia**: arenita con estratificación inclinada en artesa. **Wkpp**: *wackestone* con laminación plana paralela. La separación con guión (-) hace referencia a una característica adicional como por ejemplo **Fpp-v**: arcillolita con laminación plana paralela y fragmentos vegetales; **Ao-c**: arenitas con laminación ondulada carbonosa y generalmente corresponden a litofacies subordinadas.

Una vez definidas las facies presentes en todas las columnas, estas fueron agrupadas en asociaciones de facies que permitieron llegar a la interpretación de sus ambientes y sistemas, los cuales son relacionados en la Tabla 3-3.

Tabla 3-1. Cuadro resumen de nomenclaturas utilizadas en la definición de los códigos de facies.

LITOLOGÍA		ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS		OTROS ATRIBUTOS	
C	Conglomerados	i	Inclinada de ángulo bajo	-v	Fragmentos vegetales
AC	Arenita conglomeráticas	a	Inclinada en artesa	-c	Carbonosa
A	Arenitas	t	Inclinada tangencial a la base	-con	Concreciones
F	Lodolitas (Arcillolitas y limolitas)	p	Inclinada planar	-f	Fosilífera
		s	Inclinada sigmoidal		
I	Interlaminaciones de arenitas y lodolitas	pp	Plana paralela		
		h	Homogénea		
W	Wackestone	fl	Flaser		
Md	Mudstone	o	Ondulada		
C	Carbón	len	Lenticular		
DB	Diabasa	b	Bioperturbada		

Tabla 3-2. Cuadro resumen de descripción e interpretación de facies (modificado de Miall, 1977).

LITOFACIES		DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
Facies de Conglomerados	Ccsh	Conglomerado clasto-soportado homogéneo a pobremente organizado.	Barras de grava formadas por corrientes con abundante carga de arrastre bajo un régimen de flujo alto, características de barras de rezago.
	Cmsh	Conglomerado matriz soportado homogéneo.	Flujos por gravedad de alta energía en medios viscoelásticos.
	Cmsg	Conglomerado matriz-soportado gradado.	Flujos por gravedad de alta energía se presentan en pulsos menguantes en el tiempo sobre medios viscoelásticos.
	Ccsi	Conglomerado clastosoportado con estratificación inclinada.	Formación y migración de núcleos de barras sobre el fondo del cauce tales como transversales, complejas, longitudinales y barras de desembocadura.
	Cmip	Conglomerado matriz-soportado con estratificación inclinada planar.	
Facies de Arenitas Conglomeráticas	ACg	Arenita conglomerática gradada.	Material transportado como carga de fondo en las corrientes, la mezcla de material ocurre por variaciones de energía y turbulencia en el flujo, flujos de alta energía menguantes en el tiempo.
	Acip	Arenita conglomerática con estratificación inclinada planar	Formación y migración de núcleos de barras sobre el fondo del cauce tales como transversales, complejas, longitudinales y barras de desembocadura.
Facies de Arenitas	Aia	Arenita con laminación inclinada en artesa.	Migración lateral de cuerpos arenosos, ondulas o dunas tridimensionales (3D), sobre regimenes de flujo moderados a altos, en condiciones de corrientes unidireccionales por corrientes tractivas.
	Ait	Arenita con laminación inclinada tangencial a la base.	Migración de campos de dunas sobre el fondo del cauce, o acreción lateral de barras de meandro por corrientes tractivas sobre regimenes de flujo moderados a altos, en condiciones de corrientes unidireccionales.
	AI	Arenita con laminación inclinada de bajo ángulo.	En regimenes de flujo intermedio en la transición de flujos altos y bajos.
	Aip	Arenitas con estratificación inclinada planar.	Migración lateral de cuerpos arenosos bidimensionales (dunas de crestas rectas 2D), sobre regimenes de flujo bajos en condiciones de corrientes unidireccionales, se producen por transporte tractivo.
	Ais	Arenita con laminación inclinada sigmoidal.	Depósitos bajo condiciones hidráulicas fluctuantes, por acción de corrientes o de oleaje que causa la acumulación alterna de arena y sedimentos finos; acreción lateral en ambientes intermareales.
	Ao	Arenitas con laminación ondulada.	Migraciones de formas onduladas en condiciones de corrientes oscilatorias y unidireccionales producto de condiciones de regimenes de flujo bajos.
	Ah	Arenitas homogéneas.	Depósitos de alta energía generados por dispersión en flujos concentrados; también pueden corresponder al resultado de intensa actividad biogénica (animal y vegetal); producto intensa meteorización.
	App	Arenitas con laminación plana paralela.	Acción de flujos laminares, unidireccionales, viscosos y turbulentos.
	Ab	Arenita bioperturbada.	Ambientes de baja energía y tasa de sedimentación baja que hacen posible la colonización de organismos limofagos que explotan el sedimento arcilloso como alimento. En altas energías los organismos toman el alimento desde la suspensión (suspension feeders).
	Afi	Arenita con laminación flaser.	Depósitos bajo condiciones hidráulicas fluctuantes, por acción de corrientes o de oleaje que causa la acumulación alterna de arena y sedimentos finos.
	Facies Heterolíticas	Ipp	Interlaminaciones arenita-lodolita con laminación plana paralela.
Io		Intercalaciones de arenita-lodolita con laminación ondulada y ligeramente ondulada.	Intermitencia de procesos de acumulación de sedimentos por tracción y por suspensión, sometidas a la acción de corrientes unidireccionales u oscilatorias en condiciones de regimenes de flujo bajos.
Facies de Sedimentitas Finas	Flen	Sedimentitas Finas con laminación lenticular.	Fuctuaciones en la intensidad de la corriente y/o por variaciones en el suministro de sedimento.
	Fo	Sedimentitas Finas con laminación ondulada (wavy bedding).	Acumulación de material fino en fondos de depósito relativamente tranquilos con influencia de flujos multidireccionales o fluctuantes, mezcla de transporte y deposición por suspensión y por tracción en donde no existe un adecuado suministro de arena o limo.
	Fh	Sedimentitas Finas homogéneas.	Acumulación por acrecentamiento vertical a partir de partículas en suspensión en un régimen de flujo bajo, en donde el aspecto homogéneo es producto de la meteorización.
	Fpp	Sedimentitas Finas con laminación planoparalela.	Depósitos por acreción vertical de material en suspensión sobre un fondo llano, no agitado, en algunos casos bajo condiciones anóxicas.
Facies de rocas calcáreas	Wkpp:	Wackestone con laminación plana paralela.	Producidas por acumulación vertical por suspensión con remanentes de plankton precipitados desde aguas superficiales, mezclados con lodo terrígeno.
	Mdpp	Caliza (Mudstone) con laminación plana paralela.	Sedimentación por suspensión.
	Mdh	Caliza (Mudstone) homogéneo.	Sedimentación por suspensión en donde el aspecto homogéneo puede ser el producto de alteración posterior al depósito.
Otras Facies	C	Carbón, lignito y lodolita carbonosa.	Material en suspensión en terrenos pantanosos vegetados en climas húmedos de condiciones tropicales.
	DB	Diabásico.	Producto de flujos magmáticos en arcos volcánicos o de fondo oceánico.

Tabla 3-3. Cuadro resumen de códigos de asociaciones de facies y ambientes de depósito presentes en las unidades estudiadas de la cuenca Cauca-Patía.

ASOCIACIONES DE FACIES	AMBIENTE	SISTEMAS
A1	Abanicos aluviales proximales	ABANICOS ALUVIALES(A)
A2	Abanicos aluviales distales	
B1	Ríos trezados proximales	RÍOS TRENZADOS (B) *
B2 – B3	Ríos trezados distales	
C1	Barras de Orillal 1	RÍOS MEANDRIFORMES (C - D)
C2	Barras de Orillal 2	
D1a	Canales menores o secundarios	
D1b	Canales de desborde	
D2	Llanuras de inundación	
D3	Charcas o Lagos someros	
E1	Llanura mareal lodosa	ESTUARINO (E)
E2	Llanura mareal lodo arenosa	
E3	Marismas y pantanos	
E4	Canales mareales	
F1	Frente de playa / anteplaya	PLAYA (F)
G1	Plataforma interna somera calcárea	MARINO SOMERO (G)
G2	Plataforma media somera	
H1	Abanicos deltas (<i>fan delta</i>)	MARINO SUBMAREAL (H)

Los ambientes y las asociaciones de facies de todas las secciones se encuentran ampliamente discutidos, e ilustrados en el Anexo 7.

**En este trabajo se diferencian los sistemas de abanicos aluviales de los de ríos trezados (Ver Asociaciones de facies Anexo 7).*

En el desarrollo del trabajo se describieron diez (10) columnas estratigráficas en nueve (9) secciones, como se muestra en la Figura 3-1 y discriminadas así:

- Una columna estratigráfica en el Sector Cauca Norte
- Cuatro columnas estratigráficas en el Sector Cauca Sur
- Cinco columnas estratigráficas en el Sector Patía

Por último, en la Tabla 3-4 se encuentra un cuadro resumen con las secciones estudiadas, donde se identifican las formaciones y miembros aflorantes, el número de segmentos en que fue dividida, el espesor total de la sección, el espesor de afloramiento neto y la localidad donde fue descrita.

Todas las secciones estudiadas fueron divididas en segmentos de acuerdo a sus características litofaciales y se identificaron sus principales rasgos en tablas resumen

donde se presentan las facies dominantes y subordinadas, contactos, ubicación y espesor aflorante.

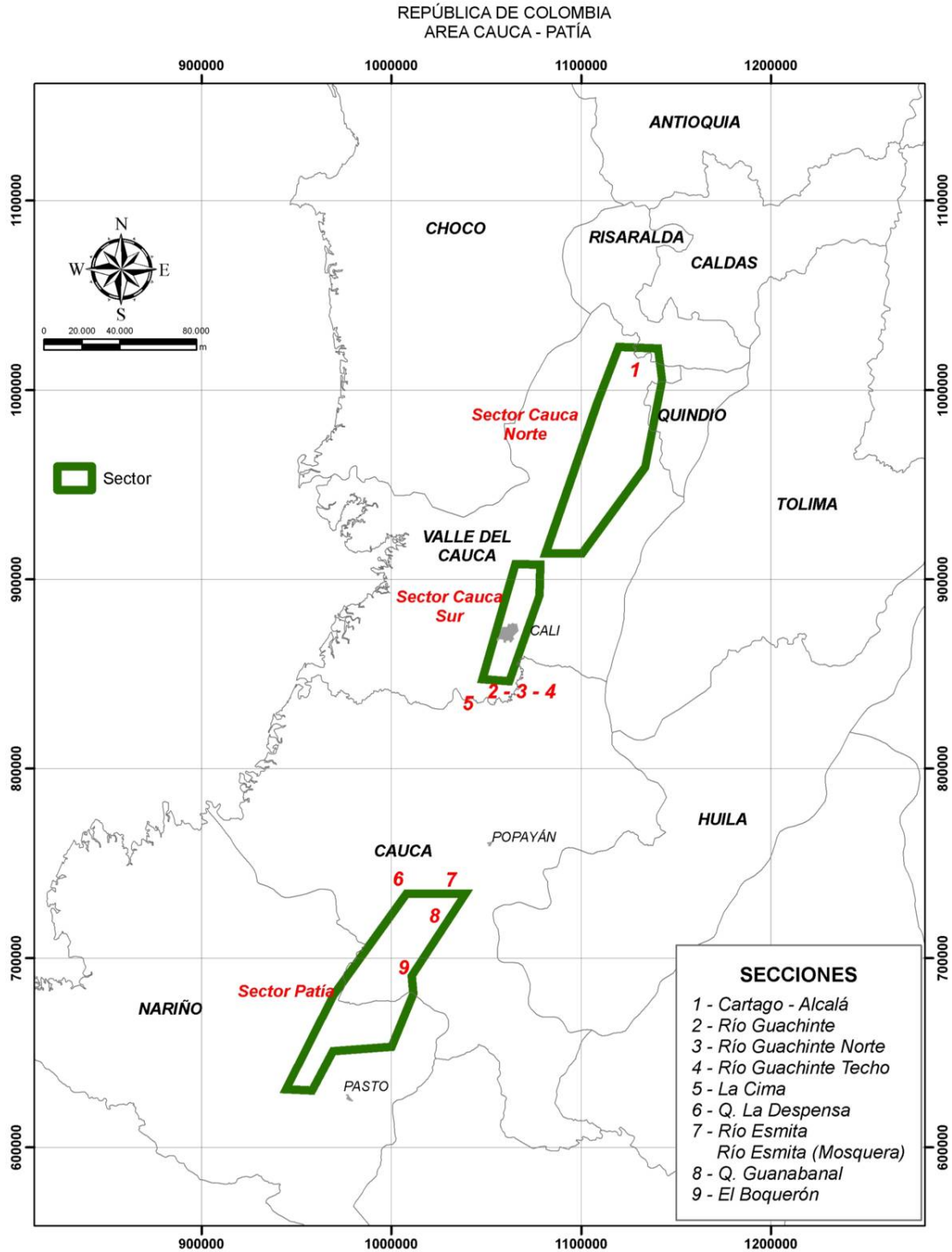


Figura 3-1. Mapa de localización de las secciones descritas.

Tabla 3-4. Cuadro resumen de las 10 columnas estratigráficas levantadas con formaciones y miembros, número de segmentos, espesor total y espesor en afloramiento y localidad.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	FORMACIONES (Fm) y MIEMBROS (Mbro)	SEGMENTOS	ESPESOR (m)		LOCALIDAD
			TOTAL	AFLORANTE	
Cartago–Alcalá (CA)	Fm. Cinta de Piedra	16 (A a P)	1.803	1.009,50	Carretera Cartago - Alcalá
La Cima (LC)	Fm Chimborazo: Mbro Loma Larga; Fm Guachinte, Mbro La Cima, base de Mbro Los Chorros.	8 (A a H)	738	527	Cuchilla Las Piedras
Río Guachinte (RG)	Fm Guachinte: base Mbro La Cima, Mbro Los Chorros, Mbro La Leona y base y parte media Mbro La Rampla.	5 (A a E)	456	369	Río Guachinte
Río Guachinte Norte (RGN)	Fm Guachinte, Mbro La Rampla	3 (A a C)	306	184	
Río Guachinte Techo (RGT)	Fm Guachinte: Mbro La Rampla; Fm. Ferreira: Mbro Los Suárez	6 (A a F)	310	239	
Río Esmita (RE)	Grupo Diabásico; Fm Peña Morada: Mbro Calcáreo, Mbro Conglomerático	7 (A a G)	169,5	168	Río Esmita
Río Esmita (Sector Mosquera)	Fm Peña Morada: techo Mbro Conglomerático; Fm. Mosquera	2 (A a B)	42,5	42,5	
Quebrada Guanabanal (QG)	Grupo Diabásico; Fm Mosquera; Fm Esmita: Mbro Limolítico Fosilífero, Mbro Arenáceo, Mbro Limolítico Rojizo.	22 (A a V)	1.078,50	776,3	Quebrada Guanabanal
Quebrada La Despensa (QLD)	Grupo Diabásico; Fm Mosquera; Fm Esmita: Mbro Limolítico Fosilífero, Mbro Arenáceo, Mbro Limolítico Rojizo.	11 (A a K)	914,5	603,8	Quebrada La Despensa
El Boquerón (EB)	Grupo Diabásico; Fm Mosquera; Fm Esmita: Mbro Limolítico Fosilífero, Mbro Arenáceo, Mbro Limolítico Rojizo.	9 (A a I)	715	640,1	Vía El Bordo - Bolívar

SECTOR CAUCA NORTE

El sitio escogido en este sector para el levantamiento de la columna estratigráfica, por la Interventoría y Geoestudios Ltda, corresponde geográficamente al flanco occidental de la Cordillera Central, en las denominadas Lomas Canaleja y Aguas Coloradas, Inspección de Policía de Piedra de Moler, en la carretera pavimentada que une a los municipios de Cartago (Departamento del Valle del Cauca) y Alcalá (Departamento del Quindío).

En el área se describió la denominada **Sección Cartago-Alcalá (CA)**; su base está localizada en cercanías de la hacienda La Rivera y el techo, en el descenso de las lomas Canaleja y Aguas Coloradas, hacia el río La Vieja.

3.2 SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra

En la **Sección Cartago-Alcalá (CA)** fueron descritos 1.803 m de columna estratigráfica a escala 1:200 de los cuales afloran 1.009,50 m los restantes 793,50 m están cubiertos; se registraron 3.448 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 576 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.1, 4, 5 y 9). Esta sección corresponde a la Formación Cinta de Piedra (Figura 3-2). En el sector de la base se describieron sedimentitas del Neogeno que cubren la secuencia de interés en discordancia angular, cartografiadas por Ingeominas como flujos de lodos volcánicos, mientras que McCourt (1984) la denomina Formación Armenia; este nivel sólo fue tenido en cuenta para determinar el inicio de la sección.

3.2.1 Localización y acceso.

Está localizada en las planchas topográficas 224-III-A y 224-III-B, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 1.014.622 y W = 1.133.273 y finaliza en las coordenadas N = 1.013.982 y W = 1.135.079; fueron levantados 102 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 96E$ al punto final (Anexo 2-1).

Para acceder a esta sección se toma la carretera que une a los municipios de Cartago y Alcalá; su inicio, en el $\Delta 0$, se localiza en el Km 4 a una altura de 1.132 msnm, en cercanías de la hacienda La Rivera y termina en el $\Delta 96E$ a una altura de 1.133 msnm, al SE de una ladrillera sin nombre en el descenso de las lomas Canaleja y Aguas Coloradas, hacia el río La Vieja.

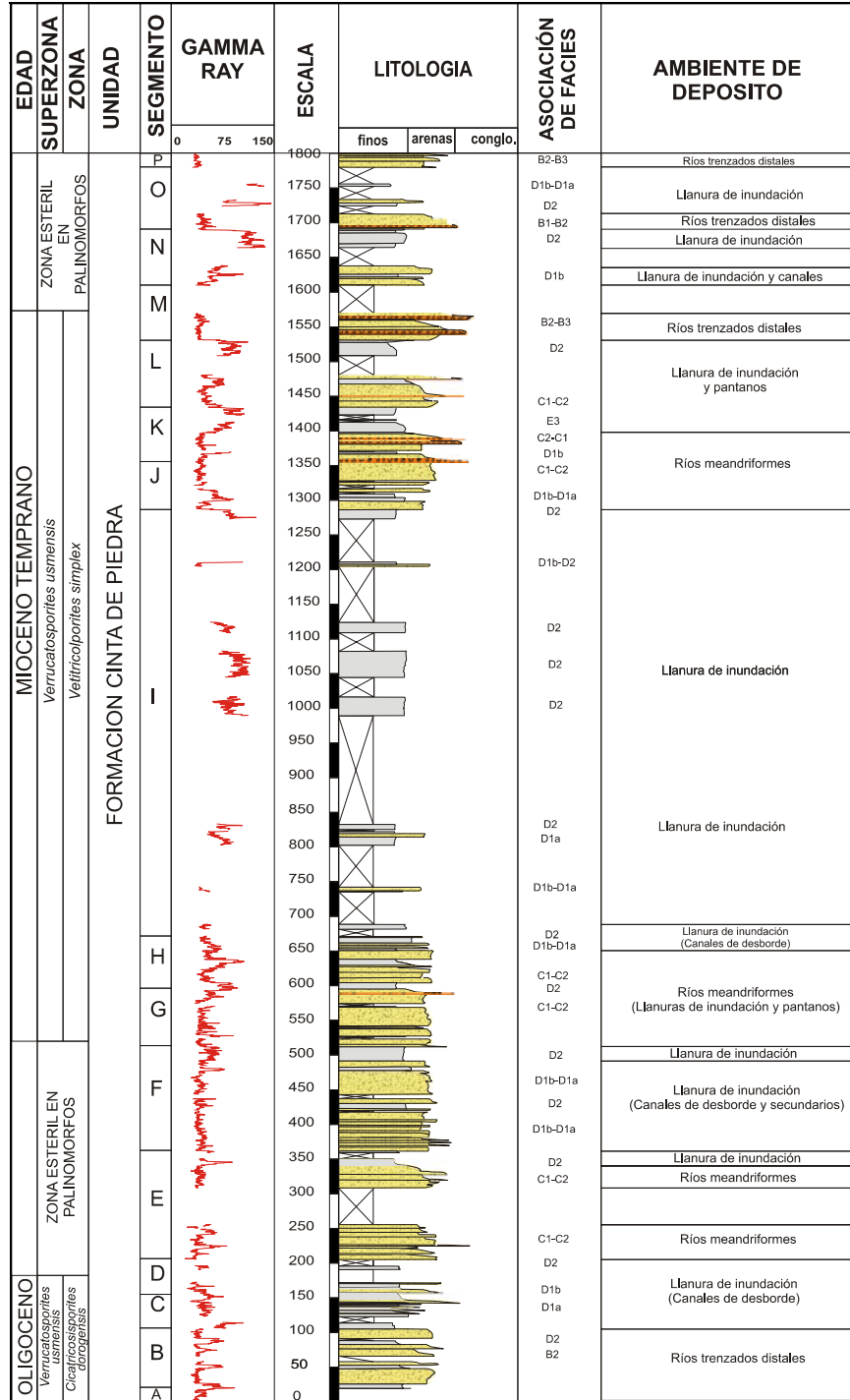


Figura 3-2. Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.

3.2.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

La sección se dividió en dieciséis segmentos que fueron ordenados de base a techo desde el Segmento A hasta el Segmento P, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-5 y en la Figura 3-2, se resumen las principales características.

Segmento A: Fue definido entre los metros 0 y 18,5, ubicado en la poligonal entre $\Delta 0$ y $\Delta 1$ donde la litología dominante es arenita tobácea, correspondiente a sedimentitas del Neogeno. Este segmento pertenece a la Formación Armenia. *Contacto:* Reposo en forma discordante sobre las arenitas del segmento B.

Segmento B: Es observado del metro 18,5 al 105,2, con espesor de 86,7 m y corresponde en la poligonal a los $\Delta 1$ al $\Delta 5$; la litología dominante son litoarenitas y sublitoarenitas con laminación plana paralela (**App**), homogéneas (**Ah**). También son frecuentes las arenitas con laminación inclinada e inclinada planar (**Ai**, **Aip**) con líticos de cuarzo lechoso y chert, los cuales localmente pueden llegar hasta el 30 %; las facies finas comprenden lodolitas homogéneas (**Fh**), laminación ondulada (**Fo**), con restos vegetales, materia orgánica carbonosa y locales icnofósiles (Figura 3-3). Como facies subordinadas se presentan arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar, conglomerados matriz soportados gradados (**ACip**, **Cmsg**) y arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**). Las facies gruesas conforman secuencias granodecrecientes generalmente incompletas. *Contacto:* La base del segmento inicia con lodolitas homogéneas (**Fh**), no se observa el contacto con las arenitas tobáceas del Segmento A.



Figura 3-3. Banco de limolita roja, suprayacido por paquetes métricos de arenita con gradación normal.

Tabla 3-5. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Cartago Alcalá (CA).

SECCIÓN CARTAGO-ALCALÁ				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: Arenitas tobáceas?		0-18.5	17,7
B	FD: Arenitas líticas con laminación plana paralela (App) y homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada e inclinada planar (Ai , Aip); las facies finas comprenden lodolitas homogéneas (Fh), con laminación ondulada (Fo). FS: arenitas conglomeráticas laminadas, inclinada planar, conglomerados matriz soportados gradados (ACip, Cmsg), arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait).	Cubierto	18.5-105.2 -86,7	76,2
C	FD: Facies heterolíticas de interposiciones arenita-lodolita, limolitas-arcillolitas, arcillolita-arenita con laminación ondulada y plana paralela (Io , Ipp), arcillolitas carbonosas, con laminación ondulada (Fo-c) o carbón (C). FS: arenitas líticas y/o feldespáticas con laminación ondulada (Ao) y ondulada carbonosa (Ao-c) o con fragmentos vegetales (Ao-v).	Cubierto	105.2-157.2 -52	42,2
D	FD: Lodolitas laminadas (Fo , Fpp), homogéneas (Fh) y arenitas líticas a feldespáticas homogéneas (Ah) y laminación ondulada, carbonosas (Ao-c). FS: carbón (C).	Neto ondulado	157.2-205.5 -48,3	20,2
E	FD: Las litologías dominantes son cuarzoarenitas a arenitas líticas homogéneas (Ah), arenita con laminación plana paralela (App). FS: arenitas con laminación inclinada planar, ondulada (Aip y Ao), arenitas conglomeráticas con estratificación cruzada planar (ACip) y facies finas de lodolitas con materia orgánica carbonosa, homogéneas, laminadas (Fh, Fo).	Cubierto	205.5-362 -156,5	91,9
F	FD: Arenitas líticas a feldespáticas con laminación plana paralela, con frecuencia carbonosas, (App , App-c) y arenitas homogéneas (Ah). FS: arenitas onduladas e inclinada planar (Ao Aip); lodolitas laminadas plana paralela y ondulado (Fpp y Fo) con altos contenidos de materia orgánica carbonosa y restos vegetales.	Neto ondulado	361.7-512.8 -151,1	139,4
G	FD: cuarzoarenita o arenita lítica con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai). FS: como facies subordinadas se presentan arenitas con laminación plana paralela, ondulada y homogénea (App, Ao, Ah); lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), ricas en materia orgánica carbonosa y puntualmente, restos de plantas y carbones (C).	Neto irregular.	512.8-589.2 -76,4	69,9
H	FD: Arenitas feldespáticas y líticas con laminación plana paralela, carbonosas, (App , App-c) separadas por facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), localmente con fragmentos de plantas y arcillolitas homogéneas (Arh). <i>Parte media:</i> arenitas con estratificación inclinada (Ai). FS: arenitas homogéneas (Ah), con laminación ondulada (Ao). <i>Base:</i> arenita conglomerática gradada (ACg).	Neto irregular.	589.2-672.5 -83,3	83,3

SECCIÓN CARTAGO-ALCALÁ				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>ES</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
I	<u>FD</u> : lodolitas homogéneas y lodolitas arenosas con laminación ondulada (Fh, Fo); <u>ES</u> : subarcosas a sublitoarenita con laminación ondulada y homogénea (Ao, Ah). <i>Base</i> : interposiciones de lodolitas-arenitas plana paralela (Ipp).	Cubierto	672.5–1289.3 -616,8	138,8
J	<u>FD</u> : arenitas lodosas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), y arenitas homogéneas (Ah). <u>ES</u> : arenitas con laminación inclinada tangencial a la base y en artesa (Ait, Aia), facies heterolíticas onduladas (Io) y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp).	Neto irregular	1289.3–1359 -69,7	59,5
K	<u>FD</u> : Arenitas feldespáticas y líticas homogéneas (Ah) y arenitas conglomeráticas gradadas con intraclastos arcillosos a la base (ACg). <i>Techo</i> : lodolitas con laminación plana paralela (Fpp). <u>ES</u> : arenitas con laminaciones plana paralela e inclinada planar y en artesa (App, Aip, Aia) e interposiciones con laminación ondulada de litoarenitas-arcillolitas (Io).	Neto irregular	1359–1437.7 -78,7	66,5
L	<u>FD</u> : cuarzoarenitas a subarcosas líticas con laminación plana paralela, ondulada, inclinada (App, Ao y Ai) y arenitas homogéneas (Ah). <i>Tope</i> : lodolitas con laminación plana paralela, ondulada y arcillolitas homogéneas (Fpp, Fo, Arh). <u>ES</u> : arenitas conglomeráticas gradadas y conglomerados matriz soportados homogéneos (ACg y Cmsh) e interposiciones arenitas-lodolitas con laminación ondulada, carbonosas (Io-c).	Neto irregular	1437.5–1534.4 -96,7	67,7
M	<u>FD</u> : Arenitas feldespáticas y líticas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait) y arenitas homogéneas (Ah). <i>Parte media</i> : conglomerados polimicticos matriz soportados homogéneos (Cmsh). <u>ES</u> : arenitas con laminación ondulada (Ao) y arenitas conglomeráticas gradadas (ACg).	Neto irregular	1534.4–1614 -79,6	38,6
N	<u>FD</u> : Arenitas feldespáticas y líticas con laminación plana paralela, (App) intercalado con facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), muy localmente con fragmentos vegetales (Fpp-v). <u>ES</u> : arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada planar (Aip) y lodolitas con laminación ondulada (Fo).	Cubierto	1614–1696.8 -82,8	56,8
O	<u>FD</u> : <i>Base</i> : Arenitas conglomeráticas feldespáticas a líticas gradadas (ACg) y arenitas con laminación inclinada planar (Aip); <i>parte media</i> : lodolitas con laminación ondulada (Fo), localmente calcáreas. <u>ES</u> : arenitas con laminación plana paralela (App) y carbón (C); sublitoarenitas feldespáticas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait).	Neto irregular	1696.8–1784 -87,2	32,2
P	<u>FD</u> : arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait). <u>ES</u> : arenitas conglomeráticas gradadas dispuestas hacia la base de algunas secuencias granodecrecientes (ACg).	Cubierto	1784–1803 -19	19

Ambiente: Las sucesiones de arenitas laminadas corresponden a asociación de ríos trezados distales (**B2–B3**), mientras las sucesiones de paquetes métricos de lodolitas son interpretadas como llanuras de inundación (**D2**). La parte superior del segmento se interpreta como depósitos de barra de orillal de ríos meandriformes (**C1–C2**).

Segmento C: Se presenta entre los metros 10,2 y 157,2, con un espesor de 52 m, en la poligonal está entre el $\Delta 4$ y el $\Delta 8$. La litología dominante comprende facies heterolíticas de interposiciones arenitas-lodolitas, limolitas-arcillolitas, arcillolitas-arenitas con laminación ondulada y plana paralela (**Io, Ipp**), además de arcillolitas carbonosas onduladas y carbón (**Fo-c, C**). Las facies subordinadas la componen arenitas líticas y/o feldespáticas con laminación ondulada y ondulada carbonosa y/o con fragmentos vegetales (Ao, Ao-c, Ao-v) (Figura 3-4). *Contacto:* El contacto infrayacente se presenta cubierto.



Figura 3-4. Interposiciones rítmicas de arenitas-lodolitas, con laminación ondulada continua y discontinua; localmente se encuentran láminas de carbón o arcillolita carbonosa y pátinas de óxidos de hierro.

Ambiente: La abundancia de facies finas heterolíticas y de carbón indica ambientes de baja energía correspondientes a llanuras de inundación (**D2**), disectados por algunos canales secundarios (**D1a**).

Segmento D: Se encuentra entre 157,2 y 205,50 con un espesor de 48,3 m, de los cuales 28.1 están cubiertos; en la poligonal está entre el $\Delta 7$ y el $\Delta 10$. Las litologías dominantes son lodolitas laminadas, onduladas y plano paralelas, (**Fo, Fpp**), homogéneas (**Fh**) y arenitas líticas a feldespáticas homogéneas (**Ah**), con laminación ondulada y carbonosas (**Ao-c**), concentradas hacia la base del segmento. Como facies subordinada se encuentra carbón (C), (Figura 3-5). *Contacto:* Con el Segmento C es neto ondulado.

Ambiente: Las facies dominantes determinan una asociación de facies para ambientes de canales secundarios (**D1a**) y canales de desborde (**D1b**) disectando llanuras de inundación (**D2**).



Figura 3-5. Capas medias, tabulares de arenita homogénea, de color amarillo grisáceo.

Segmento E: Es observado del metro 205,5 al 362, con un espesor de 156,50 m, de los cuales 64,6 m en la parte media están cubiertos. El segmento corresponde en la poligonal a los $\Delta 10$ al $\Delta 17$. Las litologías dominantes son cuarzoarenitas a litoarenitas homogéneas (**Ah**), seguidas por arenitas con laminación plana paralela (**App**). Como facies subordinadas hay arenitas con laminación inclinada planar, ondulada (Aip, Ao) y puntualmente arenitas conglomeráticas con estratificación cruzada planar (ACip) (Figura 3-6). Las facies finas se presentan subordinadas en todo el segmento, excepto al tope donde se aprecia un banco métrico de lodolitas con materia orgánica carbonosa homogénea y laminada (Fh, Fo). *Contacto:* Con el Segmento D está cubierto.



Figura 3-6. Capas tabulares muy gruesas con laminación inclinada planar y tangencial a la base en arenitas de color amarillo.

Ambiente: Las litofacies presentes en la base y la parte media del segmento indican una asociación facial que corresponden a depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), mientras que las facies finas del techo corresponden a llanuras de inundación de una asociación facial **D2**, lo que, en conjunto indica, un sistema de ríos meandriformes (**C-D**).

Segmento F: Está ubicado entre los metros 361,7 y 512,8, con un espesor de 151,1 m, corresponde en la poligonal a los $\Delta 17$ al $\Delta 32$. La litología dominante comprende arenitas feldespáticas a litoarenitas con laminación plana paralela, con frecuencia carbonosa (**App**, **App-c**) (Figura 3-7) y arenitas homogéneas (**Ah**). Como facies subordinadas están las arenitas con laminación ondulada e inclinada planar (**Ao**, **Aip**); como facies subordinadas hay lodolitas laminadas plano paralela (**Fpp**) con un paquete métrico hacia el techo con laminación ondulada (**Fo**), en menor proporción, con altos contenidos de materia orgánica carbonosa y restos vegetales. Son frecuentes los intraclastos arcillosos hacia la base de varias capas. *Contacto:* Con el Segmento E es neto ondulado.



Figura 3-7. Sarenitas líticas friables con laminación plano paralela continua, en capas medias y delgadas de geometrías tabulares.

Ambiente: El predominio de facies arenosas laminadas y homogéneas corresponde a asociaciones de facies para ambientes de ríos trenzados distales (**B2**). La parte superior del segmento dominado por facies finas, indica asociaciones de facies que corresponden a ambientes de llanuras de inundación (**D2**) disectadas por algunos canales de desborde (**D1b**).

Segmento G: Es observado del metro 512,8 al 589,2, con un espesor de 76,3 m; corresponde en la poligonal a los $\Delta 32$ al $\Delta 36$. La litología dominante es cuarzoarenita o litoarenita de grano fino a medio con intraclastos arcillosos, laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**); como facies subordinadas se presentan arenitas con laminación plana paralela, ondulada y homogénea (**App**, **Ao**, **Ah**) (Figura 3-8). Las facies finas también son subordinadas y corresponden a lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**) ricas en materia orgánica carbonosa y puntualmente, restos de plantas y capas delgadas de carbón (**C**). *Contacto:* Con el Segmento F es neto irregular.



Figura 3-8. Bancos gruesos canaliformes de arenitas de grano medio.

Ambiente: Las asociaciones de facies conformadas por secuencias granodecrecientes incompletas representan depósitos de complejos de barras de orillal (**C1-C2**) y las pocas facies finas indican asociaciones de facies originadas en llanuras de inundación (**D2**). Formados en un sistema de ríos meandriformes (**C-D**).

Segmento H: Se encuentra entre los metros 589,2 y 672,5, con 83,3 m de espesor, en la poligonal se ubica entre los $\Delta 35$ y $\Delta 39$. Las litologías dominantes son arenitas feldespáticas a arenitas liticas con laminación plana paralela, frecuentemente carbonosas (**App**, **App-c**) (Figura 3-9), separadas por facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**) localmente con fragmentos de plantas. En la parte media del segmento hay capas gruesas de arenitas con estratificación inclinada (**Ai**). Como litofacies subordinadas se encuentran arenitas homogéneas (**Ah**) con laminación ondulada (**Ao**). En la base se presenta un paquete métrico de arcillolitas homogéneas con moscovita (**Arh**) y una capa delgada de arenita conglomerática gradada (**ACg**). *Contacto:* Con el Segmento G es neto irregular.



Figura 3-9. Sublitoarenita feldespática con laminación plano paralela discontinua en capas gruesas.

Ambiente: Las asociaciones de facies para las sedimentitas de la base representan depósitos de llanuras de inundación (**D2**) y canales secundarios (**D1a**), mientras que la asociación facial de las rocas de la parte superior corresponden a depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), en un sistema de ríos meandriformes (**C- D**).

Segmento I: Está ubicado entre los metros 672,5 y 1289,3 con 616,8 m de espesor; corresponde en la poligonal a los $\Delta 39$ al $\Delta 67$. Del total del segmento, sólo afloran 138,8 m La litología dominante son lodolitas homogéneas y lodolitas arenosas con laminación plana paralela y ondulada (**Fh, Fpp, Fo**); como facies subordinadas y con espesor máximo de 30 m, se presentan arenitas feldespáticas y arenitas líticas con laminación ondulada y homogénea (Ao, Ah). Hacia la base se encuentran interposiciones de lodolitas-arenitas con laminación plana paralela (Ipp) (Figura 3-10). *Contacto:* Con el Segmento H se presenta cubierto.



Figura 3-10. Bancos métricos de limolitas y lodolitas laminadas abigarradas y de color gris a rojo.

Ambiente: Las asociaciones de facies para las sedimentitas finas en paquetes decamétricos indican ambientes de depósito de llanuras de inundación (**D2**), mientras las arenitas representan canales secundarios (**D1a**).

Segmento J: Se presenta del metro 1289,3 al 1359, con un espesor de 69,7 m; corresponde en la poligonal a los $\Delta 66$ y $\Delta 70$. La litología dominante es de arenitas lodosas, frecuentemente gradadas, con intraclastos arcillosos y laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), mientras hacia el tope del segmento se presentan paquetes métricos de arenitas homogéneas (**Ah**) (Figura 3-11). Las facies subordinadas son arenitas con laminación inclinada tangencial a la base y en artesa (Ait, Aia), facies heterolíticas onduladas (Io) y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp). *Contacto:* Con el Segmento I es neto irregular.

Ambiente: Las arenitas en la base, indican unas asociaciones de facies que corresponden a llanuras de inundación (**D2**), con canales de desborde (**D1b**), mientras que las

sedimentitas de la parte media y superior del segmento, muestra la asociación de facies para ambientes de ríos trezados distales (**B2**) con canales y complejos de barras.



Figura 3-11. Bancos métricos de arenitas.

Segmento K: Se presenta entre los metros 1.359 y 1.437,7, con 78,7 m de espesor; está ubicada en la poligonal entre el $\Delta 69$ y el $\Delta 74$. La base y parte media del segmento tiene como litologías dominantes arenitas feldespáticas o líticas homogéneas (**Ah**) y arenitas conglomeráticas gradadas con intraclastos arcillosos a la base (**ACg**) (Figura 3-12). Las litofacies subordinadas son arenitas con laminaciones plana paralela e inclinada planar y en artesa (**App**, **Aip**, **Aia**) e interposiciones de litoarenitas con laminación ondulada de grano muy fino y arcillolitas (**Io**). En la parte superior del segmento hay dominio absoluto de las facies finas representada por las lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**). (Figura 3-13). *Contacto:* Con el segmento infrayacente es neto irregular.

Ambiente: Las asociaciones de facies para las arenitas y arenitas conglomeráticas de la base y parte media del segmento se infieren como depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), en un sistema de ríos meandriformes (**C-D**). La parte superior dominada por litofacies finas fueron acumulados en zonas de marismas y pantanos, (asociación facial **E3**).

Segmento L: Está ubicado entre los metros 1.437,7 y 1.534,4, con un espesor de 96,7 m de los cuales 29 m, de la parte media, están cubiertos; en la poligonal el segmento se ubica entre $\Delta 74$ al $\Delta 79$. Las litologías dominantes son cuarzoarenitas a arenitas líticas con laminación plana paralela, ondulada, inclinada (**App**, **Ao**, **Ai**) y arenitas homogéneas (**Ah**). Hacia el tope predominan las facies finas representadas por lodolitas con laminación plana paralela, ondulada y arcillolitas homogéneas (**Fpp**, **Fo**, **Arh**). Como facies subordinadas se presentan arenitas conglomeráticas gradadas y conglomerados matriz soportados homogéneos (**ACg** y **Cmsh**), los cuales pueden presentar gradación y

con intraclastos arcillosos. También se observan interposiciones menores de arenitas-lodolitas, con laminación ondulada y carbonosas (**Io-c**) (Figura 3-14). *Contacto:* Con el Segmento K es neto irregular.



Figura 3-12. Conglomerados polimícticos.

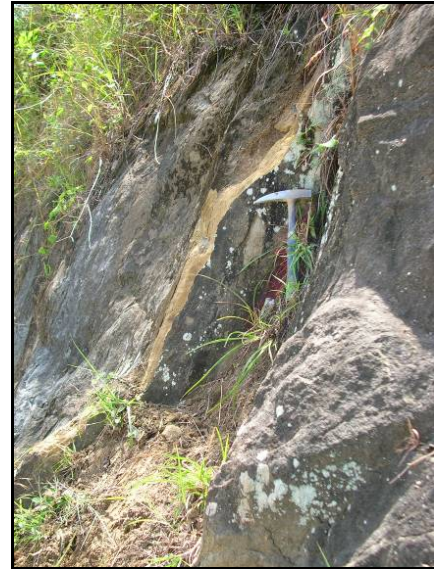


Figura 3-13. Capas medias de arcillolitas con laminación plana paralela.



Figura 3-14. Intervalo de capas gruesas y muy gruesas de arenitas y conglomerados.

Ambiente: Las litofacies en la parte inferior del segmento indican asociaciones de facies para ambiente de depósito de ríos trenzados distales (**B2**), seguidos por canales secundarios (**D1a**) y las facies en la parte media y superior corresponden a depósitos de barras de orillal (**C1-C2**) y llanuras de inundación (**D2**) en un sistema de ríos meandriiformes (**C-D**).

Segmento M: Se presenta entre el metro 1.534,4 y el 1.614, con 79,6 m de espesor de los cuales los 41 m superiores están cubiertos. En la poligonal el segmento se encuentra entre el $\Delta 78$ y $\Delta 85$. Las facies dominantes son arenitas feldespáticas a arenitas líticas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**) y homogénea (**Ah**). En la parte media del segmento predominan los paquetes métricos de conglomerados polimícticos matriz soportados homogéneos (**Cmsh**) (Figura 3-15). Como facies subordinadas hay arenitas con laminación ondulada (Ao) y arenitas conglomeráticas gradadas (ACg). *Contacto:* Con el Segmento L es neto irregular.



Figura 3-15. Bancos gruesos de conglomerados polimícticos de guijos y gránulos.

Ambiente: El dominio de conglomerados y arenitas indican asociaciones de facies que corresponden a sistemas de ríos trenzados proximales (**B1**) y distales (**B2** y **B3**).

Segmento N: Está ubicada entre los metros 1.614 y 1.696,8, con 82,8 m de espesor; corresponde en la poligonal a los $\Delta 85$ y $\Delta 92$. Las litofacies dominantes son arenitas feldespáticas a arenitas líticas con laminación plana paralela, (**App**) intercaladas con facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**) (Figura 3-16), muy localmente con fragmentos vegetales (Fpp-v). Como litofacies subordinadas se presentan arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada planar (Aip) y lodolitas con laminación ondulada (Fo) (Figura 3-17). El contacto con el segmento infrayacente está cubierto.

Ambiente: La base del segmento corresponde a asociaciones de facies para depósitos en ambientes de ríos trenzados distales y proximales (**B1**, **B2** y **B3**), mientras la parte superior con litofacies finas, corresponde a asociaciones de facies para llanuras de inundación (**D2**).



Figura 3-16. Paquetes métricos de limolitas-arenitas de color marrón grisáceo con laminación plana paralela.



Figura 3-17. Intercalaciones de lodolitas color gris medio con laminación plana paralela y arenitas homogéneas.

Segmento O: Es observado del metro 1.696,8 al metro 1.784 con espesor de 87,2 m, de los cuales 550 m están cubiertos; corresponde en la poligonal a los $\Delta 92$ y $\Delta 96C$. Hacia la base del segmento predominan arenitas litofeldespáticas a arenitas líticas conglomeráticas gradadas (**ACg**) y arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**) conformando secuencias granodecrecientes incompletas en relación basal irregular (Figura 3-18). Como litofacies subordinadas hay arenitas con laminación plana paralela (**App**) y capas de carbón (**C**). En la parte media del segmento dominan las litofacies finas de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), localmente calcáreas (Figura 3-19). La litofacies subordinada corresponde a sublitoarenitas feldespáticas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**). *Contacto:* Con el Segmento N es neto irregular.



Figura 3-18. Sucesiones granodecrecientes de arenitas conglomeráticas y arenitas con laminación inclinada.



Figura 3-19. Arcillolitas, moteadas, levemente calcáreas de colores pardo rojizo, gris y ocre, localmente con laminación ondulada discontinua.

Ambiente: La base del segmento consiste de secuencias granodecrecientes incompletas que indican asociaciones de facies formadas en ambientes de ríos trezados distales (**B1**, **B2**). La parte superior del segmento, con predominio de sedimentitas finas, corresponde

a asociaciones de facies acumuladas en ambientes de llanuras de inundación (**D2**), disectadas por canales de desborde (**D1b**).

Segmento P: Se encuentra entre los metros 1.784 y 1.803, con un espesor de 19 m; corresponde en la poligonal del $\Delta 96B$ al $\Delta 96E$. Las litofacies dominantes son arenitas homogéneas (**Ah**) y arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**). Como litofacies subordinadas se presentan arenitas conglomeráticas gradadas dispuestas hacia la base de algunas secuencias granodecipientes (**ACg**) (Figura 3-20). *Contacto:* Con el segmento infrayacente está cubierto.



Figura 3-20. Paquetes gruesos de capas de arenitas homogéneas y arenitas conglomeráticas.

Ambiente: La asociación de facies para arenitas homogéneas con laminación inclinada, en secuencias granodecipientes, indican sistemas de ríos trenzados distales (**B2–B3**).

SECTOR CAUCA SUR

El área seleccionada, por la Interventoría y Geoestudios Ltda, para el levantamiento de columnas estratigráficas en esta zona central, corresponde geográficamente al flanco oriental de la Cordillera Occidental, en los denominados Farallones de Cali, en jurisdicción del Municipio de Jamundí, específicamente en las Inspecciones de Policía de Guachinte, Timba y La Liberia.

En este sector fueron descritas cuatro secciones, principalmente de la Formación Guachinte, las cuales se organizaron de más antigua a más reciente, de la siguiente manera:

1. **SECCIÓN LA CIMA-(LC)**-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.

2. **SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)**-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.
3. **SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)**-Formación Guachinte, Miembro La Rampla.
4. **SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)**-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.

En estas cuatro secciones se levantaron un total de 1.810 m de columna a escala 1:200 de los cuales 1.319 m están aflorando y 491 m están cubiertos; se efectuaron 4.489 lecturas de Gamma Ray, se recolectaron 874 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron numerosas de fotografías ilustrativas (Anexos 3, 4, 5 y 9). Las unidades levantadas son de la más antigua a la más reciente: Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga, Formación Guachinte-miembros La Cima, Los Chorros; La Leona y la Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

3.3 SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.

En la **Sección La Cima (LC)** fueron descritos 738 m de columna a escala 1:200 de los cuales 527 m afloran y 211 m están cubiertos, se efectuaron 1.833 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 361 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron diferentes fotografías ilustrativas (Anexos 3.2, 4, 5 y 9). La sección corresponden a La Formación Chimborazo Miembro Loma Larga (metro 0 al 640,5), Formación Guachinte-Miembro La Cima (metro 640,5 al 728) y base del Miembro Los Chorros (metro 728 al 738) (Figura 3-21).

3.3.1 Localización y acceso.

La sección está localizada en la plancha topográfica 320-II-B, escala 1:25.000 e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 838.628 y W = 1.045.831, finaliza en las coordenadas N = 838.082 y W = 1.046.422. En la poligonal (LC) fueron definidas 54 deltas (Δ), donde el $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y el $\Delta 50$ al punto final. Subparalela y al sur de la primera, en el nacimiento de la quebrada Guadual, fue levantada una segunda poligonal (LCQ) que consta de 65 deltas (Δ). Las poligonales están unidas en 2 sitios por medio de poligonales de amarre; el amarre uno entre los $\Delta 13$ y $\Delta 36$ y el amarre dos, entre los $\Delta 28$ y $\Delta 61$ de las poligonales LC y LCQ (Anexo 2.2). El objeto de la segunda poligonal fue la toma de 42 muestras las cuales presentan menor grado de meteorización que las recolectadas en la columna de la primera poligonal, pero sin buena continuidad litológica para ser descrita como columna estratigráfica.

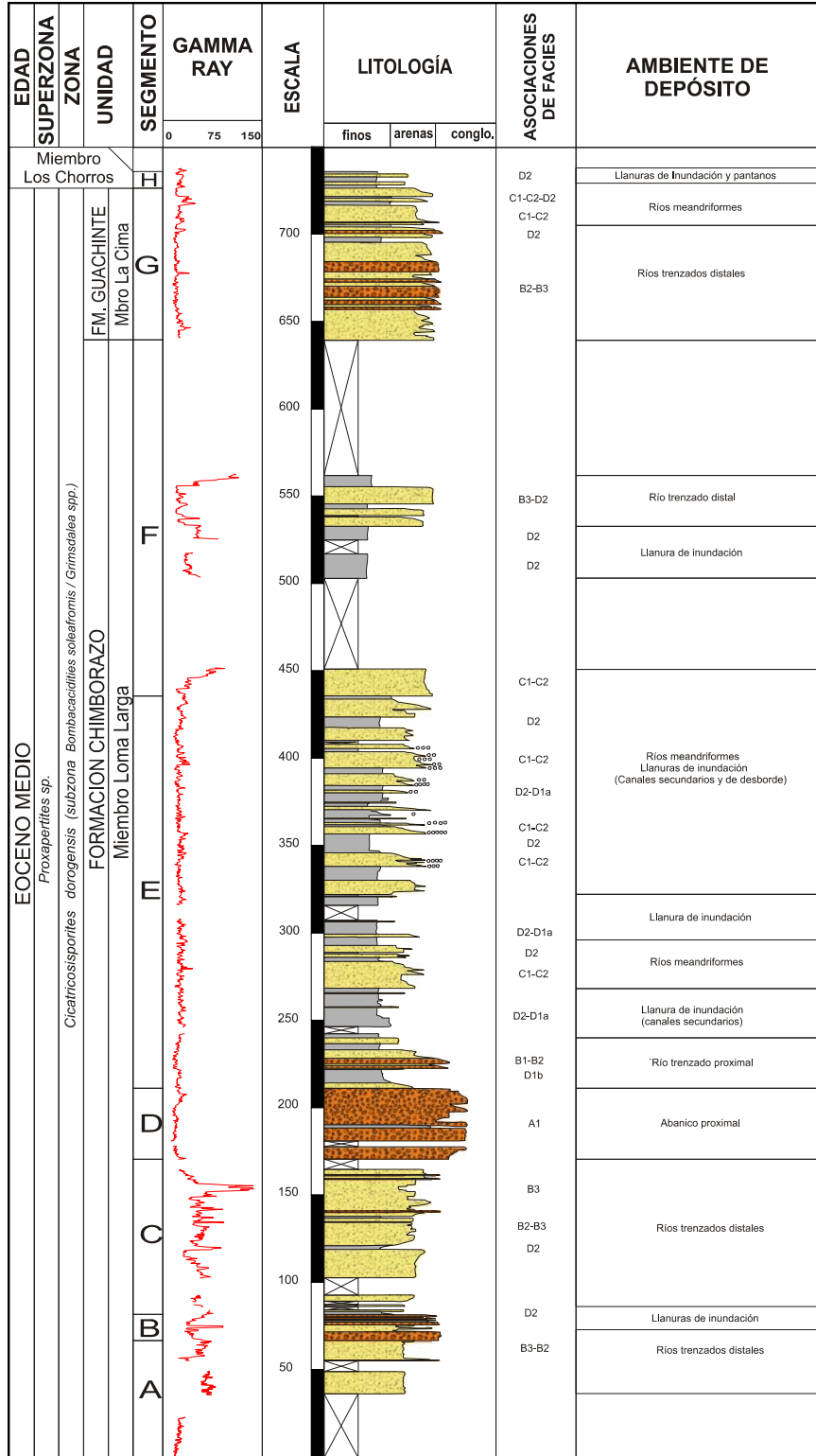


Figura 3-21. Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de la Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y la Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.

Para acceder a la sección, se puede realizar por tres vías, dos por el caserío de El Plan de Morales y una por la población de Villa Colombia. El acceso por el sector de El Plan de Morales, una, es tomando el carreteable pavimentado que une al municipio de Jamundí con la Inspección de Policía de Guachinte y continuar por el carreteable sin pavimentar, paralelo al antiguo ferrocarril que conduce al caserío El Plan de Morales, o, la segunda, es continuar desde la Inspección de Policía de Guachinte, por la vía pavimentada, a la Inspección de Policía de Timba y tomar posteriormente la vía que une con el carreteable paralelo al antiguo ferrocarril y pasa por el caserío El Plan de Morales, continuando a la Inspección de Policía de La Liberia. El tercer acceso se realiza por la vía que comunica a la población de Jamundí con la Inspección de Policía de La Liberia, pasando por las poblaciones de Ampudia y Villa Colombia y que continúa hasta El Plan de Morales. En este último tramo se halla el punto de inicio de la sección ($\Delta 0$), el cual se encuentra a unos 800 m del alto en el flanco oeste de la Cuchilla Las Piedras-sector La Cima, a una altura de 1466 msnm

3.3.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

La sección se ha dividido en ocho segmentos y ordenados de base a techo del A hasta el H, agrupado de acuerdo a sus características litofaciales, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-6 y en la Figura 3-21, se resumen las principales características.

Segmento A: Se encuentra entre los metros 0 y 67 con un espesor de 24,7 m aflorantes; corresponde en la poligonal a los $\Delta 0$ al $\Delta 3$. Entre los metros 0 y 36,5 hay un regolito de color rojizo (Figura 3-22); en el resto del segmento predominan las litofacies de arenitas feldespáticas con laminación ondulada (**Ao**) (Figura 3-23) y laminación ondulada bioperturbadas (**Ao-b**). Como facies subordinadas se encuentran arenitas homogéneas (**Ah**), y conglomerados matriz soportados homogéneos (**Cmsh**).



Figura 3-22. Expresión morfológica del regolito lodocarcilloso localmente arenoso de color rojizo.



Figura 3-23. Capas medias y gruesas de arenitas feldespáticas con estratificación ondulosa no paralela y óxidos de hierro.

Tabla 3-6. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección La Cima (LC).

SECCIÓN LA CIMA				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: arenitas con laminación ondulada (Ao) y ondulada bioperturbada (Ao-b). FS: arenitas homogéneas (Ah) y conglomerados matriz-soportados homogéneos (Cmsh).		0-67 -67,00	24,7
B	FD: conglomerados matriz soportados gradados (Cmsg); cuarzoarenitas feldespáticas laminación ondulada (Ao) y arenitas homogéneas (Ah). FS: limolitas homogéneas (Fh) y lodolitas laminadas (Fo, Fpp-v).	Neto irregular	67-83,5 -16,50	16,5
C	FD: cuarzoarenitas a arenitaslíticas homogéneas (Ah), con laminación plano paralela (App). FS: arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait), ondulada (Ao), bioperturbadas (Ab), conglomerado matriz soportado homogéneo (Cmsh); lodolitas homogéneas (Fh) y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp).	Neto planar	83,5-171 -87,50	66,9
D	FD: conglomerados clasto-soportados y matriz-soportados homogéneos (Ccsh, Cmsh) con clastos en su gran mayoría ígneos. FS: arenitas con laminación ondulada (Ao).	Cubierto	171-211,5 -40,50	37,4
E	FD: arenitas con laminación inclinada, inclinada planar (Ai, Aip), seguidas de arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación ondulada, frecuentemente con fragmentos vegetales (Ao, Ao-v) y facies finas laminadas (Fo, Fpp); frecuentemente ricas en fragmentos vegetales (Fpp-v) y lodolitas homogéneas (Fh). FS: conglomerados matriz-soportados homogéneos (Cmsh), arenitas conglomeráticas gradadas (ACg), arenitas laminadas bioperturbadas (Ao-b) y lodolitas laminadas bioperturbadas (Fob).	Neto planar	211,5-436,5 -225,00	212,5
F	FD: Base y techo: arcillolitas homogéneas (Arh) con abundantes costras ferruginizadas; parte media: arenitas conglomeráticas gradadas (ACg), arenitas con laminación inclinada (Ai) e inclinada planar (Aip). FS: arenitas con laminación plana paralela (App) y arenitas con estratificación inclinada en artesas (Aia).	Neto irregular	436,5-640,5 -204,00	66,5
G	FD: cuarzoarenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada planar (Aip) e inclinada tangencial a la base (Ait). FS: arenitas con laminación plana paralela (App), arenitas conglomeráticas (ACg, ACip) y lodolitas homogéneas (Fh), puntualmente con fragmentos vegetales (Fh-v)	Cubierto	640,5-727,3 -87,20	87,2
H	FD: Lodolitas con laminación plana paralela y restos vegetales (Fpp-v), lodolitas con laminación lenticular (Flen) y carbón (C). FS: cuarzoarenitas con laminación inclinada (Ai).	Neto planar	727,7-738 -10,30	10,3

Ambiente: Las arenitas del segmento con litofacies **Ao** y **Ao-b** indican asociaciones de facies acumuladas en ambientes de ríos trezados distales (**B2**).

Segmento B: Está ubicado entre los metros 67 y 83,5 con un espesor de 16,50; corresponde en la poligonal al $\Delta 3$ y $\Delta 4$. Las litofacies dominantes incluyen conglomerados matriz soportados gradados, seguidos de cuarzoarenitas feldespáticas con laminación ondulada, arenitas homogéneas (**Cmsg, Ao, Ah**) y limolitas homogéneas (**Fh**) (Figura 3-24). Como facies subordinadas se pueden presentar lodolitas laminadas (Fo, Fpp-v) hacia el tope de las secuencias granodecrecientes. *Contacto:* Con el Segmento A es neto irregular.



Figura 3-24. Secuencias granodecrecientes que inician a la base con conglomerados y arenitas conglomeráticas seguidas de arenita cuarzo feldespática laminadas en capas subtabulares medias a gruesas. Finaliza con lodolitas a lodolitas arenosas.

Ambiente: Las asociaciones de facies del segmento indican que las secuencias granodecrecientes de conglomerados hasta lodolitas fueron acumuladas en ambientes de ríos trezados distales (**B2–B3**) con llanuras de inundación (**D2**).

Segmento C: Se presenta entre los metros 83,5 y 171 con un espesor de 87,50; en la poligonal del $\Delta 5$ y $\Delta 9$. Las litofacies dominantes comprenden cuarzoarenitas a litoarenitas homogéneas (**Ah**) (Figura 3-25) con laminación plano paralela (**App**). Como facies subordinadas se encuentran arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**), ondulada (**Ao**), bioperturbadas (**Ab**); hacia la parte media y tope del segmento, se observa un conglomerado matriz soportado homogéneo (**Cmsh**). En las litofacies finas se encuentran lodolitas homogéneas y lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**). *Contacto:* Con el Segmento B es neto planar.

Ambiente: Las asociaciones litofaciales de **Ai, App, Ait y Ao** y en la base **Cmsh** indican ambientes de ríos trezados distales (**B2, B3**).

Segmento D: Se presenta entre los metros 171 y 211,5 con un espesor de 40,50; corresponde en la poligonal a los $\Delta 9$ y $\Delta 14$. Las litofacies dominantes comprenden conglomerados clasto soportado y matriz soportado (**Ccsh**, **Cmsh**) con clastos en su mayoría ígneos. Como litofacies subordinada se presentan arenitas con laminación ondulada (**Ao**) (Figura 3-26). *Contacto:* Con el segmento infrayacente C está cubierto; se sugiere irregular neto.



Figura 3-25. Secuencia de capas medias a gruesas subtabulares de arenitas homogéneas de grano medio, friable de color grisáceo.



Figura 3-26. Conglomerado polimítico clasto y matriz soportado homogéneos de guijos y guijarros subredondeados de rocas volcánicas e ígneas intrusivas.

Ambiente: La presencia de conglomerados implica una asociación facial depositada en ambientes de abanicos aluviales proximales (**A1**).

Segmento E: Se encuentra entre los metros 211,5 al 436,5 con un espesor de 2.250; en la poligonal del $\Delta 14$ al $\Delta 25$. Hacia la base del segmento se concentran las litofacies gruesas de conglomerados matriz soportados homogéneos (**Cmsh**). Como litofacies subordinadas hay arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**), arenitas laminadas bioperturbadas (**Ao-b**) y facies finas laminadas bioperturbadas (**Fo-b**). El resto del segmento comprenden secuencias granodecrecientes completas que inician a la base en litofacies de arenitas con laminación inclinada, inclinada planar (**Ai**, **Aip**), seguidas de arenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación ondulada frecuentemente con fragmentos vegetales (**Ao**, **Ao-v**) y finalizan en facies finas laminadas (**Fo**, **Fpp**), frecuentemente ricas en fragmentos vegetales (**Fpp-v**) y lodolitas homogéneas (**Fh**) (Figura 3-27). *Contacto:* Con el Segmento D es neto planar.

Ambiente: En la base las facies gruesas representan asociaciones depositadas en ambientes de ríos trenzados proximales (**B1**). El sistema de ríos meandriformes (**C-D**) está representado por las secuencias granodecrecientes completas que incluyen depósitos de complejos de barras de orillal (**C1-C2**) y las facies finas representan amplias llanuras de inundación (**D2**), disectadas por canales secundarios (**D1a**) y de desborde (**D1b**).



Figura 3-27. Secuencias granodecrecientes completas que inician con arenitas feldespáticas con estratificación inclinada en capas métricas seguidas por arenitas homogéneas, finalizando en facies finas laminadas y homogéneas.

Segmento F: Es observado del metro 436,5 al metro 640,5 con un espesor de 203 m; ubicado en la poligonal entre el $\Delta 25$ y el $\Delta 40C$. En la base y en la parte alta del segmento predominan los paquetes decamétricos de litofacies de arcillolitas homogéneas (**Arh**) con abundantes costras ferruginizadas (Figura 3-28), mientras en la parte media predominan las secuencias granodecrecientes que inician con arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**), seguidas de arenitas con laminación inclinada (**Ai**) e inclinada planar (**Aip**). Como facies subordinadas hay arenitas con laminación plana paralela (**App**) y arenitas con estratificación inclinada en artesa (**Aia**). *Contacto:* Con el Segmento E es neto irregular.



Figura 3-28. Arcillolitas homogéneas, moteadas de colores lila, gris muy claro, blanco amarillo ocre y morado claro con abundantes óxidos de hierro distribuidos irregularmente.

Ambiente: En la base y techo del segmento las asociaciones de litofacies de sedimentitas finas son interpretadas como llanuras de inundación (**D2**), mientras que las litofacies de

arenitas de la parte media conforman asociaciones que fueron acumuladas en ríos trezados distales (**B3**).

Segmento G: Se presenta entre los metros 640,5 y 727,7 con un espesor de 87,2 m; en la poligonal del $\Delta 40C$ al $\Delta 49$. Las litofacies predominantes se presentan en secuencias granodecrecientes completas o incompletas e incluyen cuarzoarenitas homogéneas (**Ah**) (Figura 3-29), arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**) e inclinada tangencial a la base (**Ait**). Como litofacies subordinadas se encuentran arenitas con laminación plana paralela, arenitas conglomeráticas y lodolitas homogéneas (App, ACg, ACip y Fh), muy puntualmente con fragmentos vegetales (Fh-v). *Contacto:* Con el Segmento F está cubierto, pero se sugiere un contacto neto irregular por la presencia local de intraclastos de rocas de la capa infrayacente.



Figura 3-29. Paquetes métricos de cuarzoarenitas homogéneas con una intercalación de arcillolita blanca

Ambiente: Las secuencias granodecrecientes indican asociaciones de facies que se interpretan como ríos trezados distales (**B2, B3**) con llanuras de inundación (**D2**) donde las secuencias se presentan completas. En tope del segmento las asociaciones indican depósitos de sedimentitas originados en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**) con presencia de barras de orillal (**C1-C2**), llanuras de inundación (**D2**) y canal de desborde (**D1b**).

Segmento H: Se presenta entre los metros 727,7 y 738 con un espesor de 10,3 m; en la poligonal del $\Delta 49$ al $\Delta 50$. Está caracterizado por el predominio de sedimentitas finas que incluye las litofacies de lodolitas con laminación plana paralela, restos vegetales (**Fpp-v**) y materia orgánica carbonosa; lodolitas con laminación lenticular (**Flen**) y carbón (**C**). Como litofacies subordinadas se encuentran cuarzoarenitas con laminación inclinada (**Ai**) (Figura 3-30). *Contacto:* Con el Segmento G es neto planar.

Ambiente: Las asociaciones de facies con predominio de sedimentitas finas con materia orgánica, carbonosa y vegetal, indican ambientes de llanura de inundación y pantanos

(D2), con depósitos de canal y barras de orillal (C1-C2) en un sistema de ríos meandriformes (C-D).



Figura 3-30. Intercalaciones en capas muy gruesas y gruesas de arcillolitas y lodolitas y capas delgadas de carbón. Hacia el techo se encuentran capas medias y gruesas subtabulares de cuarzoarenitas.

3.4 SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

En la **Sección Río Guachinte (RG)** fueron descritos 456 m de columna a escala 1:200 de los cuales 369 m afloran y 87 m están cubiertos; se efectuaron 1.241 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 254 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.3, 4, 5 y 9). La sección corresponden a los miembros: Tope de La Cima (metro 0 al 2), Los Chorros (metro 2 al 277), La Leona (metro 277 al 308) y La Rampla (metro 308 al 456) (Figura 3-31).

3.4.1 Localización y acceso.

Está localizada en la plancha topográfica 299-IV-D, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 840.786 y W = 1.047.765 y finaliza en las coordenadas N = 840.757 y W = 1.048.284. Fueron levantados 43 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 32$ al punto final de ésta, aunque la poligonal se continuó hasta el $\Delta 42$, sólo se utilizó como elemento de amarre con las otras secciones medidas en el área (Anexo 2.3).

Para acceder a esta sección, se toma el carretable pavimentado que une la cabecera municipal de Jamundí con la Inspección de Policía de Guachinte, luego se continua por el carretable sin pavimentar paralelo a la antigua línea del ferrocarril y unos 500 m antes del cruce con el río Guachinte, en la hacienda del mismo nombre, se toma el carretable en dirección SW que conduce a las minas de carbón, explotadas actualmente

por la Cooperativa de Carbones del Sur Ltda. (Cooprocabones); pasando por el puente sobre el río Guachinte, más o menos 700 m, donde empieza un fuerte ascenso en el punto de acceso del camino paralelo al río, se continua por espacio de 80 m en dirección aguas arriba, hasta donde se encuentra el inicio ($\Delta 0$) de la poligonal y de la columna estratigráfica.

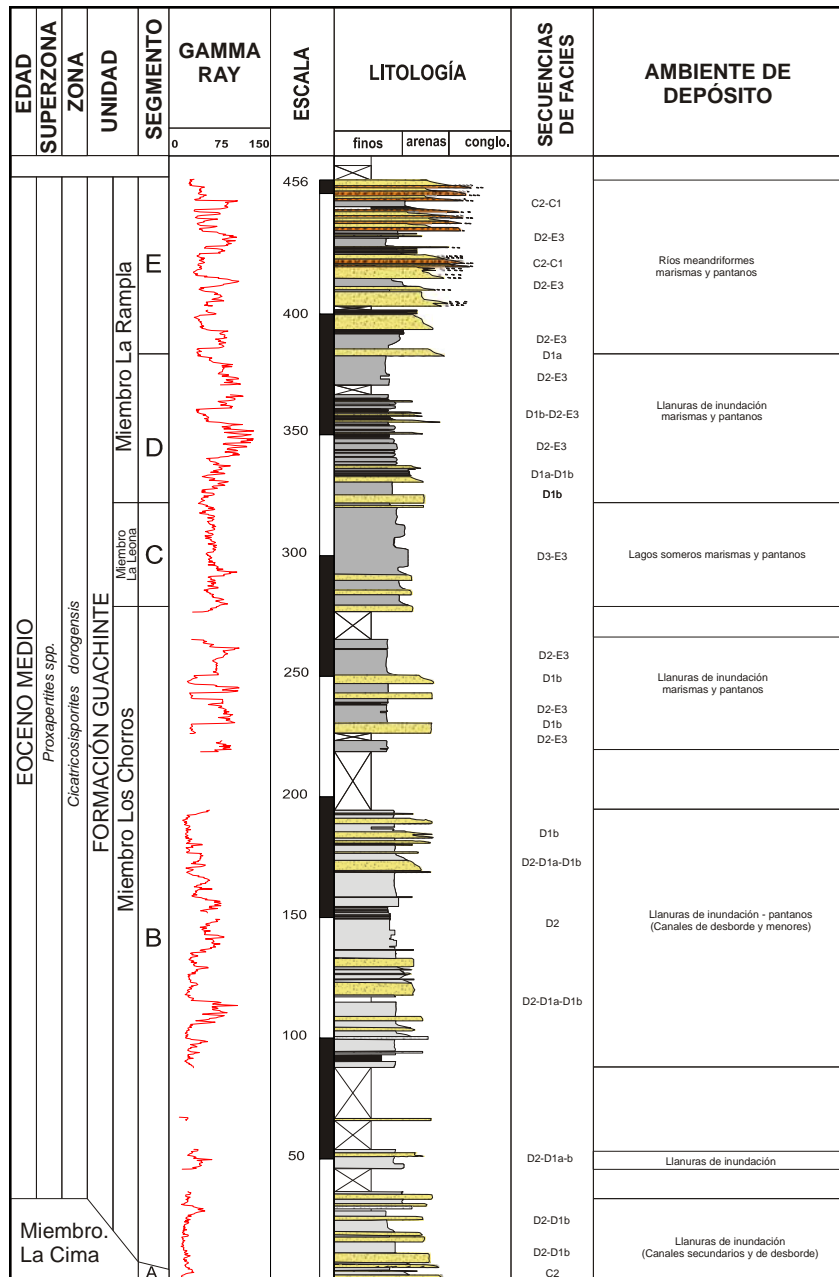


Figura 3-31. Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.

3.4.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección se ha dividido en cinco segmentos, ordenados de base a techo del segmento A hasta el E, de acuerdo a las características litofaciales presentes, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-7 y en la Figura 3-31 se resumen las principales características.

Segmento A: Es observado del metro 0 al 2 y se encuentra en la poligonal entre el $\Delta 0$ y el $\Delta 1$. Está caracterizado litofacialmente por arenita de grano grueso localmente medio y muy grueso, homogéneas (**Ah**). (Figura 3-32).

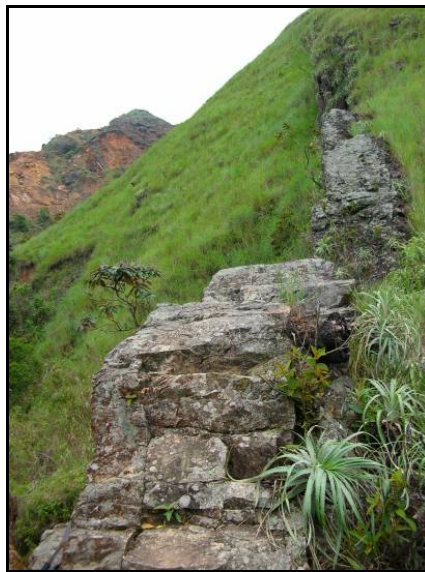


Figura 3-32. Arenita homogéneas en capas gruesas, variables lateralmente de espesor.

Ambiente: Estos sedimentos conforman la asociación de facies que por la ausencia de estructura interna puede deberse a depósitos rápidos que suelen presentarse en ambientes de desborde súbito en roturas de canales de crevasse splay o canales de desborde (**D1b**)

Segmento B: Se presenta entre los metros 2 y 277 con un espesor de 2.750, está ubicado en la poligonal entre el $\Delta 1$ y el $\Delta 21$. En este segmento hay predominio de sedimentitas finas como arcillolitas, lodolitas y limolitas homogéneas, con laminación ondulada y plana paralela (**Fh, Fo, Fpp**), ricas en materia orgánica carbonosa, restos vegetales y mantos de carbón (**C**) (Figura 3-33). Como litofacies subordinadas se presentan cuarzoarenitas con laminación inclinada, inclinada planar, plana paralela y ondulada (**Ai, Aip, App, Ao**). *Contacto:* Con el Segmento A es neto planar.

Tabla 3-7. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte (RG).

SECCIÓN RIO GUACHINTE				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	Está caracterizado litológicamente por arenitas feldespáticas homogéneas (Ah).		0-2 -2	2,00
B	<u>FD</u> : arcillolitas, lodolitas y limolitas homogéneas, con laminación ondulada y plana paralela (Fh, Fo, Fpp) ricas en materia orgánica carbonosa, restos vegetales y mantos de carbón (C). <u>FS</u> : cuarzoarenitas con laminación inclinada, inclinada planar, plana paralela y ondulada (Ai, Aip, App, Ao).	Neto planar	2-277 -275	193,30
C	<u>FD</u> : Limolitas y lodolitas con laminación ondulada, fosilíferas (Fo-f), arenitas con laminación plana paralela fosilífera (App-f). <u>FS</u> : lodolitas con laminación plana paralela fosilíferas (Fpp-f).	Cubierto	277-320,3 -47	47,00
D	<u>FD</u> : arcillolitas, lodolitas y limolitas homogéneas, con laminación ondulada y plana paralela (Fh, Fo, Fpp), ricas en materia orgánica carbonosa, restos vegetales y mantos de carbón (C). <u>FS</u> : cuarzoarenitas con laminación plana paralela y ondulada (App, Ao), frecuentemente carbonosa (App-c, Ao-c).	Neto irregular	320,3-383 -62,7	58,70
E	<u>FD</u> : Conglomerados matriz y clasto-soportados gradados y arenitas conglomeráticas laminadas (Ccsg, Cmsg ACip), arenitas feldespáticas a cuarzoarenitas con laminación inclinada en artesa, inclinada tangencial a la base e inclinada (Aia, Ait, Ai). <u>FS</u> : arenitas laminadas y homogéneas (App, Ao, Ah) y lodolitas laminadas (Fo, Fpp) e interposiciones arenita-lodolita (Io, Ipp).	Neto irregular	383-456 -73	71,30



Figura 3-33. Interposiciones de arcillolitas arenitas y mantos de carbón.

Ambiente: Los sedimentos presentes en el segmento son interpretados en las asociaciones de facies como llanuras de inundación (**D2**), con canales secundarios (**D1a**) y de desborde (**D1b**). En la parte superior del segmento posiblemente hay ambientes de marismas y pantanos (**E3**).

Segmento C: Es observado entre los metros 277 y 320,3 con espesor de 43,3 m; en la poligonal desde $\Delta 21$ a $\Delta 23$. Caracterizado litofacialmente por limolitas y lodolitas con laminación ondulada, fosilíferas (bivalvos y gasterópodos) (**Fo-f**), arenitas de grano muy fino con laminación plana paralela, fosilíferas (bivalvos y gasterópodos) (**App-f**) y lodolitas con laminación plana paralela, fosilíferas (bivalvos y gasterópodos) (**Fpp-f**) (Figura 3-34). *Contacto:* Con el Segmento B se encuentra cubierto.



Figura 3-34. Litoarenitas de grano muy fino a limo y lodolitas con laminación plano paralela continua, con bivalvos y gasterópodos.

Ambiente: Las asociaciones de facies para los sedimentos y fósiles presentes en el segmento son interpretadas como de lagos someros, marismas y pantanos (**D3**, **E3**).

Segmento D: Está definido entre los metros 320,3 y 383 con 62,7 m de espesor; esta ubicado en la poligonal entre el $\Delta 22$ y el $\Delta 25$. En este segmento, igual que en el segmento B, predominan las sedimentitas finas como arcillolitas, lodolitas y limolitas homogéneas, con laminación ondulada y plana paralela (**Fh, Fo, Fpp**), ricas en materia orgánica carbonosa, restos vegetales y mantos de carbón (C) (Figura 3-35). Como litofacies subordinadas se presentan cuarzoarenitas con laminación plana paralela y ondulada (App, Ao), frecuentemente carbonosa (App-c, Ao-c). *Contacto:* Con el Segmento C es neto irregular.



Figura 3-35. Lodolitas ricas en materia orgánica carbonosa con laminación plano paralela continua, ondulada paralela continua y no paralela.

Ambiente: Las sedimentitas presentes en el segmento son interpretadas como asociaciones de facies para las llanuras de inundación (**D2**) con canales secundarios (**D1a**) y de desborde (**D1b**). En la parte superior del segmento fueron identificados asociaciones de facies para ambientes de marismas y pantanos (**E3**). La presencia de estructuras biogénicas, principalmente de estructuras de alimentación (fodicichnias), al igual que arenitas bioperturbadas con remanentes de laminación ondulada soportan la influencia marina para este segmento.

Segmento E: Se encuentra entre los metros 383 al 456 con un espesor de 73 m; corresponde en la poligonal a los $\Delta 24$ a $\Delta 32$. Predominan las secuencias granodecrecientes completas e incompletas que inician a la base con facies gruesas que incluyen conglomerados matriz y clasto-soportados gradados y arenitas conglomeráticas laminadas (**Ccsg, Cmsg ACip**), seguidos por arenitas feldespáticas a cuarzoarenitas con laminación inclinada en artesa, inclinada tangencial a la base e inclinada de ángulo bajo planar (**Aia, Ait, Ai**); continúan arenitas laminadas y homogéneas (**App, Ao Ah**) y finalizan con litofacies finas (**Fo, Fpp**) e interposiciones arenita-lodolita (**Io, Ipp**) (Figura 3-36). *Contacto:* Con el segmento inferior es neto irregular.

Ambiente: Las asociaciones de facies para las sedimentitas son interpretadas como depósitos de barras de orillal (**C1 -C2**) con llanuras de inundación (**D2**), en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**). La presencia de facies heterolíticas con laminación ondulada al igual que arenitas bioperturbadas sugiere la influencia marina para este segmento y corresponderían a marismas y pantanos (**E3**).



Figura 3-36. Intercalaciones de arenita de grano muy fino y lodolitas, de color amarillo grisáceo, laminación ondulada paralela, en capas subtabulares delgadas y muy delgadas.

3.5 SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla

En la **Sección Río Guachinte Norte (RGN)** fueron descritos 306 m de columna a escala 1:200, de los cuales 183 m afloran y 122 m están cubiertos, se realizaron 614 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 107 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.4, 4, 5 y 9). La sección corresponde al Miembro La Rampla (metro 0 al 306) de la Formación Guachinte (Figura 3-37).

3.5.1 Localización y acceso.

Está localizada en la plancha topográfica 299-IV- D, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 840.954 y W = 1.048.378 y finaliza en las coordenadas N = 840.801 y W = 1.048.598. Fueron levantados 50 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 25$ al punto final de ésta, aunque la poligonal se continuó hasta el $\Delta 49$, sólo se utilizó como medio de amarre con las otras secciones medidas en el área (Anexo 2.4).

Para llegar a esta sección se usa el mismo acceso que el utilizado en la Sección Río Guachinte, sólo que unos 100 m antes del puente sobre el río Guachinte, se desvía por un carreteable abandonado, camino que conduce a los antiguos frentes de trabajo de las

minas de carbón y se continua por espacio de 1 Km hasta el sitio de inicio de la poligonal y columna estratigráfica ($\Delta 0$).

3.5.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Para esta sección se han trazado tres segmentos que fueron ordenados de base a techo del segmento A hasta el Segmento C agrupados de acuerdo a sus características litofaciales, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-8 y en la Figura 3-37 se resumen las principales características.

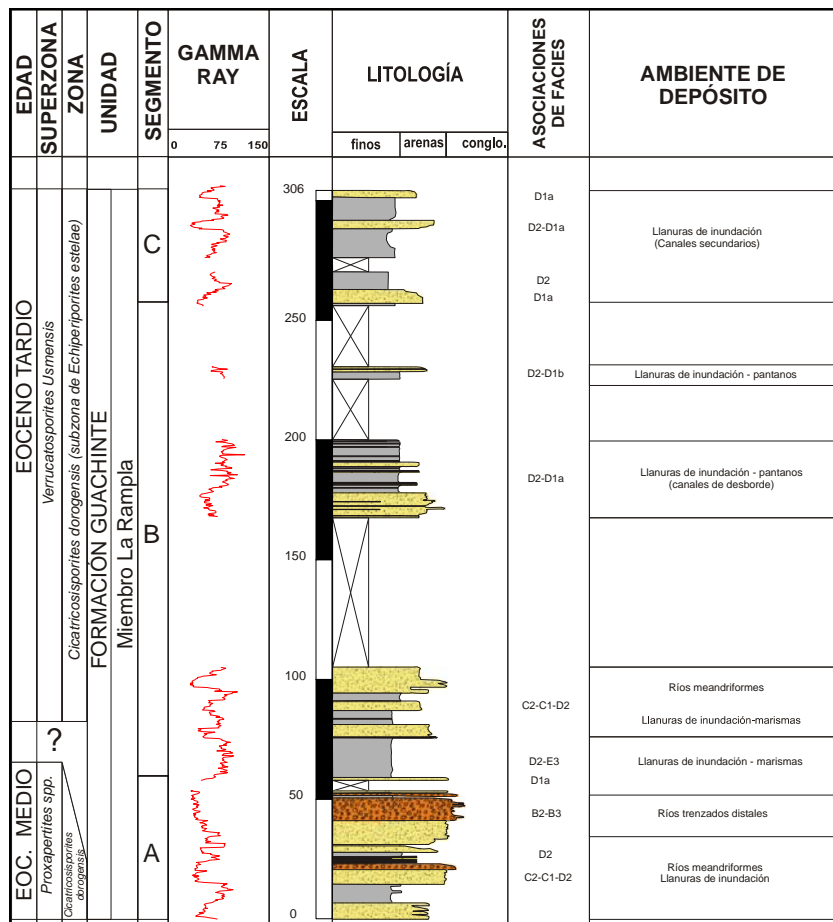


Figura 3-37. Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.

Segmento A: Se encuentra entre los metros 0 al 59,2; con un espesor 59,2 m de los cuales 4,2 m están cubiertos; comprende en la poligonal al $\Delta 0$ al $\Delta 8$. Hacia la base y parte media del segmento predominan las litofacies de cuarzoarenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**), arenitas homogéneas (**Ah**) con interposiciones de

Tabla 3-8. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte Norte (RGN).

SECCIÓN RIO GUACHINTE NORTE				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	<i>FD:</i> Base y parte media: cuarzoarenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait), arenitas homogéneas (Ah) con interposiciones de arenitas con laminación ondulada (Ao); lodolitas grises con laminación plana paralela ricas en fragmentos vegetales (Fpp-v). <i>FS:</i> facies heterolíticas (Io, y Fo). <i>Techo:</i> conglomerado matriz soportado y clastosoportado con estratificación inclinada planar (Cmip, Ccsi), arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada planar (ACip) y arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai).		0-59,2 -59,2	55
B	<i>FD:</i> Base y techo, lodolitas con laminación ondulada (Fo) ricas en fragmentos vegetales y laminación plana paralela (Fpp), arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait), ondulada (Ao) y plana paralela (App). <i>Parte media</i> arenitas con laminación inclinada planar (Aip), lodolitas con laminación plana paralela, ondulada, homogéneas (Fpp, Fo, Fh) y carbón (C). <i>FS:</i> arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (ACip) y arenitas bioturbadas laminadas (Ab-o-v).	Neto planar	59,2-257 -197,8	84,3
C	<i>FD:</i> arcillolitas y lodolitas homogéneas (Arh, Fh), con interposiciones de arenitas feldespáticas con laminación inclinada tangenciales a la base (Ait). <i>FS:</i> arenitas con laminación inclinada e inclinada en artesa (Ai, Aia), arenitas conglomeráticas (ACip).	Neto planar	257-306 -49	43

arenitas con laminación ondulada (**Ao**); entre las facies finas se destacan las lodolitas grises con laminación plana paralela discontinua ricas en fragmentos vegetales (**Fpp-v**).

Como facies subordinadas se encuentran facies heterolíticas (Io y Fo). En la parte superior del segmento se presentan conglomerado matrizsoportado y clastosoportado con estratificación inclinada planar (Cmip, Ccsi) y en menor proporción arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada planar (ACip) y arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai) (Figura 3-38).



Figura 3-38. Intercalaciones de capas medias y delgadas subtabulares de arenitas homogéneas y limolitas arenosas. Las capas se encuentran invertidas.

Ambiente: Las asociaciones de facies para las rocas de la base y parte media fueron acumuladas en depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), alternando con llanuras de inundación (**D2**) en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**); mientras las asociaciones de facies de las sedimentitas del techo corresponden a ríos trenzados distales (**B2-B3**).

Segmento B: Se encuentra entre los metros 59,2 al 257, con un espesor de 197,8 m de los cuales 113,50 están cubiertos; en la poligonal está ubicado entre los $\Delta 6$ y $\Delta 21$. La base del segmento comprende facies finas de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**) ricas en fragmentos vegetales y con laminación plana paralela (**Fpp**), alternando con arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**), ondulada (**Ao**) y plana paralela (**App**). En la parte media superior del segmento predominan arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**), seguidas de paquetes métricos de lodolitas con laminación ondulada, plana paralela y homogénea (**Fo**, **Fpp**, **Fh**) y frecuentes horizontes de carbón (C). Como facies subordinadas se presentan arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (ACip), arenitas bioturbadas laminadas (Ab-ov). (Figura 3-39). *Contacto:* Con el Segmento A es neto planar.

Ambiente: En la base del segmento se presentan asociaciones de facies que indican acumulación en llanuras de inundación (**D2**), alternando con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), en un sistema de ríos meandriformes (**C-D**) con influencia de marismas

y pantanos (**E3**). Mientras en la parte media y superior del segmento las asociaciones de facies de las sedimentitas corresponden a llanuras de inundación (**D2**), con canales secundarios (**D1a**) y de desborde (**D1b**). La presencia de icnofósiles de tipo exichnias y de texturas moteadas entre los metros 70 y 75 sugiere ligera influencia marina para el depósito de esta parte de la sucesión.



Figura 3-39. Capas delgadas subtabulares de arenitas y limolitas arenosas. Las capas están invertidas.

Segmento C: Se encuentra entre los metros 257 y 306 con un espesor de 49 m; localizado en la poligonal entre el $\Delta 21$ y el $\Delta 25$. Predominan los paquetes decamétricos de arcillolitas y lodolitas homogéneas (**Arh**, **Fh**), con interposiciones de arenitas feldespáticas con laminación inclinada tangenciales a la base (**Ait**) (Figura 3-40). Como facies subordinadas se encuentran arenitas con laminación inclinada planar de bajo ángulo e inclinada en artesa (**Ai**, **Aia**), arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (**ACip**). *Contacto:* Con el Segmento B es neto planar.



Figura 3-40. Capas gruesas subtabulares de arcósa entre paquetes métricos de lodolitas y arcillolitas homogéneas varicoloreadas.

Ambiente: Las sedimentitas observadas son interpretadas en asociaciones de facies acumuladas en ambientes de llanuras de inundación (D2), disectadas por canales secundarios (D1a).

3.6 SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.

En la **Sección Río Guachinte Techo (RGT)** fueron descritos 310 m de columna a escala 1:200 de los cuales afloran 232 m y 71 m están cubiertos, se realizaron 801 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 152 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.5, 4, 5 y 9). La sección corresponde a: Tope del Miembro La Rampla (metro 0 al 66.5) de la Formación Guachinte y Miembro Suárez (metro 66.5 al 310) de la Formación Ferreira (Figura 3-41).

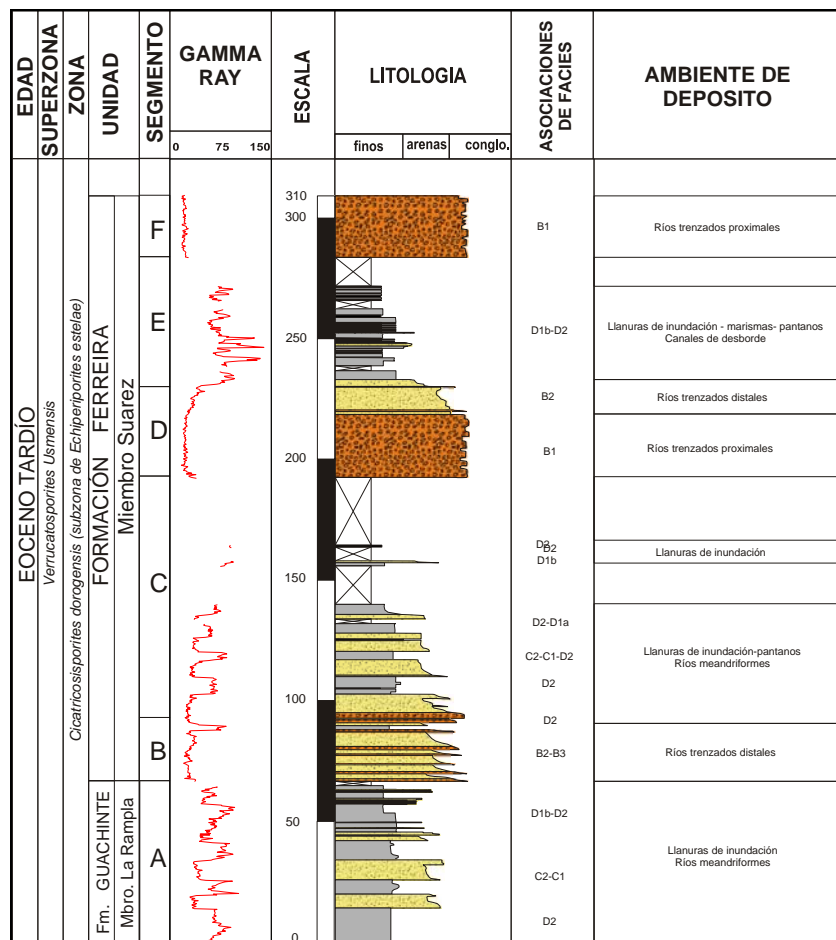


Figura 3-41. Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

3.6.1 Localización y acceso.

Está localizada en la plancha topográfica 299-IV-D, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 840,558 y W = 1.048.394 y finaliza en las coordenadas N = 840.459 y W = 1.048.671. Fueron definidos 17 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 43D$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 55$ al punto final (Anexo 2.5).

Para acceder a esta sección se usan las mismas vías utilizadas en la Sección Río Guachinte, sólo que 20 m después de cruzar el puente sobre el río del mismo nombre, se desvía al SE por un carretable, vía que conduce a los frentes de mina y los túneles; se sigue por espacio de 150 m hasta un nuevo cruce con un carretable abandonado, por donde se continúa en dirección W por espacio de 70 m hasta llegar al delta inicial ($\Delta 43D$) de la poligonal y columna estratigráfica.

3.6.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección fue dividida en seis segmentos los cuales fueron ordenados de base a techo del A hasta el F, de acuerdo a las características litofaciales, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-9 y en la Figura 3-41 se resumen las principales características.

Segmento A: Se presenta entre los metros 0 y 66,5 con un espesor aflorante de 64,50 y 2 m cubiertos; el segmento está ubicado entre el $\Delta 43$ y el $\Delta 43C$ de la poligonal. En la base del segmento predominan los paquetes decamétricos de arcillolitas homogéneas (**Arh**) (Figura 3-42), con interposiciones métricas de arenitas feldespáticas a subarcósas laminadas inclinadas de ángulo bajo (**Ai**) (Figura 3-43) y arenitas conglomeráticas (**ACg, ACip**). En la parte superior predominan los paquetes métricos de arcillolitas y lodolitas homogéneas (**Arh, Fh**) y como litofacies subordinadas se presentan interposiciones menores de arenitas inclinadas de ángulo bajo (**Ai**), arenitas homogéneas (**Ah**) y facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**App**) y heterolíticas con laminación ondulada de arenitas y lodolitas (**Io**).

Ambiente: Las litofacies de la base indican alternancia de asociaciones en ambientes de llanuras de inundación (**D2**) con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), mientras las facies de la parte superior del segmento corresponden a asociaciones para llanuras de inundación (**D2**) disectadas por canales secundarios (**D1a**) y de desborde (**D1b**), en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**)

Tabla 3-9. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Guachinte Techo (RGT).

SECCIÓN RIO GUACHINTE TECHO				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: arcillolitas homogéneas (Arh), arenitas feldespáticas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai) y arenitas conglomeráticas (ACg, ACip) y lodolitas homogéneas (Fh). FS: arenitas inclinadas de ángulo bajo (Ai), arenitas homogéneas (Ah) y lodolitas con laminación plana paralela (App) y facies heterolíticas con laminación ondulada de arenitas y lodolitas (Io).		0-66,5 -66,5	64,5
B	FD: conglomerados matriz y clasto soportados (Cmsg, Cesh, Cesi), seguidos por arenitas conglomeráticas (ACip, ACg), arenitas homogéneas (Ah) y arenitas con laminación inclinada e inclinada planar (Ai, Aip). FS: lodolitas con laminación plana paralela, ricas en fragmentos vegetales (Fpp-v).	Cubierto	66,5-102,7 -36,2	36,2
C	FD: lodolitas con laminación plana paralela ricas en fragmentos vegetales (Fpp-v), lodolitas homogéneas (Fh) y ondulada (Fo); arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai). FS: arcosas con laminación ondulada (Ao), arenitas conglomeráticas (ACg) y carbón (C).	Neto planar	102,7-192,5 -89,8	40
D	FD: Base y parte media conglomerados clasto soportados oligomicticos homogéneos compuestos por clastos de cuarzo lechoso hasta 95% y de chert hasta 10% (Cesh). Techo: arenitas conglomeráticas gradadas o con laminación inclinada planar (ACg, ACip). FS: arenitas con laminación inclinada y ondulada (Ai, Ao).	Cubierto	192,5-233,2 -40,7	40,7
E	FD: arcillolitas y lodolitas con laminación plana paralela carbonosas (Fpp, Fpp-c), lodolitas homogéneas (Fh) y carbón (C). FS: arenitas feldespáticas con laminación plana paralela y ondulada (App, Ao).	Transicional	233,2-284 -50,8	33,3
F	FD conglomerados clasto soportados oligomicticos homogéneos compuestos por clastos de cuarzo lechoso hasta 95% y de chert hasta 10% (Cesh).	Cubierto	284-309,5 -23,5	23,5



Figura 3-42. Arcillolita homogénea muy meteorizada, de color gris verdoso con tonos naranja amarillento por oxidación.



Figura 3-43. Arenitas con laminación inclinada de color amarillo, en capas medias canaliformes, contacto irregular.

Segmento B: Fue definido entre los metros 66,5 y 102,7 con un espesor de 36,2 m; esta ubicado en la poligonal entre el $\Delta 43$ y el $\Delta 45$. El segmento se caracteriza por secuencias granodecrescentes incompletas que inician a la base con conglomerados matriz y clasto soportados (**Cmsg**, **Ccsh**, **Ccsi**), seguidos por arenitas conglomeráticas (**ACip**, **ACg**), arenitas homogéneas (**Ah**) y arenitas con laminación inclinada de bajo angulo e inclinada planar (**Ai**, **Aip**). Como facies subordinadas se encuentran facies finas de lodolitas con laminación plana paralela ricas en fragmentos vegetales (Fpp-v) (Figura 3-44). *Contacto:* Con el Segmento A está cubierto.



Figura 3-44. Capas gruesas de arenitas feldespáticas y arenitas líticas subtabulares con contactos planos y neto irregular, (derecha de la foto); seguido por arcillolitas ricas en materia orgánica carbonosa y restos vegetales por planos de laminación (izquierda de la foto).

Ambiente: Las facies de este segmento son interpretadas como asociaciones de facies características de ríos trenzados distales (**B2-B3**).

Segmento C: Se encuentra entre el metro 102,7 y el metro 192,5 con un espesor de 89,8 m, de los cuales afloran 40 m, segmento ubicado en la poligonal entre el $\Delta 45$ y el $\Delta 49$. Las litofacies dominantes corresponden a paquetes métricos de lodolitas con laminación plana paralela ricas en fragmentos vegetales (**Fpp-v**), lodolitas homogéneas (**Fh**), y onduladas (**Fo**) alternando con capas gruesas y muy gruesas de arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**). Como litofacies subordinadas se presentan arenitas feldespáticas con laminación ondulada (**Ao**), arenitas conglomeráticas (**ACg**) y capas delgadas y medias de carbón (**C**) (Figura 3-45). *Contacto:* Con el Segmento B es neto planar.



Figura 3-45. Secuencia de arenitas feldespáticas de colores amarillo y ocre, en capas subtabulares medias y gruesas; localmente láminas gruesas de materia carbonosa (A la derecha de la foto), en contacto ondulado con unas lodolitas arenosas con laminación plano paralela y restos de hojas completas e incompletas (a la izquierda de la foto).

Ambiente: Las asociación de facies para las sedimentitas indican ambientes de llanuras de inundación (**D2**) con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**) en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**) e influenciado por pantanos (**E3**).

Segmento D: Se presenta entre los metros 192,5 y 233,2 con un espesor de 40,7 m; en la poligonal son los $\Delta 49$ a $\Delta 51$. En la base y parte media del segmento predominan los conglomerados clasto soportados oligomicticos homogéneos compuestos por clastos de cuarzo lechoso hasta 95% y de chert hasta 10% (**Ccsh**); en la parte superior del segmento predominan arenitas conglomeráticas gradadas o con laminación inclinada planar (**ACg** y **ACip**) (Figura 3-46) y en menor proporción arenitas con laminación inclinada planar de ángulo bajo y ondulada (**Ai**, y **Ao**). *Contacto:* Con el segmento C está cubierto.

Ambiente: La parte inferior y media del segmento corresponde a depósitos de ríos trenzados proximales (**B1**), mientras la parte superior fue acumulada en ríos trenzados distales (**B2**).



Figura 3-46. Conglomerado polimítico clasto soportado de trama desordenada, color gris claro, con guijos y guijarros redondeados de cuarzo lechoso y chert.

Segmento E: Definido entre los metros 233,2 y 284 con un espesor de 50,8 m; ubicado en la poligonal del $\Delta 50$ al $\Delta 53$. Presenta sucesiones litofaciales parecidas a la del segmento C, con predominio de arcillolitas y lodolitas con laminación plana paralela carbonosas (**Fpp**, **Fpp-c**), lodolitas homogéneas (**Fh**), intercaladas con capas delgadas a muy gruesas de carbón (C). Como facies subordinadas se encuentran arenitas feldespáticas con laminación plana paralela y ondulada (**App**, **Ao**) (Figura 3-47). *Contacto:* Con el Segmento D es transicional.



Figura 3-47. Capa decimétrica de carbón.

Ambiente: Este segmento fue acumulado en ambientes de llanuras de inundación y en zonas de pantanos (**D2**), con algunos canales secundarios (**D1b**).

Segmento F: Se presenta entre los metros 284 y 309,5 con espesor de 23,50; representado en la poligonal entre los $\Delta 14$ y $\Delta 15$. Son conglomerados clasto soportados oligomícticos homogéneos compuestos por clastos de cuarzo lechoso hasta 95% y de chert hasta 10% (**Ccsh**) (Figura 3-48), similar a la parte basal y media del Segmento D. *Contacto:* El contacto infrayacente está cubierto, pero se sugiere neto irregular, debido a la presencia de intraclastos arcillosos a la base de la secuencia.



Figura 3-48. Capa muy gruesa de conglomerado polimíctico clasto soportado de trama desordenada, homogéneo, color gris claro a blanco, con guijos redondeados de cuarzo lechoso y chert, localmente guijarros.

Ambiente: Las litofacies del segmento conforman asociaciones de facies acumuladas en ambientes de ríos trezados proximales (**B1**).

SECTOR PATÍA

El área seleccionada, por la Interventoría y Geoestudios Ltda, para el levantamiento de columnas estratigráficas en la zona sur, corresponde geográficamente a la cuenca del río Patía y a la estribación occidental de la Cordillera Central, en jurisdicción de los municipios Patía-Bordo, Bolívar, El Tambo y La Vega.

En esta área fueron seleccionados cuatro sitios donde se describieron cinco columnas estratigráficas, dos en el Río Esmita, una en la Quebrada Guanabanal, una en la Quebrada La Despensa y otra en el sector de El Boquerón; organizadas y descritas de la siguiente manera:

1. **SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE) Y SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)**-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático; Formaciones Peña Morada y Mosquera.

2. **SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)**-Grupo Diabásico y Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.
3. **SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)**-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.
4. **SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA-(QD)**-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

El sitio base, escogido por la Interventoría y Geostudios Ltda, para el levantamiento de columnas estratigráficas, en el sector “Sur” fue la población de El Bordo, departamento del Cauca, localizado 82 Km al WSW de la capital departamental, Popayán. Geográficamente corresponde a la estribación occidental de la Cordillera Central.

En estas cinco columnas estratigráficas se levantaron un total de 2.920 m, a escala 1:200, de los cuales 2.230,7 m están aflorando y 567,3 m cubiertos; se registraron 7.450 lecturas de Gamma Ray, se recolectaron 1.039 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron numerosas fotografías ilustrativas (Anexos 3, 4, 5 y 9). Las unidades levantadas de la más antigua a la más reciente son: Grupo Diabásico, Formación Peña Morada, Formación Mosquera y Formación Esmita.

3.7 SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático.

En la **Sección Río Esmita (RE)** fueron descritos un total de 169,50 m a escala 1:200 de los cuales afloran 168 m y 1,50 están cubiertos, se registraron 562 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 66 muestras para diferentes propósitos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.6, 4, 5 y 9). Comprende el Grupo Diabásico (metro 0 la 4,5, ubicado en el $\Delta 0$) y la Formación Peña Morada (metro 6 al 169,5 ubicado entre los $\Delta 1$ y $\Delta 19$) (Figura 3-49). Además se levanto, una segunda columna correspondiente al tope de la Formación Peña Morada y la base de la Formación Mosquera entre el metro 0 y 42 entre el $\Delta 24$ y el $\Delta 26$ (Figura 3-49).

3.7.1 Localización y acceso.

La sección está localizada en la plancha topográfica 364-III-B, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 737.241 y W = 1.027.959 y finaliza en las coordenadas N = 737.485 y W = 1.027.821. Fueron levantados 25 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 19$ al punto final de ésta, aunque la poligonal se continuó hasta el $\Delta 24$, sólo se utilizó como elemento de amarre con la otra columna medida en el río (Anexo 2.6). En el sector entre el $\Delta 20$ y el $\Delta 24$ se observan complicaciones estructurales (un sinclinal y una falla en un

espacio de aproximadamente 100 m de sección), le que impide determinar el espesor real de la Formación Peña Morada.

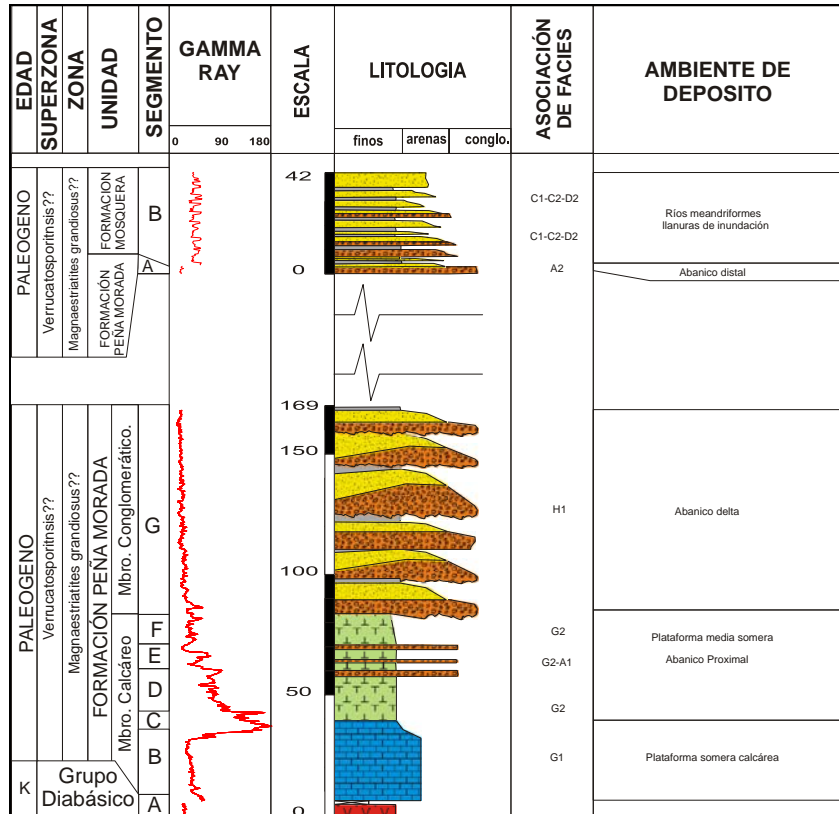


Figura 3-49. Secciones Río Esmita (RE) y Río Esmita sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Formación Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Formación Mosquera.

Para acceder a esta sección, se parte del municipio de Popayán por la Vía Panamericana hacia Pasto, hasta unos 300 m antes de llegar al puente sobre el río Esmita, después de la población de Párraga y 25 Km antes de la población de El Bordo; en la entrada a la hacienda La Sirena, se tomó el camino paralelo al río, en dirección aguas abajo hacia el sector de Peña Morada, al Oeste de la vía, el cual hay que recorrer por una distancia de 4 Km para llegar al $\Delta 0$, ubicado en la margen derecha del río aguas abajo.

3.7.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta parte de la sección se ha dividido en siete segmentos, ordenados de base a techo como A hasta G, agrupadas de acuerdo a sus características litofaciales, donde se describen primero las litologías dominantes y luego las litologías subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-10 y en la Figura 3-49 se resumen las principales características.

Segmento A: Es observado del metro 0 al 6 y corresponde en la poligonal al $\Delta 0$, donde la litología dominante son diabasas cloritizadas (**DB**), (Figura 3-50).



Figura 3-50. Diabasa cloritizada con venas de plagioclasa y cuarzo, de color verde grisáceo.

Ambiente: Corresponden a rocas de corteza oceanica.

Segmento B: Se definió entre los metros 6 y 39, con un espesor de 33 m, ubicado en la poligonal entre el $\Delta 1$ y el $\Delta 2$, donde la litología dominante es *wackestone* con laminación plano paralela (**Wkpp**); las facies subordinadas son interlaminaciones *mudstone* con laminación plana paralela (Mdpp) (Figura 3-51). En la parte superior del segmento se presenta un paquete métrico de *mudstone* homogéneos (**Mdh**). *Contacto:* Con el Segmento A está cubierto, pero se sugiere una discordancia angular.



Figura 3-51. Capas finas de *wackestone* y *mudstone* de color gris oscuro, muy fracturado.

Tabla 3-10. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Esmita (RE).

SECCIÓN RIO ESMITA				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	Diabasas cloritizadas (DB), (Basamento).		0-6 -6	4,5
B	<u>FD</u> : Wackestone con laminación plano paralela (Wkpp), <u>FS</u> : intercalaminaciones de mudstone con laminación plana paralela (Mdpp). <i>Techo</i> : mudstone homogéneos (Mdh).	Cubierto	6-39 -33	33
C	<u>FD</u> : lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (Fpp). <u>FS</u> : arenitas homogéneas (Ah) y bioperturbadas (Ab).	Neto planar	39-44 -5	5
D	<u>FD</u> : lodolitas silicificadas con laminación plano paralelas (Fpp). <u>FS</u> : lodolitas homogéneas (Fh) y lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (Fpp)	Neto planar	44-57,5 -13,5	13,5
E	<u>FD</u> : lodolitas silicificadas con laminación plano paralela localmente calcáreas (Fpp), conglomerados lodo soportados homogéneos tectonizados (Clsh).	Neto irregular	57,5-70,8 -13,3	13,3
F	<u>FD</u> : lodolitas silicificadas localmente calcáreas con concreciones calcáreas (Fh). En el metro 72 hay gasterópodos hasta de 5 cm. de longitud.	Neto planar	70,8-83 -12,2	12,2
G	<u>FD</u> : Conglomerados polimícticos lodo, clasto y matriz soportados, homogéneos, con locales clastos calcáreos, con clastos de rocas ígneas efusivas (Clsh1, Cmsh1, Ccsh1) <u>FS</u> : arenitas feldespáticas homogéneas (Ah), lodolitas arenosas homogéneas (Fh) y conglomerados con imbricación y gradaciones (Ccs1)	Neto irregular	83-169,5 -86,5	86,5

Ambiente: Estas secuencias de sedimentitas fueron acumulados en un ambiente de plataforma interna somera y restringida dominada por lodos calcáreos (**G1**).

Segmento C: Es observado del metro 39 al metro 44 y con un espesor de 50 m; en la poligonal entre $\Delta 2$ al $\Delta 3$, donde las litofacies dominantes son lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (**Fpp**) en capas medias, intercaladas con arenitas homogéneas (Ah) y bioperturbadas (Ab) (Figura 3-52). *Contacto:* Con el Segmento B es neto planar.

Ambiente: El ambiente de depósito del segmento C pertenece a plataforma media somera y restringida (**G2**).

Segmento D: Se definió entre los metros 44 y 57,5, con espesor de 13,50 m, está ubicado en la poligonal entre los $\Delta 3$ y $\Delta 5$. La litofacies dominante son lodolitas silicificadas con laminación plana paralela (**Fpp**) y en la parte superior de la secuencia, como facies subordinadas, lodolitas homogéneas (Fh) y lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (Fpp) (Figura 3-53). *Contacto:* con el Segmento C es neto planar.

Ambiente: Las sedimentitas de este segmento indican asociaciones de facies acumuladas en ambientes de plataforma somera restringida (**G2**).



Figura 3-52. Capa de arenita homogénea de color amarillo quemado interestratificada en lodolitas silicificadas levemente calcáreas de color gris oscuro con laminación plana paralela.



Figura 3-53. Lodolita silicificada, localmente calcárea, de color gris oscuro a gris café, en capas delgadas, muy fracturada.

Segmento E: Es observado del metro 57,5 al metro 70,8 y con un espesor de 13,3 m; en la poligonal entre $\Delta 4$ y $\Delta 5$ donde las litofacies dominantes son lodolitas silicificadas con laminación plana paralela localmente calcáreas (**Fpp**) intercaladas con conglomerados lodo soportados homogéneos tectonizados (**Clsh**) (Figura 3-54). *Contacto:* Con la unidad infrayacente es neto irregular.



Figura 3-54. Zona de brecha tectónica conformada por secuencia de lodolita homogénea, a la base, con clastos de rocas volcánicas y al techo, conglomerado lodo soportado, homogéneo, de clastos de rocas volcánicas tamaño guijo, muy fracturado con estrías de fricción.

Las facies del segmento E conforman asociaciones que fueron acumuladas en ambientes de plataforma somera restringida (**G2**) y un abanico delta (**H1**) (*fan delta*), que correspondería a las secuencias que involucran a las facies conglomeráticas.

Segmento F: Se encuentra entre los metros 70,8 y 83, con espesor de 12,2 m; localizado en la poligonal entre los $\Delta 5$ y $\Delta 7$. Las litofacies dominantes son lodolitas silicificadas homogéneas, localmente calcáreas con concreciones calcáreas (**Fh**, **Fh-con**) (Figura 3-55). En el metro 72 se observan gasterópodos de hasta 5cm de longitud. *Contacto:* Con el Segmento E es neto planar.



Figura 3-55. Lodolita a arcillolita homogénea ligeramente calcáreas, con concreciones calcáreas.

Ambiente: Las sedimentitas conforman asociaciones que fueron acumuladas en ambientes de plataforma somera restringida (**G2**).

Segmento G. Es observado entre los metros 83 y 169,5, con un espesor de 86,50 m; localizado en la poligonal entre los $\Delta 7$ y $\Delta 19$. Comprende secuencias granodecrecientes completas e incompletas que inician con conglomerados polimícticos clasto y matriz-soportados, homogéneos, con locales clastos calcáreos y de rocas ígneas efusivas (**Clsh1**, **Cmsh1**, **Ccsh1**) (Figura 3-56), seguidos por arenitas feldespáticas homogéneas (Ah) y finalizan con lodolitas arenosas homogéneas (Fh). En la parte superior de la secuencia, los conglomerados pueden presentar imbricación y gradación (Ccsg1). (Figura 3-57). *Contacto:* Con el Segmento F es neto irregular.

Ambiente: Las asociaciones de facies de las secuencias granodecrecientes de este segmento suprayaciendo secuencias de lodolitas calcáreas y calizas, indican que pudieron ser acumulados en ambientes de abanicos deltas (**H1**) (*fan delta*), sobre una zona de plataforma dominada por lodo calcáreo. Las estructuras sedimentarias, los registros litológicos y los procesos de sus génesis, además de la relación entre facies proximales y distales, son semejantes entre ambientes de abanicos aluviales y abanicos deltas (*fan deltas*) (Stow, y otros, 2007). Sin embargo, en la sección estudiada no se registraron secuencias ni asociaciones de facies que indicaran ambientes de turbiditas, tales como ritmitas, secuencias de bouma, Icnofacies *Zoophycus*, etc. Tampoco se registro arenitas de playas, o de ambientes transicionales entre abanicos aluviales proximales y sistemas de ríos meandriformes o planicies costeras. Plantear una fuerte caída en el nivel del mar registrando una discordancia con un low stand, es menos probable, porque este debería tener un registro de carácter más regional y hasta ahora no se ha reportado. Sería necesario realizar estudios en otras localidades para poder refinar la interpretación.



Figura 3-56. Secuencia de lodolita a arcillolita homogénea ligeramente calcáreas, de color gris café y un nivel de conglomerado lodosoportado, con clastos tamaño guijo, calcáreos, al techo.



Figura 3-57. Secuencia de conglomerados clastosoportado, homogéneo de trama desordenada, de color gris rojizo, con clastos de rocas volcánicas, de muy diversos tamaños, redondeados a subangulares, en capas canaliformes muy gruesas a gruesas con niveles de lodolitas de color rojizo, en capas medias irregulares.

3.8 SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)- Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base.

En esta parte del río, en la **Sección Río Esmita (sector Formación Mosquera)**, se levantaron 42 m a escala 1:200, sin intervalos cubiertos; se efectuaron 141 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 8 muestras para diferentes propósitos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.6, 4, 5 y 9). De los 42 m descritos en la sección, los 3 m de la base corresponden a la Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y 38 m a la Formación Mosquera (Figura 3-49).

3.8.1 Localización y acceso.

Está localizada en la plancha topográfica 364-III-B, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura $N = 737.507$ y $W = 1.027.683$ y finaliza en las coordenadas $N = 737.505$ y $W = 1.027.576$. Fueron levantados 3 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 24$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 26$ al punto final (Anexo 2.6).

Para llegar a esta parte de la sección se usa el mismo acceso utilizado hasta el $\Delta 0$ en la Sección Río Esmita y se continúa cerca de 400 m por la margen del río, aguas abajo, hasta llegar a la base de un escarpe, el cual corresponde al punto de inicio de este parte de la sección, en el $\Delta 24$.

3.8.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección se ha dividido en dos segmentos y ordenados de base a techo del segmento A hasta el Segmento B, de acuerdo a sus características litofaciales, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-11 y en la Figura 3-49 se resumen las principales características.

Tabla 3-11. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Río Esmita, Formación Mosquera (REm).

SECCIÓN RÍO ESMITA: FORMACIÓN MOSQUERA				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: conglomerados polimícticos clasto y matriz soportado con estratificación inclinada (Cmip1, Ccsi1) y clastos de rocas ígneas efusivas. FS: lodolitas limosas homogéneas (Fh).		0-4	4
B	FD: arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (ACip) e intraclastos arenosos y lodosos, cuarzoarenitas con estratificación cruzada planar (Aip) y lodolitas arenosas homogéneas (Fh). Algunas secuencias son incompletas y no se preservan las facies finas de lodolitas. FS: arenitas con laminación ondulada, plana paralela (Ao, App) y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp).	Transicional	4-42 -38	38

Segmento A: Es observado del metro 0 al metro 4 y corresponde al primer tramo en la poligonal entre el $\Delta 24$ y $\Delta 26$. Las litofacies dominantes son conglomerados polimícticos clasto y matriz soportado con estratificación inclinada y clastos de rocas ígneas efusivas (**Cmip1**, **Ccsi1**) (Figura 3-58). Hacia la base del segmento se aprecian lodolitas limosas homogéneas (Fh).



Figura 3-58. Secuencia conformada, a la base (parte media e inferior de la foto), por conglomerado matriz y clastosoportado, con estratificación inclinada, en capa canaliforme, muy gruesa, de clastos de rocas volcánicas de muy diversos tamaños. Capa canaliforme gruesa de arenita a arenita conglomerática de color gris amarillento. Corresponde al contacto entre las formaciones Peña Morada y Mosquera.

Ambiente: Las características litofaciales conforman asociaciones de facies que indican que el ambiente de depósito para este segmento corresponde a abanicos aluviales distales (**A2**).

Segmento B: Está definida entre los metros 4 y 42, con un espesor de 38 m y encuentra ubicada en la poligonal entre $\Delta 24$ al $\Delta 26$. Comprende secuencias granodecipientes completas e incompletas, que inician a la base con arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (**ACip**) e intraclastos arenosos y lodosos, seguidas de cuarzoarenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**) y con frecuencia termina en lodolitas arenosas homogéneas (**Fh**). Como facies subordinadas es posible encontrar arenitas con laminación ondulada, plana paralela (**Ao**, **App**) y facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**). (Figura 3-59). *Contacto:* Con el Segmento A es transicional.

Ambiente: Las facies indican asociaciones que son interpretadas como depósitos de ríos trenzados proximales (**B1**) y distales (**B2**, **B3**) y que pasan a asociaciones de facies que indican depósitos en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**) con presencia de depósitos de barras de orillal (**C1-C2**) y sus llanuras de inundación (**D2**).



Figura 3-59. Secuencia de arenitas con lodolitas, en capas canaliformes y tabulares con frecuentes superficies de erosión.

3.9 SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

La **Sección Quebrada Guanabanal (QG)** se levantó en dos temporadas de campo y fueron descritos un total de 1.078,50 m a escala 1:200 de los cuales 776,3 m afloran y 302,2 m están cubiertos, se efectuaron 2.592 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 342 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.7, 4, 5 y 9). La sección incluye el Grupo Diabásico (metro 0 al 1,5) y las formaciones Mosquera (metro 1,5 al 243) y Esmita (metro 243 al 1.078,5) (Figura 3-61).

3.9.1 Localización y acceso.

Está localizada en la plancha topográfica 364-III-D, escala 1:25.000, e inicia en las coordenadas planas con origen en Buenaventura N = 727.062 y W = 1.019.417 y finaliza en las coordenadas N = 727.864 y W = 1.018.389. Fueron levantados 80 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al punto de inicio de la sección y $\Delta 79$ al punto final (Anexo 2.7).

Para acceder a esta sección se parte del municipio de Popayán hacia Pasto por la Vía Panamericana, hasta unos 900 m antes de llegar a la Inspección de Policía de Piedra Sentada, donde se desvía por el carretable que conduce a Puente Fierro (sobre el río Guachicono) y termina en la Inspección de Policía de Los Uvos; por esta vía se recorre una distancia de 5 Km hasta la entrada a la Hacienda Guanabanal, para continuar a pie por unos 900 m hasta la quebrada Guanabanal y proseguir por ella, aguas arriba por unos 1700 m hasta llegar al inicio de la sección y poligonal ($\Delta 0$).

3.9.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección se ha dividido en veintidós segmentos ordenados de base a techo del segmento A hasta el Segmento V, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-12 y en la Figura 3-61 se resumen las principales características.

Segmento A: Fue definido entre los metros 0 y 1,5 y corresponde en la poligonal a el $\Delta 0$ y el $\Delta 1$ donde la litología dominante son basaltos amigdalares (**DB**) (Figura 3-60).



Figura 3-60. Basalto amigdalares pseudoestratificado algo alterado.

Ambiente: Corresponde a rocas originadas en corteza oceánica.

Segmento B: Es observado del metro 1,5 al metro 51, con un espesor de 49,50; amarrados en la poligonal por el $\Delta 1$ al $\Delta 3$. Comprende secuencias granodecipientes incompletas que inician a la base con conglomerados polimícticos matriz soportados gradados y homogéneos (**Cmsg** y **Cmsh**), seguidos a la base del segmento por cuarzoarenitas con laminación ondulada (**Ao**) y al tope del segmento por cuarzoarenitas homogéneas (**Ah**). Las láminas de las arenitas son de lodolitas ricas en materia orgánica carbonosa. (Figura 3-62). En la parte superior del segmento hay predominio de conglomerados clasto y matriz soportados homogéneos, polimícticos (**Ccsh**, **Cmsh**), con algunas gradaciones normales. La fracción de sedimentitas finas no esta preservada.
Contacto: Con el Segmento A es neto irregular (discordancia).

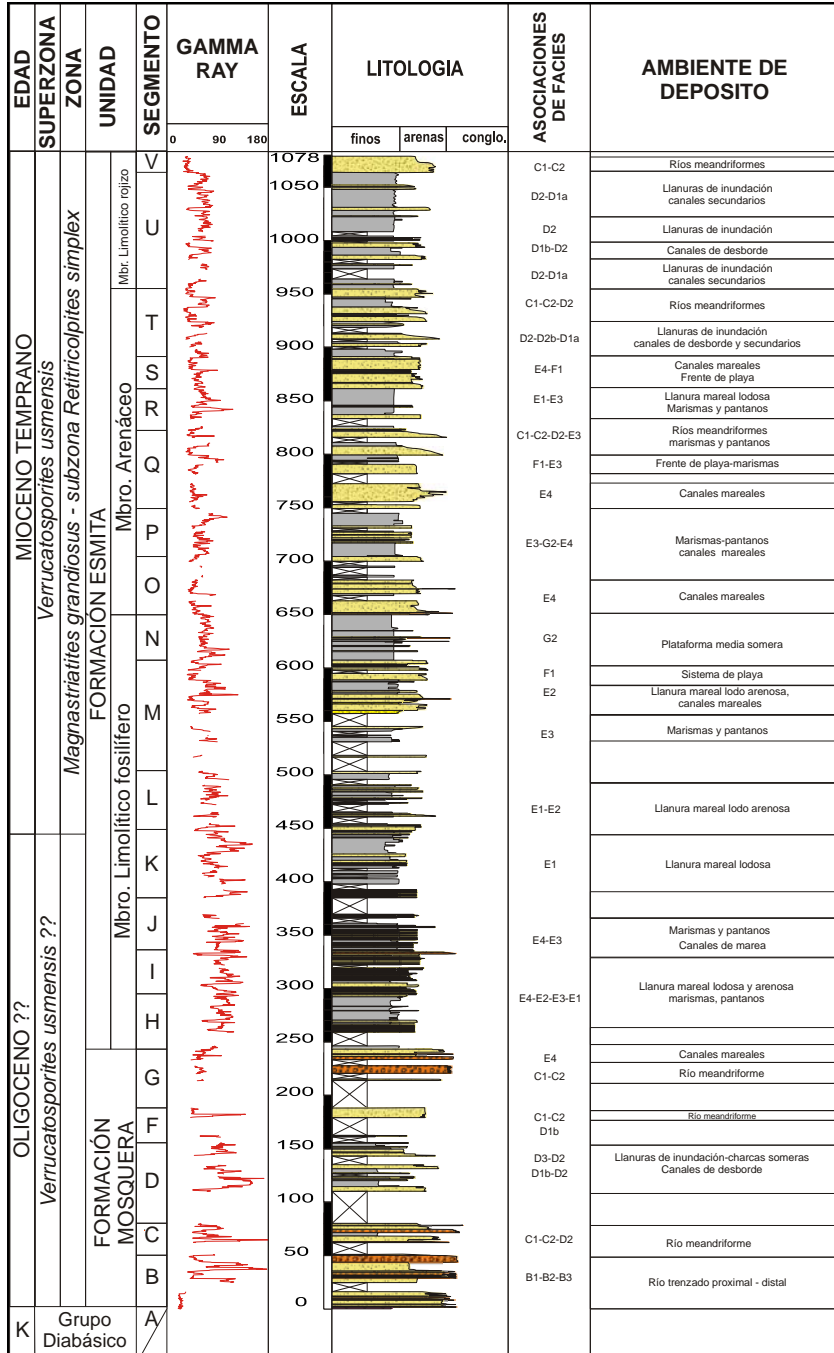


Figura 3-61. Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y las formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Tabla 3-12. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Quebrada Guanabanal (QG).

SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: basaltos amigdalares (DB) (Basamento).		0-1,5 -1,5	1,5
B	FD: Base y parte media: conglomerados polimícticos matriz soportados gradados y homogéneos (Cmsg y Cmsh), cuarzoarenitas con laminación ondulada (Ao) y cuarzoarenitas homogéneas (Ah). Techo conglomerados clasto y matriz soportados homogéneos, polimícticos (Ccsh, Cmsh).	Neto irregular (Discordancia)	1.5-51 -49,5	41
C	FD: conglomerados matriz soportados homogéneos (Cmsh), de cuarzo lechoso y chert, sublitoarenitas con laminación ondulada y homogénea (Ao, Ah), arcillolitas moteadas homogéneas (Fh). FS: arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (Ait) y laminación plana paralela (App).	Cubierto	51-80 -29	18
D	FD: Base y parte media: arcillolitas y lodolitas homogéneas (Arh, Fh) intercaladas con paquetes métricos de arenitas homogéneas (Ah). FS: arenitas y lodolitas con laminación plana paralela (App, Fpp), facies heterolíticas de arenitas y lodolitas con laminación plana paralela y ondulada (Ipp, Io), arenitas con laminación ondulada (Ao). Techo: arcillolitas carbonosas y carbón (Fpp-c, C).	Cubierto	80-150.3 -70,3	30,3
E	FD: arcillolitas carbonosas con locales concreciones calcáreas (Fpp, Fpp-con) y, arenitas homogéneas con cemento calcáreo y gran cantidad de bivalvos, gasterópodos (Ah, Ah-f)	Neto planar	150.3-154.8 -4,5	4,5
F	FD: cuarzoarenitas y arenitas líticas con laminación plana paralela y ondulada (App, Ao), separadas por láminas de materia orgánica (App-c, Ao-c), FS: arcillolitas carbonosas con laminación plana paralela y ondulada (Fpp, Fo), arenitas lodosas con laminación plana paralela (App) y cuarzoarenitas homogéneas (Ah).	Neto planar.	154.8-182 -27,2	4,3
G	FD: Base y parte media: cuarzoarenitas de grano muy grueso homogéneas (Ah). Techo: conglomerados matriz soportados con laminación inclinada planar (Cmip), arenitas bioperturbadas (Ab) con icnofósiles verticales y subverticales <i>domichnia</i> , <i>Ohiomorpha</i> sp. FS: arenitas con laminación plana paralela, ondulada no paralela continua y flaser (App, Ao, Afl).	Neto planar	182-243 -61	24,4

SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRA YACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
H	<u>FD</u> : Base: lodolitas con laminación ondulada (Fo), seguidos de facies heterolíticas de interposiciones de capas delgadas de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (Io). <i>Parte media</i> : arcillolitas y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), localmente con concreciones calcáreas (Fpp-con). <i>Techo</i> : lodolitas con laminación plana paralela fosilífera (Fpp-f) gasterópodos, bivalvos y foraminíferos. <u>FS</u> : cuarzoarenitas con laminación flaser y lenticular (Afl), ondulada con láminas de materia orgánica (Ao-c) y arenitas con estratificación sigmoidal (Ais).	Neto planar	243–292 -49	36
I	<u>FD</u> : Interlaminaciones / interposiciones de capas delgadas de arenitas-lodolitas onduladas (Io) onduladas bioperturbadas, con icnofósiles horizontales en la interfase arena arcilla: <i>Thalassinoides</i> , <i>Rizocoralium</i> , <i>Palaeophycus</i> , <i>Planolites</i> , <i>pelets fecales</i> (Io-b). Igualmente es localmente fosilífera (bivalvos y gasterópodos) (Io-f); cuarzoarenitas con laminación ondulada, lenticular y flaser (Ao , Alen , Afl). Hay variación en la proporción de arena lodo, desde 3:1 a 1:3. <u>FS</u> : lodolitas homogéneas abigarradas (Fh), shales con laminación plana paralela (Fpp). Conglomerados matriz soportados gradados (Cmsg), y arenitas homogéneas (Ah).	Transicional	292–333,8 -41,8	38,8
J	<u>FD</u> : paquetes métricos de facies heterolíticas de interlaminaciones / interestratificaciones finas onduladas de lodolitas y arenitas (Io), carbonosas (Io-c) y lodolitas homogéneas (Fh). <u>FS</u> : arenitas con laminación ondulada (Ao), cuarzoarenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación flaser (Afl), y lodolitas con laminación ondulada carbonosas (Fo-c)	Neto onduloso	333,8–397,6 -63,8	38,8
K	<u>FD</u> : lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), ondulada (Fo), limolitas homogéneas localmente calcáreas (Fh , Fh-cal), lodolitas laminadas bioperturbadas (Fpp-b), con frecuentes concreciones calcáreas (Fh-Con). <u>FS</u> : arenitas bioperturbadas (Ab), con laminación ondulada bioperturbadas (Ao-b), arenitas con laminación inclinada (Ai) e inclinada sigmoidal (Ais).	Cubierto	397,6–447,6 -50	45
L	<u>FD</u> : Base y parte media: lodolitas homogéneas, bioperturbadas, fosilíferas y/o con fragmento vegetales (Fh , Fh-b , Fh-f-v). <u>FS</u> : arenitas lodosas, arenitas líticas y cuarzoarenitas con laminación ondulada (Ao), inclinada planar (Aip) y sigmoidal (Ais), arenitas con laminación plana paralela (App). <i>Techo</i> : <u>FD</u> : arenitas homogéneas (Ah) y facies heterolíticas arenita-lodolita con laminación ondulada (Io). <u>FS</u> : mudstone homogéneos con bivalvos (Md-f).	Neto planar	447,6–503 -55,4	35

SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
M	<u>FD</u> : Base: lodolitas con laminación ondulada fosilífera (Fo-f), y cuarzoarenitas con estratificación inclinada sigmoidal, inclinada tangencial a la base, e inclinada de ángulo bajo (Ais , Ait , Ai). <u>FS</u> : conglomerados matriz soportados homogéneos con gasterópodos centimétricos (Cmsh-f), arenitas con laminación ondulada (Ao) y lodolitas homogéneas (Fh). <u>Parte media</u> : <u>FD</u> : lodolitas y limolitas con laminación plana paralela (Fpp), con abundantes concreciones calcáreas (Fpp-con), <u>FS</u> : cuarzoarenitas con laminación plana paralela (App). <u>Techo</u> : <u>FD</u> : cuarzoarenitas con estratificación inclinada planar (Aip), inclinada en artesa (Aia) e inclinada de ángulo bajo (Ai); <u>FS</u> : facies heterolíticas de arenitas-lodolitas con laminación ondulada, con icnofósiles en la interfase (Io-b) y arenitas homogéneas (Ah).	Cubierto	503-606.5 -103,5	52,9
N	<u>FD</u> : lodolitas arenosas y limosas homogéneas (Fh), hay dos niveles fosilíferos con gasterópodos de tamaños milimétricos (Fh-f), lodolitas onduladas (Fo), rica en materia orgánica y abundantes concreciones calcáreas centimétricas (Fo-con). <u>FS</u> : sublitoarenitas con laminación inclinada (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada planar bioperturbada (Aip-b) y arenitas bioperturbadas (Ab); conglomerado matriz soportado con laminación inclinada (Cmsi) y un nivel con abundantes fragmentos de bivalvos.	Neto planar	606.5-649.5 -43	43
O	<u>FD</u> : arenitas líticas con estratificación inclinada (Ai) y arenitas bioperturbadas (Ab). <u>FS</u> : arenitas con laminación inclinada planar (Aip), inclinada en artesa (Aia), conglomerado matriz soportado gradado (Cmsg) y lodolitas y limolitas homogéneas (Fh).	Neto irregular	649.5-704 -54,5	35,5
P	<u>FD</u> : Base y <u>Techo</u> : lodolitas rojizas homogéneas (Fh) y arcillolitas arenosas con laminación plana paralela y ondulada (Fpp , Fo). <u>FS</u> : lodolitas calcáreas bioperturbadas (Fb) y facies heterolíticas lodolitas-limolitas con láminas onduladas ricas en materia orgánica carbonosa (Io, Io-c). <u>Parte media</u> : <u>FD</u> : arenitas líticas con laminación plana paralela (App) y frecuentemente fragmentos vegetales carbonizados (App-c) <u>FS</u> : arenitas bioperturbadas (Ab).	Neto ondulado	704-749 -45	38

SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
Q	<u>FD</u> : Base y parte media: cuarzoarenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada tangencial a la base (Ait), arenitas feldespáticas y líticas homogéneas (Ah), arenitas líticas con laminación plana paralela (App). <u>FS</u> : arenitas líticas con laminación ondulada (Ao) y arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada planar (ACip). <i>Techo</i> : <u>FD</u> : arenitas homogéneas (Ah), arcillolitas limosas con laminación ondulada (Fo), carbón (C).	Cubierto	749-823 -74	52,9
R	<u>FD</u> : paquetes decamétricos de lodolitas homogéneas rojizas (Fh). <u>FS</u> : cuarzoarenitas con laminación inclinada planar (Aip), arenitas bioperturbadas (Ab), arenitas homogéneas (Ah) y lodolitas con laminación plana paralela (Fpp).	Transicional	823-861 -38	31
S	<u>FD</u> : Arenitas con laminación ondulada rica en materia orgánica carbonosa (Ao-c), cuarzoarenitas con laminación inclinada (Ai), inclinada planar, herringbone (Aip), inclinada sigmoidal (Ais) y arenitas bioperturbadas (Ab). <u>FS</u> : lodolitas carbonosas con laminación plana paralela (Fpp) y arenitas bioperturbadas con remanentes de laminación inclinada (Ai-b).	Neto planar	861-890 -29	29
T	<u>FD</u> : arcillolitas a limosas o lodolitas, homogéneas compactas (Fh), litoarenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), inclinada planar (Aip) e inclinada tangencial a la base (Ait). <u>FS</u> : lodolitas con laminación plana paralela, ricas en materia orgánica carbonosa (Fpp , Fpp-c), cuarzoarenitas con laminación plana paralela (App) y litoarenita feldespática con laminación ondulada (Ao).	Neto planar	890-954.4 -64,4	53,6
U	<u>FD</u> : arcillolitas limosas, limolitas arcillosas rojizas (Fh) y en la parte superior del segmento aparecen lodolitas a limolitas arenosas con laminación ondulada discontinua o plana paralela (Fo , Fpp). <u>FS</u> : arenitas líticas y feldespáticas con laminación inclinada de bajo ángulo (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada tangencial a la base (Ait), con múltiples superficies de reactivación arenitas homogéneas (Ah), arenitas bioperturbadas (Ab), arenitas con laminación ondulada (Ao).	Neto planar	954.4-1063.5 -109,1	88,1
V	<u>FD</u> : Base y parte media: arenitas, arenitas líticas con chert, cuarzo lechoso, ígneos, con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada en artesa (Aia) e inclinada tangencial a la base (Ait); <i>Tope</i> : arenitas líticas deleznable con laminación plana paralela (App), con materia orgánica dispuesta paralela a la laminación.	Neto Irregular	1063.5-1078.5 -15	15



Figura 3-62. Capas delgadas de conglomerado polimítico compuesto por chert, cuarzo lechoso, rocas ígneas efusivas, presentan moscovita, y grano decrecimiento normal, trama ordenada, suprayace cuarzoarenita, muy compacta.

Ambiente: El ambiente de depósito para la acumulación de este segmento es de ríos trezados proximales y distales (**B1, B2 - B3**).

Segmento C: Es observado entre los metros 51 al 80, con un espesor de 29 m y se ubica en la poligonal entre los $\Delta 2$ y $\Delta 5$. Los primeros 11 m de la base del segmento están cubiertos. Los 18 m restantes corresponden a secuencias granodecrecientes completas e incompletas que inician a la base con conglomerados matriz soportados homogéneos, de cuarzo lechoso y chert (**Cmsh**), seguidos por sublitoarenitas con laminación ondulada y homogénea (**Ao, Ah**), algunas veces, finalizando en arcillolitas moteadas homogéneas (**Fh**). Las facies subordinadas se presentan al tope y corresponden a arenitas con laminación inclinada tangencial a la base (**Ait**) y plana paralela (**App**). (Figura 3-63).
Contacto: Con el Segmento B está cubierto, pero se sugiere neto planar.



Figura 3-63. Capa muy gruesa de conglomerado polimítico compuesto por líticos de lodolitas y arenitas, chert, cuarzo lechoso. Posee trama ordenada, clasto y areno soportado, lentes de arenita que separan a los conglomerados.

Ambiente: El Segmento C fue acumulado en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**), donde la fracción gruesa conglomerática corresponde a depósitos de barras de orillal 1 (**C1**), las arenitas a barras de orillal 2 (**C2**) y la fracción fina a llanuras de inundación (**D2**).

Segmento D: Es observado del metro 80 al 150,3, con un espesor de 70,3 m y se ubica entre los $\Delta 4$ al $\Delta 9$, de los cuales 40,8 m están cubiertos. En general predominan las facies finas de arcillolitas y lodolitas homogéneas (**Arh, Fh**) intercaladas con paquetes métricos de arenitas homogéneas (**Ah**). Como facies subordinadas se encuentran arenitas y lodolitas con laminación plana paralela (App, Fpp), facies heterolíticas de arenitas-lodolitas con laminación plana paralela y ondulada (Ipp, Io), arenitas con laminación ondulada (Ao). En la parte superior del segmento aparecen niveles de arcillolitas carbonosas y carbón (Fpp-c, C) (Figura 3-64). *Contacto:* Con el Segmento C está cubierto.



Figura 3-64. Capas delgadas de limolita arenosa a arenita limosa con estratificación plano paralela continua, tabulares.

Ambiente: El ambiente de depósito para este segmento corresponde a llanuras de inundación (**D2**), disectadas por canales de desborde (**D1b**).

Segmento E: Es observado del metro 150,3 al 154,8, con un espesor de 4,50 m y está limitado por poligonal entre el $\Delta 9$ y el $\Delta 10$. Las litofacies dominantes son arcillolitas carbonosas con laminación plana paralela y locales concreciones calcáreas (**Fpp, Fpp-con**) (Figura 3-65) y arenitas homogéneas (**Ah**) con cemento calcáreo y gran cantidad de bivalvos, gasterópodos y locales icnofósiles (**Ah-f**). *Contacto:* Con el Segmento D es neto planar.

Ambiente: El ambiente de depósito para este segmento corresponde a llanuras de inundación (**D2**) con presencia de charcas o lagunas someras (**D3**).



Figura 3-65. Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela y ondulada continua, tabular.

Segmento F: Es observado del metro 154,8 al 182 y con un espesor de 27,2 m de los cuales 22,9 m están cubiertos y sólo 4.3 m afloran; el segmento esta ubicado en la poligonal entre el $\Delta 9$ y el $\Delta 12$. Las litologías dominantes son cuarzoarenitas, sublitoarenitas y litoarenitas con laminación plana paralela y ondulada (**App, Ao**), separadas por láminas de materia orgánica (**App-c, Ao-c**) y en menor proporción arcillolitas carbonosas con laminación plana paralela y ondulada (Fpp, Fo), arenitas lodosas con laminación plana paralela (App) y cuarzoarenitas homogéneas (Ah) (Figura 3-66). *Contacto:* Con el Segmento E es neto planar.



Figura 3-66. Arcillolita carbonosa con laminación plano paralela y ondulada, continua, intercalada con cuarzoarenitas homogéneas de grano muy fino, compactas de color gris medio, con geometría subtabular.

Ambiente: El ambiente de depósito para este segmento corresponde a llanuras de inundación (**D2**), disectadas por canales de desborde (**D1b**).

Segmento G: Definido entre los metros 182 y 243 con un espesor de 61 m de los cuales 36,6 m están cubiertos y 24,3 m afloran; el segmento esta ubicado en la poligonal entre los $\Delta 12$ y $\Delta 16$. Las litofacies dominantes corresponden a cuarzoarenitas de grano muy grueso homogéneas (**Ah**). La parte superior del segmento incluye conglomerados matriz soportados con laminación inclinada planar (**Cmip**), arenitas bioperturbadas (**Ab**) con icnofósiles verticales y subverticales de vivienda del tipo *domichnia*, *Ohiomorpha* sp. Como facies subordinadas se encuentran arenitas con laminación plana paralela, ondulada no paralela continua y flaser (App, Ao, Afl). (Figura 3-67). *Contacto:* Con el Segmento F es neto planar.



Figura 3-67. Capas muy gruesas subtabulares de cuarzoarenita de color gris medio, con fracturamiento ortogonal.

Ambiente: Las sedimentitas del Segmento G fueron acumuladas en ríos meandriiformes con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**) en ambientes estuarinos (**E**) (fluvioestuarino).

Segmento H: Es observado del metro 243 al metro 292, con un espesor de 49 m; se ubica en la poligonal entre los $\Delta 16$ y $\Delta 19$. La base del segmento está compuesta por lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), seguidos de secuencias heterolíticas de interposiciones de capas delgadas de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (**Io**). En la parte media del segmento predominan las facies finas de arcillolitas y lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**), localmente con concreciones calcáreas (**Fpp-con**). La parte superior del segmento está compuesto por lodolitas con laminación plana paralela fosilífera (**Fpp-f**) que presentan gasterópodos, bivalvos y foraminíferos. En forma subordinada hay ocurrencia de cuarzoarenitas con laminación flaser y lenticular (Afl), ondulada con láminas de materia orgánica (Ao) y arenitas con estratificación sigmoidal (Ais). (Figura 3-68). *Contacto:* Con el Segmento G es neto planar.



Figura 3-68. Interposición de capas de lodolita y de arenitas con alto contenido de materia carbonosa y estructuras lenticulares y flaser.

Ambiente: Las sedimentitas del Segmento H fueron acumuladas en ambientes con marcada influencia estuarina (**E**) tales como llanuras mareales lodosas (**E1**), marismas y pantanos (**E3**) charcas y lagos someros (**D3**).

Segmento I: Fue definido entre los metros 292 y 333,8 con un espesor de 41,8 m; en la poligonal del $\Delta 19$ al $\Delta 23$. Las facies dominantes, en todo el intervalo corresponde a facies heterolíticas que incluye interlaminaciones/interposiciones de capas delgadas de arenitas-lodolitas con laminación ondulada (**Io**), ondulada bioperturbada (**Io-b**), caracterizadas por presencia de icnofósiles horizontales como *Thalassinoides*, *Rizocoralium*, *Palaeophycus*, *Planolites*, pelets fecales, entre otros en la interfase arena-arcilla. Igualmente en la parte media del segmento hay ocurrencia de bivalvos y gasterópodos (**Io-f**). Otras facies importantes son cuarzoarenitas con laminación ondulada, lenticular y flaser (**Ao**, **Alen**, **Afl**) (Figura 3-69). Hay variación en la proporción de arena lodo, desde 3:1 a 1:3. Entre las facies subordinadas se encuentran lodolitas homogéneas abigarradas (**Fh**), shales con laminación plana paralela (**Fpp**). En los últimos 3 m se encuentran conglomerados matriz soportados gradados (**Cmsg**), y arenitas homogéneas (**Ah**). *Contacto:* Con el Segmento H es transicional.

Ambiente: El ambiente de depósito del Segmento I corresponde a llanuras mareales lodo arenosa (**E2**) en un sistema estuarino (**E**). La parte superior corresponde a canales mareales (**E4**).

Segmento J: Se definió entre los metros 333,8 y 397,6 con un espesor de 63,8 m, representado en la poligonal entre el $\Delta 22$ y $\Delta 27$. Predominan los paquetes métricos de facies heterolíticas representadas por interlaminaciones/interestratificaciones finas onduladas de lodolitas y arenitas (**Io**), carbonosas (**Io-c**) y lodolitas homogéneas (**Fh**). Como facies subordinadas es posible encontrar arenitas con laminación ondulada (**Ao**), cuarzoarenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación flaser (**Afl**) y lodolitas con

laminación ondulada carbonosas (Fo-c) (Figura 3-70). *Contacto:* Con el Segmento I es neto ondulado.



Figura 3-69. Secuencia conformada, a la base (Izquierda de la Foto), por lodolita de color gris oliváceo claro, laminación ondulada no paralela, con lentes y capas muy delgadas de arenita y a la parte media y techo, por arenita de color gris oliváceo a gris verdoso en capas medias, subtabulares; laminación ondulada no paralela.



Figura 3-70. Sucesión conformada, a la base (Izquierda de la Foto), por lodolita gris verdosa, en láminas subtabulares seguido por arenitas algo lodosas y arenitas de colores gris verdoso y gris, en capas tabulares delgadas a gruesas y al techo lodolitas arenosas de color gris azulado.

Ambiente: Las asociaciones de facies indican que el ambiente de depósito para el Segmento J corresponde a un sistema estuarino (**E**), conformado por llanuras mareales lodo arenosas (**E2**) y marismas-pantanos (**E3**).

Segmento K: Fue definido entre los metros 397,6 y 447,6 con un espesor de 50 m; localizado en la poligonal entre Δ27 y Δ31. Las litofacies predominantes son facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**), ondulada (**Fo**), limolitas homogéneas fosilíferas (**Fh-f**), localmente calcáreas, lodolitas con laminación plana paralela bioperturbadas (**Fpp-b**), con frecuentes concreciones calcáreas (**Fh-Con**). Como facies subordinadas se presentan paquetes métricos de arenitas bioperturbadas (Ab), con laminación ondulosa bioperturbadas (Ao-b), arenitas con laminación inclinada (Ai) e inclinada sigmoidal (Ais) (Figura 3-71). Entre los icnofósiles recurrentes se encuentran *Thalassinoides*, *Planolites* y *Palaeophycus*. *Contacto:* Con el Segmento J es neto planar.

Ambiente: Las sedimentitas agrupadas en el segmento K fueron acumuladas en ambientes de depósito de llanuras mareales lodosas (**E1**) y llanuras mareales lodo arenosas (**E2**) en un sistema estuarino (**E**).



Figura 3-71. Nivel de lodolitas a limolitas de colores gris verdoso y gris oscuro, con tonos ocre por oxidación, en capas muy gruesas, con interposiciones menores de arenitas.

Segmento L: Fue definido entre los metros 447,6 y 503, con un espesor de 55,3 m, ubicado en la poligonal entre los $\Delta 30$ y $\Delta 33$. Las litofacies dominantes corresponden a facies finas de lodolitas homogéneas, bioperturbadas, fosilíferas de gasterópodos y/o con fragmentos vegetales (**Fh**, **Fh-b**, **Fh-f-v**). Como facies subordinadas se encuentra interposiciones de arenitas lodosas, litoarenitas, sublitoarenitas y cuarzoarenitas con laminación ondulada (Ao), inclinada planar (Aip) y sigmoidal (Ais), arenitas con laminación plana paralela (App), y en la parte superior del segmento arenitas homogéneas (Ah) e interposiciones menores de facies heterolíticas arenitas/lodolitas con laminación ondulada (Io) (Figura 3-72). También hacia la base se observan ocasionalmente *mudstone* homogéneos con bivalvos (Md-f). *Contacto:* Con el Segmento K es neto planar.



Figura 3-72. Secuencia conformada de base a techo, por arenitas en capas medias tabulares, suprayacido por interestratificaciones finas de arenitas y lodolitas finalizando con un nivel de lodolitas.

Ambiente: El ambiente de depósito del segmento corresponde a un sistema estuarino (**E**) con llanuras mareales lodo arenosas (**E2**), lodosas (**E1**), marismas-pantanos (**E3**) y canales mareales (**E4**).

Segmento M: Se presenta entre los metros 503 y 606,5 con un espesor de 103,50 m de los cuales 50,1 m están cubiertos; está ubicado en la poligonal entre el $\Delta 33$ y $\Delta 43$. Las litofacies dominantes en la base del segmento corresponden a lodolitas con laminación ondulada fosilífera (**Fo-f**), intercaladas con paquetes métricos de cuarzoarenitas en capas gruesas con estratificación inclinada sigmoidal, inclinada tangencial a la base, e inclinada de ángulo bajo (**Ais, Ait, Ai**). Se presentan como facies subordinadas conglomerados matriz soportados homogéneos con gasterópodos centimétricos (Cmsh-f), arenitas con laminación ondulada (Ao) y lodolitas homogéneas (Fh). En la parte media del segmento predominan lodolitas y limolitas con laminación plana paralela (**Fpp**), con abundantes concreciones calcáreas (**Fpp-con**); en forma subordinada se aprecian capas delgadas de cuarzoarenitas con laminación plana paralela (App). En la parte superior del segmento (588 m al 607 m) predominan las facies de cuarzoarenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**), inclinada en artesa (**Aia**) e inclinada de ángulo bajo (**Ai**); al tope aparece un paquete métrico de facies heterolíticas onduladas de arenitas y lodolitas con icnofósiles en la superficie de contacto (Io-b). Como facies subordinadas se encuentran arenitas homogéneas (Ah) (Figura 3-73). *Contacto:* Con el Segmento L está cubierto pero se sugiere neto planar.

Ambiente: La base y parte media del segmento fue acumulada en un sistema estuarino (**E**) con ambientes de llanuras mareales lodo arenosas (**E2**), canales mareales (**E4**) y marismas y pantanos (**E3**); mientras la parte superior corresponde a un frente de playa y anteplaya superior (**F1**) en un sistema de playa (**F**).



Figura 3-73. Secuencia conformada a la base por interestratificación con predominio de arenitas sobre lodolitas, y parte media, con predominio de lodolitas sobre arenitas, de color verde grisáceo, en capas delgadas a muy delgadas subtabulares, con concreciones calcáreas. Al techo corresponde a arenitas de color gris verdoso, en capas subtabulares medias a gruesas.

Segmento N: Se presenta entre los metros 606,5 y 649.5 con un espesor de 43 m aflorando completamente; representado en la poligonal entre el $\Delta 43$ y $\Delta 46$. Hay predominio de las facies finas constituidas por lodolitas arenosas y limosas homogéneas (**Fh**), lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), ricas en materia orgánica y abundantes concreciones calcáreas centimétricas (**Fo-con**). Hay dos niveles fosilíferos con gasterópodos de pocos milímetros de longitud (**Fh-f**). Como facies subordinadas se encuentran sublitoarenitas con laminación inclinada planar de ángulo bajo (**Ai**), inclinada planar (**Aip**), inclinada planar bioperturbada (**Aip-b**) y arenitas bioperturbadas (**Ab**) (Figura 3-74). En el metro 628 se encuentra una capa media de conglomerado matriz-soportado con laminación inclinada (**Cmsi**) y un nivel con abundantes fragmentos de bivalvos, mal seleccionados, fracturados, no orientados y fragmentos de fosfatos.
Contacto: Con el Segmento M es neto planar.



Figura 3-74. Arcillolitas limosas, limolitas arcillosa homogéneas, intercaladas con arenitas arcillosas laminadas y bioperturbadas.

Ambiente: Las sedimentitas del Segmento N fueron acumuladas en ambientes de plataforma media (**G2**).

Segmento O: Fue definido entre los metros 649,5 y 704, con espesor de 54,50 m, de los cuales 19 m están cubiertos; esta ubicado en la poligonal entre el $\Delta 46$ y el $\Delta 52$. Predominan las sublitoarenitas con estratificación inclinada (**Ai**) en capas gruesas, de geometrías subtabulares y arenitas bioperturbadas (**Ab**) en capas gruesas y muy gruesas tabulares y subtabulares (Figura 3-75); como facies subordinadas se encuentran arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**), inclinada en artesa (**Aia**), conglomerado matriz soportado gradado (**Cmsg**) y de las facies finas, lodolitas y limolitas homogéneas (**Fh**).
Contacto: Con el segmento infrayacente N es neto irregular.

Ambiente: Los ambientes de depósito para el segmento corresponden a un sistema estuarino (**E**) con predominio de canales de mareas (**E4**) y subordinado marismas-pantanos (**E3**).



Figura 3-75. Capas gruesas subtabulares de sublitoarenitas con estratificación inclinada y bioperturbadas.

Segmento P: Está comprendido entre los metros 704 y 749, con espesor de 450 de los cuales 7 m aparecen cubiertos; en la poligonal esta entre el $\Delta 52$ y el $\Delta 53$. Hacia la base del segmento predominan las litofacies de lodolitas limosas homogéneas (**Fh**), con tonos rojizos. Hacia la parte media se presentan intercalaciones de litoarenitas con laminación plana paralela y frecuentemente fragmentos vegetales carbonizados (**App**, **App-c**) (Figura 3-76) con lodolitas homogéneas (**Fh**); como facies subordinadas se encuentran arenitas bioperturbadas (Ab). En la parte superior nuevamente predominan las facies finas representadas por arcillolitas arenosas con laminación plana paralela (**Fpp**) y ondulada (**Fo**); en menor proporción lodolitas calcáreas bioperturbadas (Fb) y facies heterolíticas lodolitas-limolitas con láminas onduladas ricas en materia orgánica carbonosa (Io). El tope del segmento está cubierto. *Contacto:* Con el Segmento O es neto ondulado.



Figura 3-76. Capas delgadas y medias de arenita lítica con laminación plano paralela continua, mica y fragmentos de plantas

Ambiente: El ambiente de depósito para el segmento P corresponde marismas y pantanos (**E3**).

Segmento Q: Fue definido entre los metros 749 y 823 con espesor de 73 m de los cuales 21,1 m están cubiertos; ubicado en la poligonal entre el $\Delta 54$ y el $\Delta 57$. Hay predominio de cuarzoarenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), inclinada planar (**Aip**) (Figura 3-77), inclinada tangencial a la base (**Ait**) y en menor proporción sublitoarenitas feldespáticas homogéneas (**Ah**), sublitoarenitas con laminación plana paralela (**App**). Como facies subordinadas se encuentran litoarenitas con laminación ondulada (**Ao**) y arenita conglomeráticas con estratificación inclinada planar (**ACip**). En la parte superior los paquetes métricos de arenitas homogéneas (**Ah**) que conforman secuencias granodecrecientes completas donde también son preservadas facies finas de arcillolitas limosas con laminación ondulada (**Fo**) localmente niveles carbón (**C**). Las arenitas presentan un mineral verdoso (Glauconita?). En la base de estas secuencias granodecrecientes se presentan arenitas conglomeráticas con intraclastos arcillosos. *Contacto:* Con el segmento infrayacente P está cubierto, pero se sugiere neto planar.

Ambiente: Las facies de la base del segmento indican asociaciones de facies acumuladas en ambientes de canales mareales (**E4**), seguidos de un sistema de playa (**F**); en la parte media zonas de marismas y pantanos (**E3**) y las del tope del segmento corresponden a depositos de barras de orillal (**C1-C2**) en sistemas de ríos meandriformes (**C-D**) con influencia de marismas y pantanos (**E3**).

Segmento R: Se encuentra entre los metros 823 y 861 con espesor de 38 m, de los cuales 7 están cubiertos; ubicado entre el $\Delta 57$ y el $\Delta 58$. Hay predominio de las facies finas en paquetes decamétricos de lodolitas limosas homogéneas rojizas (**Fh**) (Figura 3-78). Como facies subordinadas se presentan cuarzoarenitas con laminación inclinada planar (**Aip**), arenitas bioperturbadas (**Ab**), arenitas homogéneas (**Ah**) y lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**). *Contacto:* Con el Segmento Q es transicional.



Figura 3-77. Banco subtabular de cuarzoarenitas a sublitoarenitas internamente con estratificación inclinada planar y grano decrecimiento normal.

Ambiente: El segmento R se acumuló bajo ambientes de llanuras mareales lodosas (**E1**), marismas y pantanos (**E3**) con influencia de canales mareales (**E4**).



Figura 3-78. Capas muy gruesas tabulares de lodolita, rojiza muy alterada, sin estructura interna apreciable y abundantes óxidos de hierro

Segmento S: Está comprendido entre los metros 861 y 890, con espesor de 29 m todos aflorantes; ubicado entre el $\Delta 59$ y el $\Delta 60$ de la poligonal. Predominan las facies de arenitas, con laminación ondulada rica en materia orgánica carbonosa en la base de las capas (**Ao-c**) seguidas de cuarzoarenitas con laminación inclinada (**Ai**), inclinada planar, espina de pescado (*herringbone*) (**Aip**), inclinada sigmoidal (**Ais**) y bioperturbadas (**Ab**) (Figura 3-79). Como facies subordinadas se encuentran lodolitas carbonosas con laminación plana paralela (Fpp) y arenitas con remanentes de laminación inclinada bioperturbadas (Ai-b). *Contacto:* Con el segmento R es neto planar.

Ambiente: El ámbito de depósito para la acumulación del Segmento S corresponde a canales mareales (**E4**) y frentes de playa (**F1**).



Figura 3-79. Capas gruesas y muy gruesas subtabulares de cuarzoarenitas laminadas y bioperturbadas.

Segmento T: Fue definido entre los metros 890 y 954,4, con espesor de 64,3 m, de los cuales 10,8 m están cubiertos; está ubicado entre el $\Delta 60$ y el $\Delta 64$. Se presentan en secuencias granodecrecientes completas e incompletas que inician con las facies gruesas de arenitas seguidas por limolitas y arcillolitas. Consiste en intercalaciones métricas de arcillolitas a lodolitas limosas o limolitas arcillolitas compactas (**Fh**) y de facies gruesas donde predominan litoarenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), inclinada planar (**Aip**) e inclinada tangencial a la base (**Ai**) (Figura 3-80). Las facies subordinadas son lodolitas con laminación plana paralela, ricas en materia orgánica carbonosa (Fpp, Fpp-c), cuarzoarenitas con laminación plana paralela (App) y arenitas lítica feldespática con laminación ondulada (Ao). *Contacto:* Con el Segmento S es neto planar y se presenta alta bioturbación.



Figura 3-80. Capas gruesas subtabulares de sublitoarenitas feldespáticas con estratificación inclinada planar

Ambiente: Las sedimentitas del segmento T se depositaron en un sistema fluvial de ríos meandriformes (**C-D**) con depósitos de llanuras de inundación (**D2**), canales de desborde (**D1b**), canales menores o secundarios (**D1a**) y de barras de orillal (**C1-C2**) y con influencia de marismas y pantanos (**E3**), a la base del segmento.

Segmento U: Se presenta entre los metros 954,4 y 1.063,5, con un espesor de 109,1 m, de los cuales 21 m están cubiertos; el segmento está ubicado entre el $\Delta 63$ y el $\Delta 71$. Predominan las facies finas de paquetes decamétricos de lodolitas limosas, limolitas arcillosas rojizas (**Fh**) y en la parte superior del segmento aparecen lodolitas a limolitas arenosas con laminación ondulada discontinua o plana paralela (**Fo**, **Fpp**). Las facies gruesas se presentan interpuestas en las facies finas como paquetes métricos, hasta 4 m, de litoarenitas y litoarenitas feldespáticas con laminación inclinada de bajo ángulo (**Ai**), inclinada planar (**Aip**), inclinada tangencial a la base (**Ait**), con múltiples superficies de reactivación, arenitas homogéneas (**Ah**), arenitas bioperturbadas (**Ab**) y arenitas con laminación ondulada (Ao) (Figura 3-81). *Contacto:* Con el Segmento T es neto planar.



Figura 3-81. Paquetes métricos de lodolitas rojizas homogéneas, con interposiciones de arenitas.

Ambiente: El ámbito de depósito para el segmento se interpreta como un sistema de llanuras de inundación (**D**) con presencia de canales de desborde (**D1b**), canales menores o secundarios (**D1a**) y llanura de inundación (**D2**).

Segmento V: Se encuentra en la parte superior de la columna ubicado entre los metros 1.063,5 y 1.078,5 con un espesor de 150 m, sin intervalos cubiertos; esta ubicado entre el $\Delta 69$ y el $\Delta 79$. Predominio absoluto de litoarenitas con fragmentos de chert, cuarzo lechoso, localmente con cemento calcáreo. La estructura interna corresponde a laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), inclinada planar (**Aip**), inclinada en artesa (**Aia**) e inclinada tangencial a la base (**Ait**) (Figura 3-82); en la parte superior del segmento predominan las litoarenitas, deleznales con laminación plana paralela (**App**) con materia orgánica dispuesta paralela a la laminación (**App-c**). *Contacto:* Con el segmento infrayacente U es neto irregular.

Ambiente: El ambiente de depósito para este segmento corresponde a un sistema de ríos meandriformes (**C-D**) con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**).



Figura 3-82. Litoarenitas con estratificación inclinada en capas gruesas variables lateralmente de espesor.

3.10 SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

En **La Sección El Boquerón (EB)** se describieron 7.150 m a escala 1:200, de los cuales 74,9 m se encuentran cubiertos y 640,1 m afloran, se realizaron 2.146 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 290 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.8, 4, 5 y 9). El metraje levantado incluye al Grupo Diabásico (metro 0 a metro 10.3), la Formación Mosquera (metro 10.3 a metro 176.3), y la Formación Esmita (metro 176,3 a metro 1.078,5) (Figura 3-83).

3.10.1 Localización y acceso.

Esta sección se localiza en la plancha topográfica 387-I-C, escala 1:25.000 e inicia en las coordenadas planas con origen Buenaventura N = 702.588 y W = 1.009.318 y finaliza en las coordenadas N = 701.894 y W = 1.011.170. Se levantaron 112 deltas (Δ) en la poligonal, donde $\Delta 0$ corresponde al inicio de la sección y $\Delta 111$ al punto final de la misma (Anexo 2. 8).

Para acceder a esta sección se utiliza la Vía Panamericana que de Popayán conduce a Pasto y unos 3Km después de la población de El Bordo, se toma la desviación hacia el SE por la vía secundaria que conduce hacia el municipio de Bolívar, pasando por el corregimiento de Guachicono y la Inspección de Policía de Guayabillas; hasta aproximadamente 750 m antes de llegar al sitio conocido como El Boquerón. Sobre la vía se encuentra el punto de inicio ($\Delta 0$). La poligonal se midió por esta vía hasta unos 350 m antes de El Boquerón y se continuó hasta su punto final ($\Delta 111$) por la desviación hacia el caserío de El Llano, en el mojón del kilómetro 29.

3.10.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección fue dividida en nueve segmentos ordenados de base a techo desde el Segmento A hasta el Segmento I, donde son descritas primero las facies más abundantes o dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-13 y en la Figura 3-83 se resumen las principales características.

Segmento A: Fue definido entre los metros 0 y 10,3, ubicado en la poligonal entre el $\Delta 0$ y el $\Delta 1$. Constituido por una roca ígnea básica muy alterada (**DB**) intruída por una tonalita (?) compuesta por cuarzo y plagioclasa (Figura 3-84), que corresponden al basamento económico.

Tabla 3-13. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección El Boquerón (EB).

SECCIÓN EL BOQUERÓN				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	<u>FD</u> : Roca ígnea básica muy alterada (DB). Basamento		0-10,3 -10,3	10,3
B	<u>FD</u> : Conglomerados polimicticos clasto y matriz soportados homogéneo (Ccsh, Cmsh). <u>FS</u> : Arcillolitas a limolitas con laminación ondulada y plana paralela (Fo, Fpp) y lentes de cuarzoarenitas homogéneas (Ah).	Neto irregular (Discordancia angular)	10,3-72 -61,7	61,7
C	<u>FD</u> : Conglomerados matriz y clasto soportados homogéneos (Cmsh, Ccsh) con gradación tanto lateral como vertical a arenitas conglomeráticas homogéneas y con imbricación de clastos (ACh, ACi). <u>FS</u> : Arenitas homogéneas (Ah), con laminación plana paralela (App) y limolitas arcillosas homogéneas (Fh) y carbón (C).	Neto irregular	72-17,6 -104	100,3
D	<u>FD</u> : Interposiciones limolita-lodolita con laminación ondulada, flaser y lenticular (Io), arenitas homogéneas (Ah). <u>FS</u> : lodolitas con laminación plana paralela (Fpp).	Neto planar	176-203 -27	20,3
E	<u>FD</u> : Arcillolitas, limolitas y limolitas arcillosas homogéneas (Fh), arcillolitas muy carbonosas con laminación plana paralela (Fpp) localmente fosilífera (Fpp-f) e interlaminaciones arenitas-lodolitas con laminación ondulada, ricas en materia orgánica carbonosa (Io-c). <u>FS</u> : arenitas con laminación inclinada sigmoidal (Ais), arenitas laminadas, bioperturbadas (Ao-b), arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación plana paralela (App) y mantos de carbón hasta de 1.5m (C).	Neto planar	203-285 -82	82
F	<u>FD</u> : Lodolitas limosas con laminación plana paralela (Fpp), arcillolitas limosas homogéneas (Fh) y facies heterolíticas con laminación plana paralela (Ipp). <u>FS</u> : arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación plana paralela (App), lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (Fpp).	Neto irregular	285-430 -145	119,5
G	<u>FD</u> : Subarcosa con estratificación inclinada de ángulo bajo e inclinada planar (Ai, Aip) y arenitas homogéneas (Ah); <i>parte media y techo</i> , predominan las facies finas de limolitas lodosas verdosas y rojizas homogéneas (Fh). <u>FS</u> : lodolitas limosas con laminación plana paralela (Fpp).	Neto irregular	430-513,2 -83,2	77,2

SECCIÓN EL BOQUERÓN				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
H	<u>FD</u> : paquetes decamétricos de limolitas arcillosas y arcillolitas limosas homogéneas (Fh). <u>FS</u> Lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), ondulada (Fo), lodolitas bioperturbadas fosilíferas (Fb-f) y arenitas feldespáticas homogéneas (Ah) y arenitas feldespáticas con laminación plana paralela (App). Muy localmente conglomerados matriz soportados con estratificación inclinada planar (Cmip) y arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai).	Cubierto	513-659,8 -146,8	117,5
I	<u>FD</u> : arenitas feldaspáticas y líticas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada tangencial a la base (Ait-V), arenitas homogéneas (Ah) y lodolitas homogéneas rojizas (Fh). <u>FS</u> : lodolitas con laminación plana paralela (Fpp) ricas en materia orgánica carbonosas, lodolitas homogéneas fosilíferas (Fh-f) con fragmentos de bivalvos y gasterópodos.	Neto irregular	659,8-715 -55	52,8

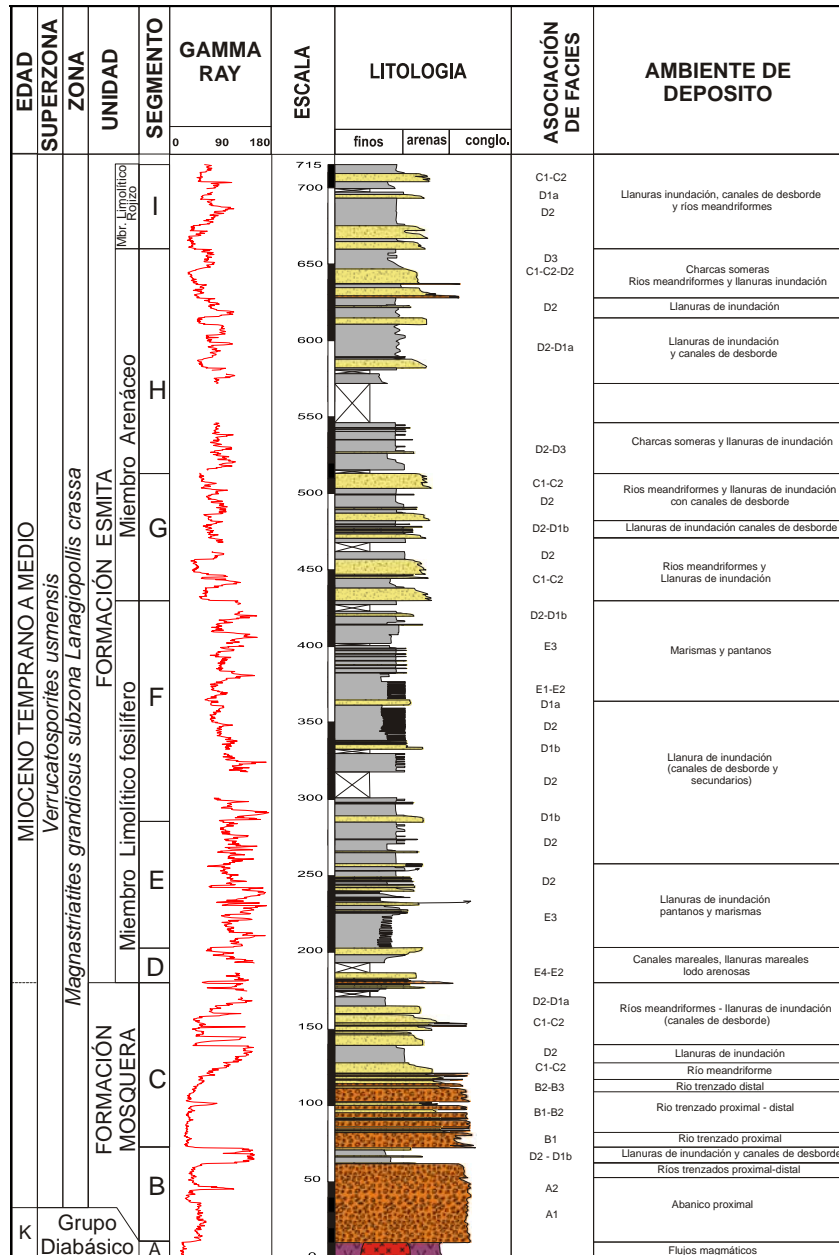


Figura 3-83. Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Ambiente: El primer segmento de la sección que corresponde a flujos magmáticos y su ambiente de formación se interpretan como arcos volcánicos o fondos oceánicos.



Figura 3-84. A la izquierda y con tonalidad gris clara a blanca roca intrusiva félsica (tonalita?), parte inferior, centro a derecha de la foto y con tonalidad amarillo rojizo y en forma de cuña roca ígnea efusiva (Basalto?) en la parte superior de izquierda a derecha en la foto, en contacto neto irregular discordante, conglomerado polimíctico compuesto en un 100% de rocas ígneas (Basaltos, Diabasas, Tonalitas?, Chert?).

Segmento B: En la columna corresponde a las sedimentitas ubicadas entre el metro 10,3 y el metro 72 con espesor de 61,7 m, sin intervalos cubiertos; el se ubica entre el $\Delta 1$ y el $\Delta 7$. Constituido casi en su totalidad por facies muy gruesas de conglomerados polimícticos clasto y matriz soportado homogéneo de trama desordenada (**Cesh, Cmsh**). Los 4 m de la base están compuestos únicamente por clastos de rocas ígneas, los cuales pueden alcanzar 25 cm de diámetro, y su proporción va variando paulatinamente hasta el metro 38 donde la composición de los conglomerados alcanza hasta el 80% de clastos de cuarzo lechoso. Comprende bancos decamétricos poco estratificados. En la parte alta del segmento hay conglomerados matriz soportados y clasto soportados oligomícticos, gradados, e imbricados (**Cmsg, Cmsgi**), con frecuentes lentes de arenitas conglomeráticas. Predomina el cuarzo lechoso hasta 90%. La parte más superior del segmento termina en arcillolitas a limolitas con laminación ondulada y plana paralela (Fo, Fpp) con algunos lentes de cuarzoarenitas homogéneas (Ah). (Figura 3-85). *Contacto:* Con el Segmento A es neto irregular (discordancia angular).

Ambiente: El ámbito de depósito del Segmento B es de abanico aluvial proximal (**A1**) en la base a abanico aluvial distal (**A2**) en la parte media. La parte superior del segmento se acumuló en ríos trenzados proximales–distales (**B1–B2**) y llanuras de inundación (**D2**) con canales de desborde (**D1b**).



Figura 3-85. Conglomerado polimictico clasto y areno soportado compuesto por guijos y locales cantos de cuarzo lechoso y chert?, rocas ígneas en capas muy gruesas; no se aprecia la geometría externa de los cuerpos

Segmento C: Definido entre los metros 72 y 176 con espesor de 103 m, aflorantes 100,3 m; segmento ubicado entre el $\Delta 7$ y el $\Delta 17$. La base presenta conglomerados matriz y clasto soportados homogéneos (**Cmsh**, **Ccsh**) con gradación tanto lateral como vertical a arenitas conglomeráticas homogéneas e imbricación de clastos (**ACh**, **ACi**); el tamaño de los clastos es de guijos y en menor proporción guijarros principalmente de cuarzo lechoso muy fracturados. Son frecuentes los lentes de arenitas en las capas de conglomerados y en las capas de arenitas lentes de conglomerados, constituyendo secuencias granodecrecientes incompletas (Figura 3-86). Como facies subordinadas hay arenitas homogéneas (**Ah**) y limolitas arcillosas homogéneas (**Fh**). La parte media y superior del segmento presentan arenitas conglomeráticas homogéneas (**ACh**), con niveles de lentes conglomeráticos (**Cmsh**) y arenitas homogéneas (**Ah**) y finaliza con limolitas lodosas homogéneas ferruginizadas (**Fh**). Continúa 36 m de secuencias granodecrecientes completas que pueden iniciar en niveles centimétricos de conglomerados matriz soportados homogéneos (**Cmsh**), seguidos de arenitas de grano medio, homogéneas (**Ah**) y arenitas con laminación plana paralela (**App**); frecuentemente desarrolla hacia el tope de las secuencias paquetes métricos de arcillolitas homogéneas (**Fh**) varicoloreadas, con fantasmas de raíces. *Contacto:* Con el Segmento B es neto irregular.

Ambiente: A la base inician con sistemas de ríos trezados proximal–distal (**B1–B2**), seguidos por ríos meandriformes (**C–D**) con depósitos de barras de orillal (**C1–C2**), llanuras de inundación (**D2**) y algunos canales de desborde (**D1a**).



Figura 3-86. Paquetes métricos de conglomerados matriz y clasto soportados, homogéneos y gradados y arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada por orientación de clastos.

Segmento D: Se encuentra entre el metro 176 y el 203, con espesor de 27 m de los cuales 6,7 m están cubiertos; ubicado entre el $\Delta 18$ y el $\Delta 19$. Predominan las intercalaciones métricas de facies de arenitas de grano fino a medio, homogéneas (**Ah**) y facies heterolíticas lodolitas/limolitas con laminación ondulada, flaser y lenticular (**Io**, **Afl**, **Ao**). Como facies subordinadas se presentan arcillolitas con laminación plana paralela (**Fpp**) y abundantes fragmentos vegetales (Figura 3-87). *Contacto:* Con el segmento infrayacente C es neto planar.

Ambiente: Las características faciales del segmento indican que fue acumulado en ambientes de marismas y pantanos (**E3–D2**), canales mareales (**E4**) y llanuras mareales lodo arenosas (**E2**).



Figura 3-87. Hacia la base del segmento se presentan paquetes métricos de limolitas lodosas ferruginizadas, homogéneas y al tope capas muy gruesas de arenitas lodosas homogéneas.

Segmento E.: Definida entre los metros 203 y 285 con espesor de 82 m todos aflorantes; está ubicado entre el $\Delta 19$ y el $\Delta 25$ de la poligonal. Compuesto principalmente por facies finas de arcillolitas, lodolitas y limolitas arcillosas homogéneas (**Fh**) y arcillolitas muy carbonosas con laminación plana paralela (**Fpp**) localmente con gasterópodos (Fpp-f). En la parte media del segmento son frecuentes las facies heterolíticas de interlaminaciones de arenitas y lodolitas, con laminación ondulada rica en materia orgánica carbonosa (**Io-c**), dentro de las cuales se presentan capas delgadas de arenitas con laminación inclinada sigmoidal (**Ais**), arenitas con laminación ondulada bioperturbadas, con icnofósiles en la interfase arena arcilla (**Ao-b**). Como facies subordinadas hay cuarzoarenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación plana paralela (App) y mantos de carbón hasta de 1,5 m (C) (Figura 3-88). *Contacto:* Con el segmento infrayacente D es neto planar.



Figura 3-88. Paquetes métricos de facies heterolíticas (arena-lodo) onduladas carbonosas intercaladas con lodolitas laminadas carbonosas y arenitas con laminación ondulada y sigmoidal.

Ambiente: El segmento E fue acumulado en ambientes de llanuras de inundación, pantanos y marismas (**E3–D2**) y llanuras mareales lodo arenosas (**E2**).

Segmento F: Definido entre los metros 285 y 430 con un espesor de 1450 m, de los cuales 25,50 están cubiertos; limitado entre el $\Delta 25$ y el $\Delta 54$. Al igual que en el segmento E hay predominio de las facies finas donde dominan las sedimentitas laminadas y heterolíticas. Hacia la base y parte media alta predominan las lodolitas limosas con laminación plana paralela (**Fpp**) continua y discontinua, rica en materia carbonosa (**Fpp-c**), con intercalaciones menores de arenitas homogéneas (**Ah**) y arenitas con laminación plana paralela (**App**). Hacia la parte media hay predominio de las facies heterolíticas de arcillolitas y sublitoarenitas con laminación plana paralela (**Ipp**), ricas en materia orgánica carbonosa. Como facies subordinadas hay lodolitas calcáreas con laminación plana paralela (Fpp), arenitas líticas a arenitas litofeldespáticas con laminación plana paralela discontinua, ricas en materia orgánica carbonosa (App). En la parte superior del

segmento se presenta arcillolitas limosas homogéneas (**Fh**), (Figura 3-89). *Contacto:* Con el segmento infrayacente E es neto irregular.



Figura 3-89. Hacia la base paquetes métricos de lodolitas homogéneas ferruginizadas y en el tope arenitas con laminación plana paralela y homogéneas.

Ambiente: El segmento F se acumuló en ambientes de llanuras mareales lodo arenosas (**E2**), marismas, pantanos (**E3**), canales de marea (**E4**), llanura de inundación (**D2**) con canales de desborde y canales secundarios (**D1a–D1b**).

Segmento G: Se presenta entre los metros 430 y 513,2 con un espesor de 83,2 m de los cuales 6 m están cubiertos; localizado en la poligonal entre el $\Delta 54$ y el $\Delta 66$. Conformado por secuencias granodecrecientes completas que inician con arenitas con estratificación inclinada de ángulo bajo e inclinada planar (**Ai**, **Aip**), y arenitas homogéneas (**Ah**), seguidos por facies finas de lodolitas limosas con laminación plana paralela (Fpp), discontinua ricas en materia orgánica. Hacia la parte media y superior del segmento, predominan las facies finas de limolitas lodosas verdosas y rojizas homogéneas (**Fh**) (Figura 3-90). *Contacto:* Con el segmento infrayacente F es neto irregular.

Ambiente: Las sedimentitas del segmento G fueron depositadas en ámbitos de ríos meandriformes (**C–D**) con depósitos de barras de orillal (**C1–C2**), y llanuras de inundación (**D2**), con algunos canales de desborde y secundarios (**D1a–D1b**).

Segmento H: Se encuentra entre los metros 513,2 y 659,8 con espesor de 146,8 m de los cuales 29,3 m están cubiertos; en la poligonal está entre el $\Delta 66$ y el $\Delta 99$. Predominan los paquetes decamétricos de limolitas arcillosas y arcillolitas limosas, homogéneas (**Fh**) con interposiciones menores de lodolitas limosas con laminación plana paralela discontinua (Fpp), ondulada (Fo), lodolitas limosas bioperturbadas sobre planos de contacto y fosilífero (Fb-f). Entre las facies gruesas subordinadas se presentan arenitas feldespáticas homogéneas muy alteradas (Ah), arenitas con laminación plana paralela (App) (Figura 3-91). Hacia el tope de la sección se presentan conglomerados matriz

soportados con estratificación inclinada planar (Cmip) y arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai). *Contacto:* Con el segmento infrayacente G está cubierto pero se sugiere plano neto.



Figura 3-90. Hacia la base corresponde a lodolitas homogéneas con algunos niveles ferruginosos y lentes medios de arenitas homogéneas; al tope del segmento predominan las arenitas feldespáticas con laminación inclinada de ángulo bajo.

Ambiente: El segmento H se acumuló en ámbitos ríos meandriformes con depósitos de llanuras de inundación y charcas someras (D2); hacia la parte superior del segmento se desarrollan balrras de orillal (C1-C2), canales de desborde (D1a) y marismas? (E3).



Figura 3-91. Paquetes decamétricos de lodolitas a lodolitas localmente arenosas homogéneas rojas; en la parte superior de la foto arenitas limosas a limolitas lodosas homogéneas.

Segmento I: Definido entre los metros 659,8 y 715 con espesor de 550; ubicada entre el $\Delta 99$ y el $\Delta 111$. Al igual que el segmento G está conformado por secuencias granodecrecientes completas. Pueden iniciar en arenitas feldespáticas a líticas de grano grueso ricas en materia orgánica carbonosa con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai), inclinada planar (Aip), inclinada tangencial a la base (Ait) y arenitas homogéneas

(Ah). Las facies finas están dominadas por limolitas lodosas y lodolitas limosas homogéneas rojizas (Fh) y como facies subordinadas se presentan lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), ricas en materia orgánica carbonosas, lodolitas homogéneas fosilíferas (Fh-f) con fragmentos de bivalvos y gasterópodos. (Figura 3-92).
Contacto: Con el segmento inferior H es neto irregular.



Figura 3-92. Hacia la base comprende limolitas lodosas y arcillolitas oxidadas con laminación plana paralela y homogénea; seguida en contacto irregular por arenitas feldespáticas con estratificación inclinada planar.

Ambiente: El segmento I fue acumulado en ambientes de ríos meandriformes (C-D) con depósitos de barras de orillal (C1-C2), y llanuras de inundación (D2), disectada por canales secundarios (D1b).

3.11 SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENZA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

En la **Sección Quebrada La Despensa (QD)** se describieron 914,50 m a escala 1:200, de los cuales 603,8 m afloran y 188,7 m están cubiertos. Se obtuvieron 2009 lecturas de Gamma Ray; se recolectaron 333 muestras para diferentes propósitos analíticos y se tomaron fotografías ilustrativas (Anexos 3.9, 4, 5 y 9). En esta sección se levantó el Grupo Diabásico (metro 0 a metro 10), Formación Mosquera (metro 10 a metro 218,9) y Formación Esmita (metro 218,9 a metro 914,5), (Figura 3-94).

3.11.1 Localización y acceso.

La Sección Quebrada La Despensa se encuentra localizada en la plancha topográfica 364-III-A; escala 1:25.000, iniciando en las coordenadas planas con origen Buenaventura N = 734.394 y W = 1.006.845 y finalizando en las coordenadas N = 734.531 y W = 1.007.912. Fueron posicionados 67 deltas (Δ) en la poligonal, donde el $\Delta 0$ corresponde al inicio de la sección y $\Delta 66$ al final de la misma (Anexos 2.9).

Para acceder a esta sección debe tomarse la vía Panamericana que de Popayán conduce a Pasto, hasta llegar al corregimiento de Piedra Sentada, donde se desvía por el carreteable que conduce a la Inspección de Policía de El Hoyo, ubicado en la confluencia de los ríos Quilcacé y Timbío; se continua en dirección SW por un carreteable, que conduce hacia la vereda Alto Bonito, paralelo al cauce del río Patía, por unos 1,6 Km; hasta el puente sobre la Quebrada La Despensa (también conocida como Paso Patía). Para llegar a la base de la sección levantada se camina aguas arriba por el cauce de la Quebrada La Despensa, aproximadamente 900 m hasta encontrar el $\Delta 0$.

3.11.2 Segmentación, Litofacies, Contactos y Ambientes.

Esta sección fue dividida en once segmentos ordenados de base a techo desde el Segmento A hasta el Segmento K, donde son descritas primero las facies más abundantes y dominantes y luego las menos frecuentes o subordinadas, contactos, asociaciones de facies y ambientes. En la Tabla 3-14 en la Figura 3-94 se resumen las principales características.

Segmento A: Fue definido entre los metros 0 y 10, ubicado en la poligonal entre el $\Delta 0$ y el $\Delta 1$. Corresponde al basamento y comprende rocas ígneas tipo gabro y diabasas del Grupo Diabásico. Se presenta fracturado, cizallado y con venillas rellenas de calcita (DB) (Figura 3-93).



Figura 3-93. Rocas ígneas intrusivas (gabros) e hipoabisales (diabasas) con venas de calcitas y/o plagioclasa de hasta 30 cm

Las diabasas y gabros del basamento económico corresponden a rocas de corteza oceánica.

Segmento B: Se presenta entre los metros 10 y 22,2, con un espesor de 12,2 m, ubicado en el $\Delta 1$. Constituido por conglomerado matriz y clasto soportado, de trama desordenada, homogéneos (Cmsh, Ccsh), compuestos principalmente por rocas ígneas

(gabros, diabasas y basaltos); se puede presentar cuarzo lechoso y plagioclasa hasta máximo 5% (Figura 3-95). *Contacto:* Con el segmento infrayacente B es neto irregular.

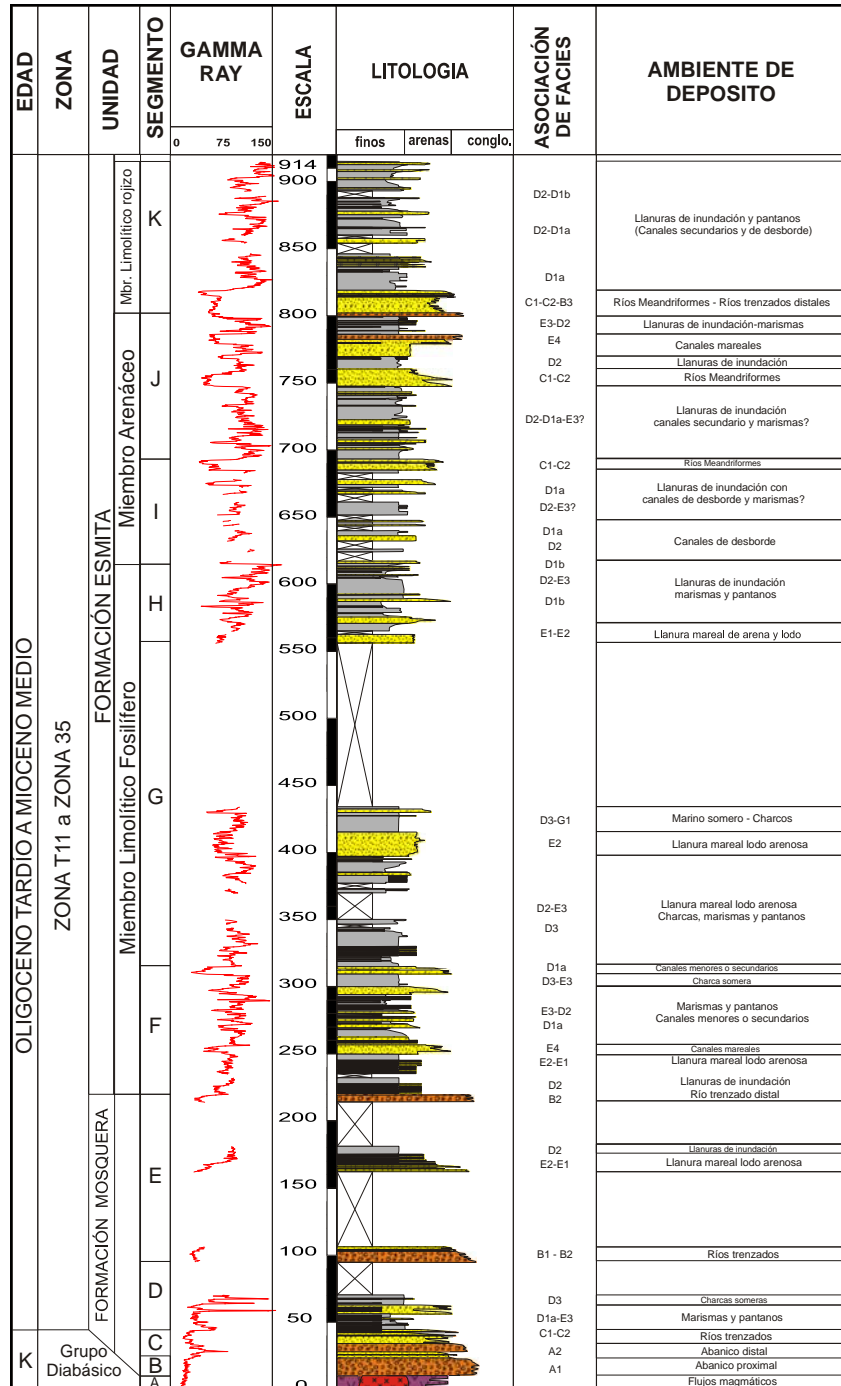


Figura 3-94. Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Tabla 3-14. Cuadro resumen de las facies dominantes (FD) y subordinadas (FS), tipo de contacto, ubicación en columna con espesor total del segmento y espesor del afloramiento en la Sección Quebrada La Despensa (QD).

SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENZA				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (FD) Y SUBORDINADAS (FS)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
A	FD: Basamento que comprende rocas ígneas tipo gabro y diabasas. Se presentan fracturados, cizallados, con venillas rellenas de calcita (DB).		0-10 -10	10
B	FD: Conglomerado matriz y clastosoportado, de trama desordenada, homogéneos (Cmsh , Ccsh), compuesto principalmente por rocas ígneas: gabros, diabasas y basaltos.	Neto irregular discordante	10-22.2 -12,2	12,2
C	FD: Base y parte media: conglomerados polimícticos clasto y matriz soportados, homogéneos (Ccsh , Cmsh). FS: cuarzoarenitas homogéneas (Ah) y arenitas conglomeráticas gradadas (ACg). Techo: cuarzoarenitas a sublitoarenitas con laminación ondulada (Ao), inclinada (Ai) o plano paralela (App).	Neto irregular	22.2-42.2 -20	20
D	FD: Base y parte media: Interlaminaciones / interestratificaciones finas de lodolitas carbonosas y cuarzoarenitas con laminación ondulada y fragmentos vegetales carbonizados (Io-c), shales carbonosos con laminación plana paralela (Fpp-c), FS: carbón (C) y cuarzoarenitas a arenitas líticas homogéneas (Ah). Tope: lodolitas con laminación plana paralela, fosilífera con gasterópodos y bivalvos (Fpp-f).	Neto irregular	42.2-94.5 -52,3	27,1
E	FD: Conglomerados polimícticos clasto y matriz soportados homogéneos (Cmsh , Ccsh) y conglomerado matriz soportado gradado (Cmsg). Arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (ACip). FS: Arenitas con laminación inclinada planar (Aip), arenisca con laminación ondulada (Ao) lodolitas con laminación ondulada (Fo) y lodolitas homogéneas (Fh).	Cubierto	94.5-218.9 -124,4	35,4
F	FD: arenitas homogéneas (Ah), con laminación inclinada planar y ondulada (Aip , Ao). Arenitas con laminación plana paralela carbonosa (App-c), arenitas homogéneas (Ah), intercaladas con lodolitas homogéneas (Fh), FS: Lodolitas con laminación plana paralela (Fpp), ondulada con algunos niveles fosilíferos (Fo-f), mantos de carbón (C) y facies heterolíticas, laminación ondulada y carbonosas (Io-c). Techo: arenitas conglomeráticas gradadas y con estratificación inclinada planar (ACg, ACip) y arenitas con laminación ondulada carbonosa (Ao-c).	Neto ondulado	218.9-323 -104,1	101,1

SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA				
SEGMENTO	FACIES DOMINANTES (<u>FD</u>) Y SUBORDINADAS (<u>FS</u>)	CONTACTO INFRAYACENTE	UBICACIÓN (m)	ESPESOR AFLORANTE (m)
G	<u>FD</u> : lodolitas homogéneas (Fh), localmente fosilíferas (Fh-f) y arcillolitas a lodolitas con laminación ondulada (Fo), algunas ricas en materia orgánica (Fo-c); facies heterolíticas de interlaminaciones arenitas / arcillolitas onduladas, ricas en materia orgánica carbonosa (Io-c) y niveles de carbón (C). <u>FS</u> : sublitoarenitas homogéneas (Ah). <i>Parte media</i> : arenitas con laminación plana paralela (App), ondulada (Ao), inclinada sigmoidal (Ais), flaser (Afl), arenita laminada bioperturbada (Ao-b) y enteramente bioperturbadas (Ab).	Neto onduloso	323-556 -233	84,7
H	<u>FD</u> : <i>Base</i> : arenitas con laminación ondulada (Ao) ricas en materia orgánica carbonosa (Ao-c), lodolitas, limolitas lodosas calcáreas homogéneas (Fh) y ondulada bioperturbada (Fo-b). <u>FS</u> : arenitas homogéneas (Ah) y algunos niveles de paleosuelos. <i>Parte media</i> : lodolitas limosas homogéneas (Fh) y carbón (C). <i>Techo</i> : arcillolitas limosas a limolitas lodosas con laminación ondulada (Fo) y arenitas homogéneas (Ah).	Cubierto	556-616,9 -59	60,9
I	<u>FD</u> : Limolitas lodosas y lodolitas limosas rojizas homogéneas (Fh), arenitas limosas homogéneas (Ah) y sublitoarenitas con laminación inclinada planar (Aip). <u>FS</u> : lodolitas con laminación plana paralela (Fpp) y arenitas con laminación ondulada (Ao).	Neto irregular	616,9-685 -66,9	33,6
J	<u>FD</u> : <i>Base</i> : lodolitas limosas homogéneas rojizas (Fh), litoarenitas laminadas inclinada planar (Aip), arenitas homogéneas (Ah), arenitas con laminación inclinada en artesa (Aia), arenitas con laminación ondulada carbonosa (Ao-c). <u>FS</u> : arcillolitas carbonosas con laminación plana paralela (Fpp), mantos de carbón (C) y facies heterolíticas onduladas ricas en fragmentos vegetales carbonizados (Io-c), arenitas con laminación flaser (Afl) y lenticular (Alen). <i>Parte media y techo</i> : <u>FS</u> : arenitas conglomeráticas gradadas (ACg), conglomerados clasto soportado con estratificación inclinada (Ccsi), limolitas lodosas homogéneas y ligeramente calcáreas (Fh).	Neto irregular	685-819 -134	134
K	<u>FD</u> : Lodolitas limosas, limolitas lodosas homogéneas (Fh) y lodolitas a arcillolitas limosas con laminación plana paralela (Fpp). <u>FS</u> : mantos de carbón (C) sublitoarenitas homogéneas (Ah), litoarenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (Ai) y sublitoarenitas con laminación plana paralela (App).	Neto planar	819-914,5 -95,5	80,5



Figura 3-95. Conglomerado polimítico matriz soportado de trama desordenada con guijos subangulares a bien redondeados de rocas ígneas de la unidad infrayacente (Grupo Diabásico).

Ambiente: El ambiente de depósito para el segmento B es de abanico proximal (**A1**).

Segmento C: En la columna corresponde a las sedimentitas ubicadas entre el metro 22,2 y el 42,2 con espesor de 20 m, expuestos en su totalidad. Se localiza entre el $\Delta 2$ y el $\Delta 4$. Constituido en su base y parte media por conglomerados polimíticos clasto y matriz soportados, homogéneos (**Ccsh**, **Cmsh**) en paquetes métricos que hacia su parte superior presenta gradaciones a cuarzoarenitas homogéneas (Ah) y arenitas conglomeráticas gradadas (ACg). En la parte superior del segmento predominan las cuarzoarenitas a sublitoarenitas con laminación ondulada discontinua, inclinada, o plano paralela (Ao, Ai, App). (Figura 3-96). *Contacto:* Con el segmento infrayacente B es neto irregular.



Figura 3-96. Capa muy gruesa de cuarzoarenitas a sublitoarenitas con grano decrecimiento normal, suprayacida por conglomerado polimítico matriz soportado de trama desordenada.

Ambiente: Las sedimentitas del segmento C se acumularon en ámbitos de abanicos aluviales distales (**A2**) y de ríos trenzados distales (**B2–B3**).

Segmento D: Comprende las sedimentitas ubicadas entre el metro 42,2 y 94,5 de la columna; localizado entre el $\Delta 4$ y el $\Delta 9$, con espesor total de 52,3 m. Predominan las facies finas que incluyen interlaminaciones/interestratificaciones finas de lodolitas carbonosas y cuarzoarenitas de grano muy fino con laminación ondulada y fragmentos vegetales carbonizados (**Io-c**), intercaladas con shales carbonosos con laminación plana paralela (**Fpp-c**), algunas capas y láminas de carbón (C) y cuarzoarenitas a sublitoarenitas homogéneas (Ah) en capas medias y gruesas con geometrías subtabulares. En los últimos 7 m aflorantes del segmento se presentan lodolitas con laminación plana paralela fosilífera con gasterópodos y bivalvos (Fpp-f) (Figura 3-97) y entre los metros 70,1 y 94,5 se encuentra un cubierto de 24,3 m *Contacto:* Con el segmento infrayacente C es neto irregular por el contraste tan grande entre ambas litologías.



Figura 3-97. Cuarzoarenitas homogéneas separando interlaminaciones de arenitas y shale carbonosos (derecha de la foto) y carbón y arcillolitas carbonosas (izquierda de la foto)

Ambiente: El ambiente de depósito del segmento D corresponde a pantanos, marismas y charcas someras (**E3, D3**), con algunos canales de desborde (**D1b**).

Segmento E: Está comprendido entre los metros 94,5 y 218,9 con espesor de 124,3 m; localizado en la poligonal entre el $\Delta 9$ y el $\Delta 15$. Está conformado por un paquete entre los metros 94,5 y 106 de conglomerados polimícticos clasto y matriz soportados homogéneos (**Cmsh, Ccsh**) y en menor proporción conglomerado matriz-soportado gradado (Cmsg). La secuencia termina en arenitas conglomeráticas con laminación inclinada planar (ACip). Prosigue un cubierto de 56 m y luego una capa gruesa de conglomerado clasto soportado homogéneo (Cmsh) con fragmentos de tallos carbonizados 25 x 8 cm Le suprayacen capas gruesas de arenitas con laminación inclinada planar (Aip) ricos en materia orgánica carbonosa y capas medias de arenisca con laminación ondulada alternando con facies finas de lodolitas con laminación ondulada (Fo) (Figura 3-98) y finaliza en un paquete métrico de lodolitas homogéneas (Fh), antes de alcanzar un cubierto de 33 m Continúa un paquete métrico de

conglomerados clasto y matriz soportado gradado (Cmsg, Ccsg) y clasto-soportado homogéneo (Cesh). *Contacto:* Con el segmento infrayacente D está cubierto, pero se sugiere irregular neto.



Figura 3-98. Capas medias subtabulares de cuarzoarenitas con estratificación inclinada planar, separadas por láminas gruesas y capas delgadas de lodolitas carbonosas.

Ambiente: Las sedimentitas de la base del segmento E fueron acumuladas en ámbitos de ríos trenzados (**B1–B2**) y llanura mareal lodo arenosa (**E1–E2**) y llanuras de inundación (**D2**).

Segmento F: Está comprendido entre los metros 218,9 y 322 con espesor de 104,1 m, casi todos aflorantes; en la poligonal se encuentra entre el $\Delta 15$ y el $\Delta 20$. Está conformado por paquetes de arenitas feldespáticas con laminación ondulada discontinua y continua (Ao), separadas por láminas gruesas a estratos muy delgados de lodolitas carbonosas también laminadas (Fo), alternando con paquetes métricos de lodolitas limosas homogéneas (Fh), prosiguen secuencias granodecrecientes intercaladas con secuencias decamétricas de facies mixtas de arenitas, lodolitas carbonosas y carbón. En el metro 256 aparece un nivel de lodolitas fosilíferas. Abundancia de fragmentos de tallos carbonizados dispuestos paralelos a la laminación. La base del primer tipo de secuencias inicia con facies de arenitas homogéneas (**Ah**) y con laminación inclinada planar y ondulada (**Aip**, **Ao**). Prosiguen arenitas con laminación plana paralela carbonosa (**App-c**) y arenitas homogéneas (**Ah**), intercaladas con lodolitas homogéneas (**Fh**), lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**), ondulada con algunos niveles fosilíferos (**Fo-f**), mantos de carbón hasta de 85 cm de espesor (**C**) y facies heterolíticas con laminación ondulada, carbonosas (**Io-c**). (Figura 3-99). Al techo, en la última secuencia grano decreciente aumenta la granulometría a arenitas conglomeráticas gradadas y con estratificación inclinada planar (**ACg**, **ACip**) y arenitas con laminación ondulada carbonosas (**Ao-c**) y abundantes fragmentos de tallos carbonizados. *Contacto:* Con el segmento infrayacente E es neto ondulado.



Figura 3-99. Arcillolitas carbonosas a shale carbonoso laminados separando sublitoarenitas a cuarzoarenitas con estratificación y laminación plano paralela.

Ambiente: El segmento F se depositó en ámbitos de llanura mareal lodo arenosa (**E2**), canales de marea (**E4**), pantanos, marismas (**E3**) y llanuras de inundación con canales secundarios (**D2, D1b**).

Segmento G: Fue definida entre los metros 323 y 556 con un espesor de 233 m de los cuales 148,3 están cubiertos; en la poligonal está entre el $\Delta 20$ y el $\Delta 34$. Está compuesta predominantemente por litofacies finas con interposiciones de arenitas. Las primeras consisten de lodolitas homogéneas (**Fh**), localmente fosilíferas (Fh-f), con bivalvos de tamaños milimétricos y arcillolitas a lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), algunas ricas en materia orgánica (**Fo-c**). También son frecuentes las facies heterolíticas de interlaminaciones arenitas/arcillolitas onduladas, ricas en materia orgánica carbonosa (**Io-c**) y niveles de carbón (C). Como facies subordinadas aparecen algunas capas medias de sublitoarenitas homogéneas (Ah). En la parte media se presentan paquetes métricos de arenitas consistentes de arenitas con laminación plana paralela (App), ondulada (Ao), inclinada sigmoidal (Ais), flaser (Afl), laminadas y bioperturbadas (Ao-b) y enteramente bioperturbadas (Ab). (Figura 3-100). El segmento finaliza con un cubierto (122 m) que está entre los metros 434 y 556. *Contacto:* Con el segmento infrayacente F es de carácter transicional rápido.

Ambiente: Este segmento G fue acumulado en ámbitos de llanura intermareal lodo arenosa (**E2**), marismas y pantanos (**E3, D2**), charcas someras? (**D3**) y plataforma media somera (**G2**).

Segmento H: Descrito entre los metros 556 y 616,9 con espesor de 60,9 m; localizado en la poligonal entre el $\Delta 34$ y el $\Delta 36$. Hacia la base se presentan arenitas con laminación ondulada (**Ao**), ricas en materia orgánica carbonosa (**Ao-c**), alternando con facies finas de lodolitas, y limolitas lodosas calcáreas homogéneas (**Fh**), o con laminación ondulada y bioperturbadas (**Fo-b**). Como facies subordinadas se encuentran arenitas homogéneas (Ah) y algunos niveles de paleosuelos. En la parte media predominan las facies finas de

lodolitas limosas homogéneas (**Fh**) y frecuentes mantos de carbón (**C**). En la parte superior predominan las facies finas de arcillolitas limosas a limolitas lodosas con laminación ondulada (**Fo**) en capas gruesas y muy gruesas, tabulares, separadas por capas muy delgadas de arenitas homogéneas (Ah), conformando secuencias granocrecientes, (Figura 3-101). También son comunes los horizontes de carbón (**C**). *Contacto:* Con el segmento infrayacente G está cubierto pero se sugiere plano neto.



Figura 3-100. Interestratificaciones medias y finas de arenitas con laminación sigmoidal, ondulada y bioperturbada con facies heterolíticas de lodolitas y arenitas laminadas y bioperturbadas.

Ambiente: El ambiente corresponde a llanura mareal arenosa y lodosa (**E1-E2**), marismas, pantanos y llanuras de inundación (**E3-D2**) con canales menores (**D1b**).



Figura 3-101. Paquetes métricos de lodolitas homogéneas calcáreas, intercaladas con capas medias de carbón y al techo, arenitas sublíticas homogéneas.

Segmento I: Definido entre los metros 616,9 y 685 con un espesor de 66,9 m de los cuales la mitad están cubiertos. Localizado entre el Δ36 y el Δ41 de la poligonal. Predominan las facies finas de limolitas arcillosa y arcillolita limosas rojizas homogéneas (**Fh**) con algunas interposiciones métricas de arenitas limosas homogéneas (Ah) y sublitoarenitas con laminación inclinada planar (Aip). Como litofacies

subordinadas se encuentran lodolitas con laminación plana paralela (Fpp) y arenitas con laminación ondulada (Ao) (Figura 3-102). *Contacto:* Con el segmento infrayacente H es neto irregular.



Figura 3-102. Paquetes métricos de lodolitas limosas homogéneas, con intercalaciones menores de arenitas homogéneas. Afloramiento sobre el cauce de la quebrada La Despensa.

Ambiente: Las sedimentitas del segmento I fueron acumuladas en ámbitos de llanuras de inundación (**D2**) disectada por canales secundarios (**D1b**) y de desborde (**D1a**); marismas (**E3?**).

Segmento J: Comprendido entre los metros 685 y 819 con un espesor de 133 m Se representan en la poligonal entre el $\Delta 41$ y el $\Delta 53$. Hacia la base predominan las facies finas de arcillosita limosas homogéneas rojizas (**Fh**) en paquetes métricos con interposiciones menores de litoarenitas las cuales presentan laminación inclinada planar (**Aip**), arenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación inclinada en artesa (**Aia**), arenitas con laminación ondulada carbonosa (Ao-c). Entre las facies finas se encuentran lodolitas, arcillolitas carbonosas con laminación plana paralela (**Fpp**), mantos de carbón hasta de 70 cm (C) y facies heterolíticas de interlaminaciones limolitas lodolitas con laminación ondulada ricas en fragmentos vegetales carbonizados (Io-c), arenitas con laminación flaser (Afl) y lenticular (Alen). En la parte media y superior del segmento, aumenta la proporción de facies gruesas conformándose secuencias grano decrecientes incompletas y completas que pueden iniciar en sus bases con arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**), conglomerados clasto soportado con estratificación inclinada (**Ccsi**), seguidas de arenitas con estratificación cruzada planar (**Aip**), con múltiples superficies de erosión y arenitas homogéneas (Figura 3-103). Las facies finas de limolitas del tope son homogéneas y ligeramente calcáreas (Fh) y con algunas concreciones ferruginosas. *Contacto:* Con el segmento infrayacente es neto irregular.

Ambiente: El ámbito de depósito del segmento J es ríos meandriformes (**C-D**) con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), llanuras de inundación (**D2**), llanuras intermareales y canales mareales (**E2-E4**), ríos trenzados distales (**B2-B3**) y marismas

(E3). La presencia de al menos 2 niveles de areniscas en cuyos contactos se aprecian icnofósiles de tipo *fodinichnias* (estructuras de alimentación), en contacto directo con carbón, arenitas con laminación flaser, lodolitas con laminación lenticular y facies heterolíticas arenita-lodolitas, son características indicativas de la influencia de ambientes marinos para la acumulación de este segmento.



Figura 3-103. Contacto neto irregular entre sublitoarenitas homogéneas en capas muy gruesas, variables lateralmente de espesor y lodolitas carbonosas en capas muy gruesas y mantos de carbón.

Segmento K: Se presenta entre los metros 819 y 914,5 con un espesor de 95,50 de los cuales sólo 15,6 están cubiertos. Se localiza entre los $\Delta 53$ y el $\Delta 66$. Hay predominio de facies finas de lodolitas arcillosas y arcillolitas lodosas homogéneas (**Fh**) muy ferruginizadas en la base y parte media del segmento, mientras que hacia techo hay predominio de lodolitas a arcillolitas limosas con laminación plana paralela (**Fpp**), continua, ricas en materia orgánica carbonosa y lodolitas homogéneas (**Fh**). Los mantos de carbón (**C**) en general están distribuidos por todo el segmento alcanzando espesores hasta de 1,8 m Las facies subordinadas corresponden a sublitoarenitas homogéneas (**Ah**), litoarenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**) y sublitoarenitas con laminación plana paralela continua (**App**). A través de todo el segmento son abundantes los fragmentos carbonosos (Figura 3-104). *Contacto:* Con el segmento I es neto irregular.

Ambiente: Las rocas del segmento fueron acumuladas en ámbitos de ríos meandriformes (**C-D**) con depósitos de barras de orillal (**C1-C2**), llanuras de inundación y pantanos (**D2**), con canales de desborde (**D1a**).



Figura 3-104. Secuencias grano decrecientes métricas que inician a la base con litoarenitas con laminación inclinada y homogénea, seguido de limolitas y luego lodolitas homogéneas. Predominio de las facies finas.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS CURVAS DE RAYOS GAMMA

Se realizó una descripción general de los valores de radiación de rayos gamma (Gamma Ray), y su relación con la litología, ambiente de depósito y la forma geométrica que desarrollan; dicha relación se hace para cada una de las columnas estratigráficas levantadas (Anexo 3), y también están representadas en cada una de las columnas sintéticas.

En las figuras descritas, las letras A y B indican los ejemplos representativos de la interpretación.

SECTOR CAUCA NORTE

4.1 SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra.

De acuerdo al valor máximo obtenido de rayos gamma (143,7 cuentas por segundo-cps), la gráfica se escaló entre un valor mínimo de cero cuentas por segundo (0cps) y un valor máximo de ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps). Teniendo en cuenta los segmentos en que se ha dividido la columna (Anexo 3.1), los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados, encontramos que:

Las facies de conglomerados y arenitas de grano medio desarrollan líneas aserradas homogéneas constantes con los valores más bajos, y cercanos a 50cps y se visualiza en los segmentos: B (Figura 4-1A), F, J (parte inferior), L (parte inferior), M, O (parte inferior) y P. Los cuales se interpretaron como correspondientes a ambientes de ríos trezados distales.

Las líneas aserradas irregulares con desarrollo de formas geométricas variadas en el segmento C, parte superior del segmento F, segmento I (Figura 4-1B); campanas (parte inferior del segmento B, parte superior del segmento H); embudo (parte superior del segmento E), cuya litología dominante es arcillolitas, lodolitas, limolitas, arenitas de grano muy fino e intercalaciones entre ellas (eventos amalgamados) y las cuales se interpretaron como correspondientes a ambientes de llanura de inundación. Aquí, los valores alcanzados son los más altos (hasta 143,7cps, en el segmento O) y de manera subordinada valores intermedios (entre 60cps y 100cps).

Se obtuvieron bajos valores de radiación (< 50 cps) y líneas aserradas debido al dominio de conglomerados y arenitas sobre las facies finas (parte alta de los segmentos E, H y parte media del segmento G) y formas de embudo a cóncavo, donde los sedimentos finos empiezan a dominar paulatinamente sobre las arenitas (parte inferior de los segmentos E

y J). Sectores que se interpretaron como correspondientes a ambiente de ríos meandriformes. El desarrollo de curvas convexas amplias a semi-convexas, dado por valores altos en la parte intermedia de la curva y valores decrecientes en sus extremos, con lo cual se infiere y visualiza en la columna estratigráfica (segmentos K y L-parte alta) el dominio de limolita-lodolita en sus límites y arcillolita en la mitad de la curva. Los cuales se interpretaron como correspondientes a ambientes de marisma-pantanos. Los cuales se interpretaron como correspondientes a ambientes de marisma-pantanos En general los valores obtenidos en estos sectores son intermedios (66 cps hasta 111 cps).

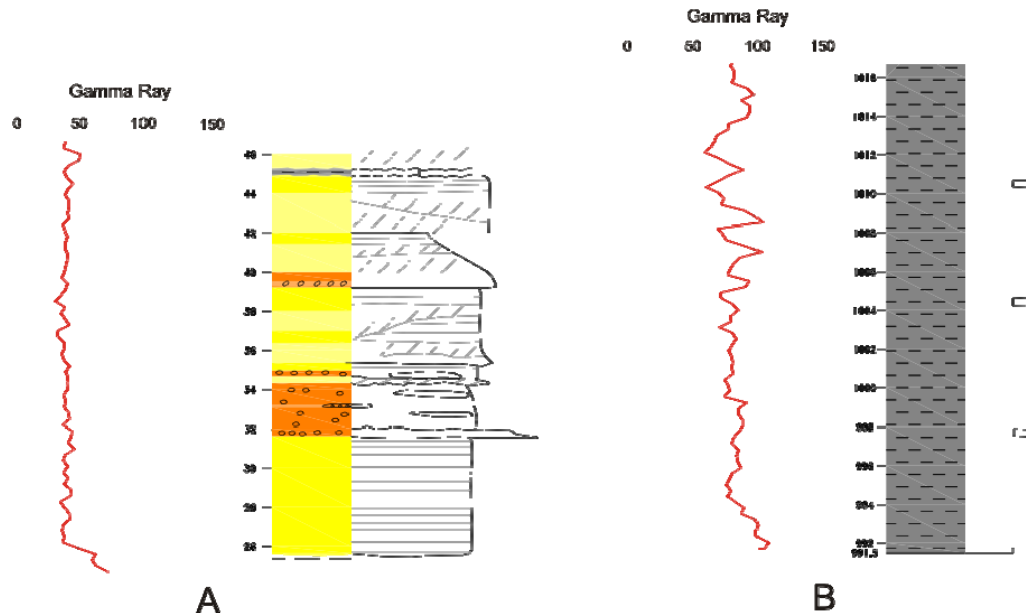


Figura 4-1 Línea aserrada regular con valores bajos de radiación gamma en arenitas (A); y línea aserrada irregular con valores intermedios de rayos gamma en arcillolita arenosa y lodolita arenosa (B).

SECTOR CAUCA SUR

4.2 SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.

Escalado de cero cuentas por segundo (0cps) a ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps) de acuerdo al valor de radiación gamma máximo de 137 cps, en el metro 154. De acuerdo a la segmentación y los ambientes de depósito descritos en la columna estratigráfica (Anexo 3.2)), los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados, tenemos que:

La mitad inferior del segmento A (metro 0 a 23), se visualiza una línea aserrada regular con valores de radiación gamma bajos (15cps hasta 33cps) obtenidos sobre litología lodo-arcillosa de color rojo (diabasa muy meteorizada?), mientras que la parte superior (metro 36,5 a 66), se forma una línea aserrada irregular obtenida sobre arenitas

feldespáticas y líticas de grano fino, obteniéndose valores intermedios de radiación (hasta 79,7cps). En el segmento B se presentan dos ciclos, caracterizados cada uno por iniciar con capas conglomeráticas, con superficies de reactivación (truncaciones en la depositación), grano decrecientes, que terminan en limolitas y arcillolitas con un espesor de 8,50 m, cada una. En el primer ciclo se visualiza una campana como consecuencia de la alta cantidad de intraclastos lodosos y de matriz en los conglomerados, los cuales disminuyen hacia el tope; en el segundo ciclo, baja la cantidad de intraclastos y matriz en los conglomerados; además, el grano decrecimiento ayuda a formar una figura de embudo por el incremento en los valores de radiación gamma (de 35,3cps hasta 71,3cps). Los ciclos se interpretaron como correspondientes a ambiente de río trezado – llanura de inundación.

En el segmento C, en su parte baja y media (metro 103 a 119) se desarrolla una campana aserrada alargada (valores entre 71,7 y 30,7cps) por el grano-crecimiento de arenitas y a la menor proporción de arcillolita en ella (Figura 4-2). A partir del metro 119 hasta el 157, sector interpretado como correspondiente a ambiente de río trezado distal cuya litología dominante de capas muy gruesas de litoarenitas grano decreciente, se visualiza por una línea aserrada irregular que contrasta con algunos picos prominentes dados por la interposición de lodolitas. En la parte alta del segmento (metro 152 a 156,5) se obtuvieron los valores más altos de radiación de toda la sección (hasta 137cps), en capas delgadas de arenita de grano fino, lodosa y matriz arcillosa; estos valores decaen rápidamente hasta 24,7cps, formándose una campana al cambiar la litología a arenitas con bases conglomeráticas. El segmento D, interpretado como correspondientes a un ambiente de abanico aluvial proximal, se obtuvo una línea aserrada regular con bajos valores de radiación gamma (14cps a 36cps) lo cual es debido al bajo contenido de material arcilloso, al aporte volcánico encontrado en los conglomerados y a la presencia de óxidos de hierro.

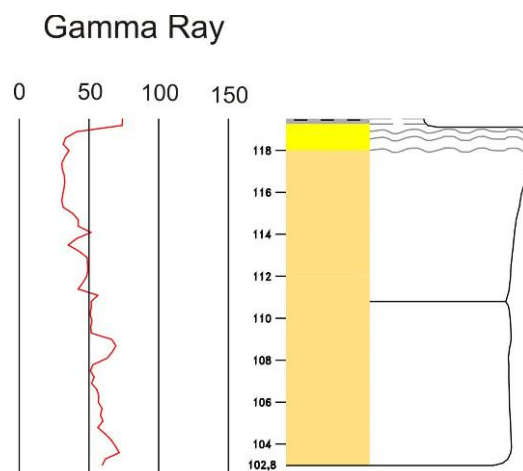


Figura 4-2. Desarrollo de campana aserrada a partir de los valores de radiación gamma sobre grano crecimiento de arenitas y a la decreciente cantidad de matriz arcillosa en ella.

En el segmento E, a pesar de su variada granulometría (conglomerados hasta arcillolitas), se obtuvieron valores bajos de radiación gamma (en promedio 25cps), representada en una línea aserrada con algunos picos pequeños; lo anterior podría deberse al alto grado de alteración–meteorización y a las abundantes costras de óxidos de hierro, en los sedimentos.

En la parte media del segmento F (metro 504 a 533,8) interpretado como correspondientes a un ambiente de llanura de inundación y conformado por arcillolitas, se obtuvieron dos líneas aserradas con bajos valores de radiación (desde 30,3cps hasta 83,7cps), posiblemente como consecuencia de la alteración–meteorización y a la composición volcánica (?) de las arcillolitas. Posteriormente, en el sector interpretado como correspondiente a un ambiente de río trenzado distal y con dominancia de arenitas de grano grueso a muy grueso, se adquirieron valores bajos de radiación gamma (19,7cps hasta 55,3cps), representada en una línea aserrada irregular con algunos pequeños picos que representan sectores de arcillolita alterada; únicamente en el último afloramiento de este sector (metro 556,5 a 563) la abundancia de arcillolitas proporcionan altos valores de radiación, desarrollándose un embudo. En los segmentos G y H, se adquirieron bajos valores de radiación gamma (en promedio 23cps), obteniéndose una línea aserrada con algunos pocos picos que representan las intercalaciones de limolita, lodolita entre secuencias grano decrecientes de cuarzoarenitas conglomeráticas, con poca matriz arcillosa, se asimila como correspondiente a un ambiente de llanura de inundación un ambiente de ríos trenzados distales.

4.3 SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

Escalado de cero cuentas por segundo (0cps) a ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps), de acuerdo al máximo valor obtenido de 125,3cps, en el metro 352. Teniendo en cuenta la segmentación de la columna estratigráfica, los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados (Anexo 3.3), se observa que:

En el segmento A y la parte inferior del segmento B, se visualiza una línea aserrada con poca variación, a pesar de los cambios litológicos de arenitas, lodolitas–arcillolitas y mantos delgados a medios de carbón, obtenida por los valores bajos de rayos gamma (18cps a 37cps), quizás como consecuencia de anomalías y meteorización; en el intervalo 27 m a 31,50 se rompe esa monotonía con un embudo y una campana, dado por arcillolitas y arenitas, respectivamente, con valores de radiación gamma entre 18,7cps y 53,3cp. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de canales menores de desborde.

La parte media del segmento B, tiene tres (3) sectores con líneas aserradas, con algunas irregularidades; el primer sector del metro 88 al 106, a pesar del dominio de las

lodolitas, los valores son inferiores a 50cps, evidenciando una anomalía por meteorización (?) y interpretado como correspondiente a un ámbito de depósito de llanura de inundación; en el segundo y tercer sector (116 m a 136 m y 167 m a 193 m) con litología de arenitas y lodolitas, también se obtuvieron valores inferiores a 50cps a pesar de la variación litológica, evidenciándose anomalías por meteorización y arcillas carbonosas y carbones quemados por combustión. Intercalados entre ellos hay dos sectores (metro 106–116 y metro 136–167) con valores de rayos gamma en general entre 50cps y 100cps, generando unas gráficas irregulares con cimas y depresiones, dentro de un dominio litológico de lodolita carbonosa y abundantes mantos de carbón (interpretado como correspondiente a un ambiente de llanura de inundación); estas irregularidades podrían ser debido a la presencia en ellas de lodolita arenosa, arcillolita arenosa y por otra parte, anomalías generadas por el alto grado de meteorización y la combustión de los carbones, en el afloramiento. En estos cinco sectores, podemos inferir el desarrollo irregular de embudos y campanas (en una escala aproximada de 2 a 3 m).

En la parte superior del segmento B (metro 219 a 265,5) se visualiza un marcado contraste entre las depresiones dadas por arenitas feldespáticas y cuarzoarenitas, con valores inferiores a 50cps, y las arcillolitas carbonosas que promedian 82cps (Figura 4-3A). Se concluye para este sector que las arenitas son “limpias” o que contienen bajo a nulo contenido de matriz arcillosa. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de depósito de llanura de inundación-marisma-pantanos,

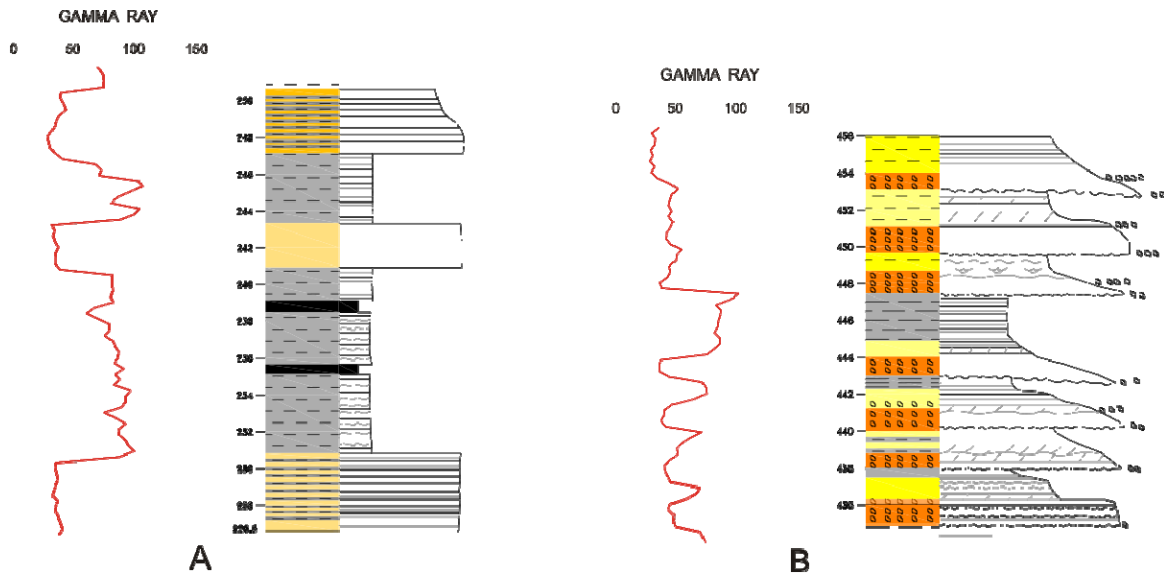


Figura 4-3. Contraste gráfico y de valores de radiación gamma entre arenitas y arcillolitas carbonosas (A); desarrollo de pequeños embudos en secuencias grano decrecientes completas e incompletas (B).

En el segmentos C se obtuvieron valores de radiación gamma, en general, por encima de 50cps donde se pueden inferir figuras irregulares de embudos y campanas, en ciclos recurrentes grano decreciente de arenita grano fino hasta lodolita con registro fósil; ésta

secuencia contiene mica, la cual puede estar aumentando los valores de radiación gamma desde 45,3cps hasta 100,7cps. Entre este segmento y el D (metro 300 a 318), se visualiza una línea aserrada desarrollada en lodolita carbonosa y en un cambio ambiental (desaparición del registro fósil y aparición de carbón).

La parte media del segmento D (metro 342 a 352) que contiene la mayor cantidad de capas de carbón y arcillolita carbonosa y de manera subordinada en arenitas grano-decrecientes, se obtuvieron los más altos valores de emisión de rayos gamma de toda la sección (de 80,3cps hasta 125,3cps), debido al alto contenido de materia orgánica, arcillolita y mica. La gráfica obtenida muestra múltiples irregularidades con cimas y depresiones, infiriéndose entre ellas embudos y campanas. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de depósito de llanura de inundación-marisma-pantanos. A partir del metro 355,5 (parte alta del segmento D) hasta el metro 402, se evidencia un cambio gradual de facies, donde los mantos de carbón empiezan a desaparecer y hacia el techo se vuelve más arenoso; allí se visualizan tres campanas en igual número de arenitas grano decreciendo de grueso a fino, caracterizadas por tener bases oxidadas (meteorización de ferromagnesianos?) y los topes deleznable, donde el valor de radiación decrece desde 106cps hasta 37,7cps. Entre estos sectores arenosos (metro 366,5 y 371,5) se desarrollan dos líneas aserradas irregulares con altos valores de radiación (109,7cps y 106cps, respectivamente), obtenidas en arcillolitas con materia orgánica.

En el segmento E (metro 403,7 a 456) afloran secuencias grano decrecientes completas e incompletas de conglomerados de guijarros, guijos, arenitas, lodolitas y arcillolitas; interpretado como correspondiente a un ambiente de depósito de ríos meandriformes, donde las bases de cada secuencia son erosivas o irregulares con valores de radiación gamma, inferiores a 50cps, el cual se incrementa gradualmente (> 70cps) a medida que la secuencia se hace más fina, donde se pueden inferir algunos pequeños embudos (Figura 4-3B); al empezar una nueva secuencia conglomerática, el valor de radiación decae drásticamente por debajo de 50cps, debido a que la matriz en los conglomerados y arenitas posee poco material arcilloso y micas.

4.4 SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla.

Debido al valor máximo de radiación de rayos gamma obtenido de 113,3cps, en el metro 194, se escala de cero cuentas por segundo (0cps) hasta ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps), y con base en la segmentación realizada en la columna estratigráfica (Anexo 3.4), los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados, se tiene:

La base del segmento A (metro 1 a 14,5), se forma una figura de embudo irregular dado por valores de radiación crecientes desde 40cps hasta 96cps, se evidencia por el contenido de finos que se hace mayor hacia el techo, sector interpretado como

correspondiente a un ambiente cambiante de barras de orillal (arenitas grano-decrecientes con intraclastos lodosos) a llanura de inundación. Inmediatamente se presenta un contraste en el valor de registro de radiación cayendo desde 87cps hasta 39cps, al cambiar de arcillolita a arenita de grano muy grueso y pasando de un sector interpretado como correspondiente a ambiente de llanura de inundación a uno sector interpretado como correspondiente a barras de orillal. En la parte media del segmento A (metro 23 a 37), sobresalen tres (3) picos, dados por la presencia de lodolitas–limolitas, interpretado como correspondiente a un ambiente cambiante de río meandriforme a río trezado distal. La parte superior del segmento A, es predominantemente conglomerático de guijos y gránulos, donde se desarrolla una línea aserrada con valores de radiación inferiores a 50cps. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de ríos trezados distales.

La parte inferior del segmento B, dominante por lodolitas, pasa a una intercalación con arenitas, las cuales se hacen más abundante mientras la fracción fina disminuye, generando alternantes figuras de embudos y campanas de forma y tamaño irregular debido al contraste litológico y de los valores de radiación gamma (de 32cps hasta 102,3cps) esto sucede en una alternancia 1 como correspondiente entre ambientes de barras de orillal–llanura de inundación– barras de orillal–marisma y pantanos–barras de orillal. En la parte media del segmento B (metro 167,5 a 200), sucede al contrario: la base es arenosa, pasando a una alternancia con limolita carbonosa, la cual se hace dominante y alterna con esporádicos mantos delgados de carbón, desarrollando esta secuencia una línea aserrada (parte arenosa) seguida por alternancia de embudos y campanas separados por depresiones (Figura 4-4A); este sector posee los más altos valores de radiación gamma de toda la sección (hasta 113,3cps), debido al alto contenido de materia orgánica y sedimentos finos.

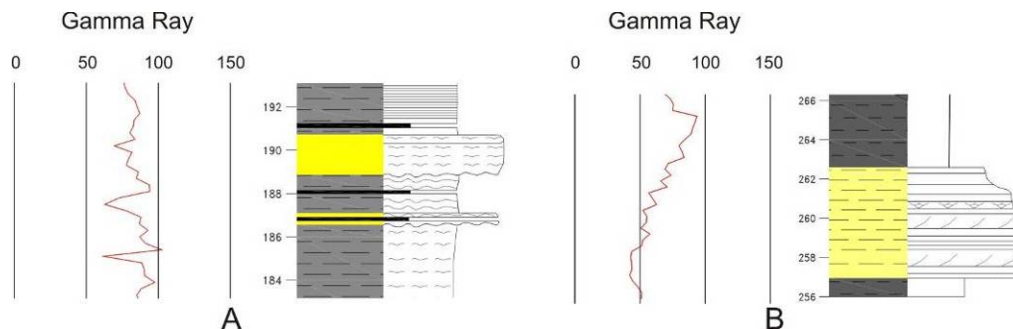


Figura 4-4. Campanas sucesivas en limolita carbonosa con interposición de arenita y carbón (A); figura de embudo en secuencia grano decreciente (B).

La parte alta de la sección corresponde al segmento C, donde se desarrollan tres (3) embudos a partir de arenitas a la base y decreciendo de grano medio-fino hasta lodolita (Figura 4-4B), sector interpretado como correspondiente a un ambiente de llanuras de inundación con canales secundarios; los valores obtenidos de lectura de rayos gamma

son bajos en las arenitas (< 50cps) e intermedios en las lodolitas macizas (hasta 93,7cps).

4.5 SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.

El valor máximo obtenido en las lecturas de radiación de rayos gamma es 139,7cps, en el metro 246,5; por lo tanto, la escala escogida tiene valores entre cero cuentas por segundo (0cps) y ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps). Teniendo en cuenta la segmentación de la columna estratigráfica, los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados (Anexo 3,5), observamos que:

En los ciclos recurrentes compuesto de arcillolitas homogéneas de color gris, lodolitas, arenitas e interposición de ellas (segmento A, metro 0 a 64,5), se desarrollan líneas aserradas irregulares, embudos irregulares, cimas y depresiones marcadas por el contraste de arcillolita-arenita, registrando valores de rayos gamma intermedios (50cps a 100cps), (Figura 4-5A). Sector interpretado como correspondiente a ambiente de llanura de inundación, ríos meandriformes y canales menores.

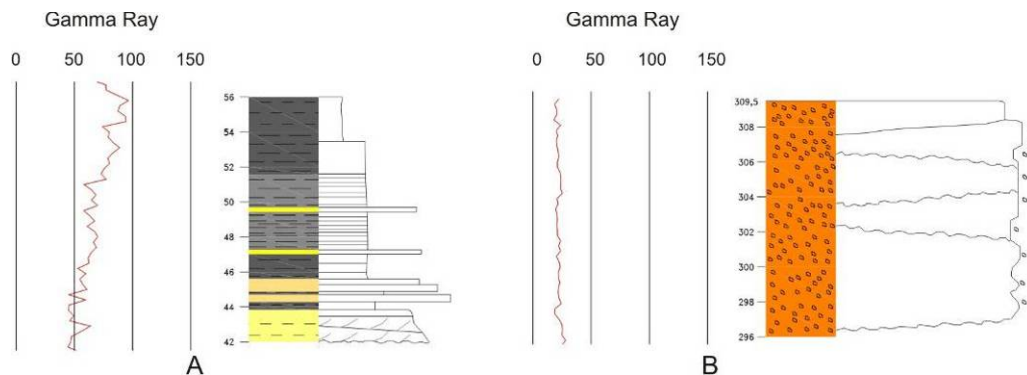


Figura 4-5. Embudo largo irregular aserrado en secuencia de base arenosa y techo lodoso (A); valores bajos de radiación gamma y línea regular aserrada desarrollada en conglomerado de guijos de cuarzo lechoso clasto soportado (B).

Para segmentos B, metro 66,5 a 103, se desarrolla una línea aserrada constante dado por valores bajos de radiación (21cps a 40cps) y secuencias incompletas dominante de conglomerados de guijas y gránulos hasta arenita de grano medio-fino, sector interpretado como correspondiente a ambiente de ríos trenzados distales; además, en la parte superior del segmento D (metro 220 a 232), se evidencia un embudo alargado, dado por el incremento de la proporción lodolita/arenita.

En la litología dominante de conglomerado polimíctico de guijos y gránulos de cuarzo lechoso (segmentos D, metro 192,5 a 220 y F, metro 284 a 309,5), se obtuvieron valores bajos de radiación gamma (promedio de 24,5cps) representado en una línea aserrada

regular y constante (Figura 4-5B). Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de río trezado proximal.

En el segmento E, metro 233 a 272, se presenta un predominio de arcillolitas carbonosas y mantos de carbón, con los valores de radiación gamma más altos en toda la sección, variando entre 59cps y 139,7cps (valor máximo), generando una figura con sucesivas campanas y embudos irregulares (forma y tamaño), visualizado por marcadas cimas y depresiones. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de río trezado proximal.

SECTOR PATÍA

4.6 SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE) Y SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático. Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base.

A pesar de obtenerse un valor máximo de radiación de rayos gama de 190cps, ésta sección se escaló con valores entre cero cuentas por segundo (0cps) y ciento ochenta cuentas por segundo (180cps), para mejor visualización del contraste gráfico. Con base en los segmentos, los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados en la columna estratigráfica (Anexo 3.6), se tiene:

En el segmento A (metro 0 a 4,5), en roca diabásica meteorizada, se obtuvieron valores de radiación bajos (en promedio 26,8cps), representado en una línea aserrada regular. En el segmento B (metro 6 al 31,5), y interpretado como correspondiente a un ámbito de plataforma interna somera calcárea, se obtuvo una línea aserrada con valores de radiación bajos (promedio de 37cps) como respuesta a la litología aflorante de caliza *wackestone*. Del metro 31,5 hasta el 37, los valores de radiación crecen rápidamente obteniéndose el valor máximo de la sección (190cps) donde se puede inferir un pequeño embudo sobre *mudstone*, y posteriormente (del metro 37 hasta el 57,5), por el decrecimiento de los valores de radiación, desde 190cps hasta 66cps, obtenidos sobre interposición de arenitas y lodolitas calcáreas (segmento C) y lodolitas silíceas (segmento D), se puede deducir la forma de una larga campana aserrada irregular. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de depósito de plataforma media somera (Figura 4-6A).

En el segmento E y parte inferior del F (metro 57,8 a 74,5), se presenta una zona de brecha compuesta por tres conglomerados lodo soportados de guijos y gránulos volcánicos suprayacido cada uno de ellos por facies finas homogéneas, donde se obtuvieron valores crecientes (hasta 93cps) y decrecientes de radiación (hasta 22cps), infiriéndose en ellos figuras irregulares sucesivas de embudos y campanas, dados por el mayor o menor contenido de sedimento fino, sectores interpretados como

correspondientes a un ambiente de abanico aluvial proximal-plataforma media somera. En la totalidad del segmento G, se obtuvieron valores bajos de radiación de rayos gamma (en promedio 21cps), desarrollándose una línea aserrada constante debido a que la litología es predominantemente conglomerática clasto y lodo soportada de composición volcánica, interpretado como correspondiente a un ambiente de abanico proximal.

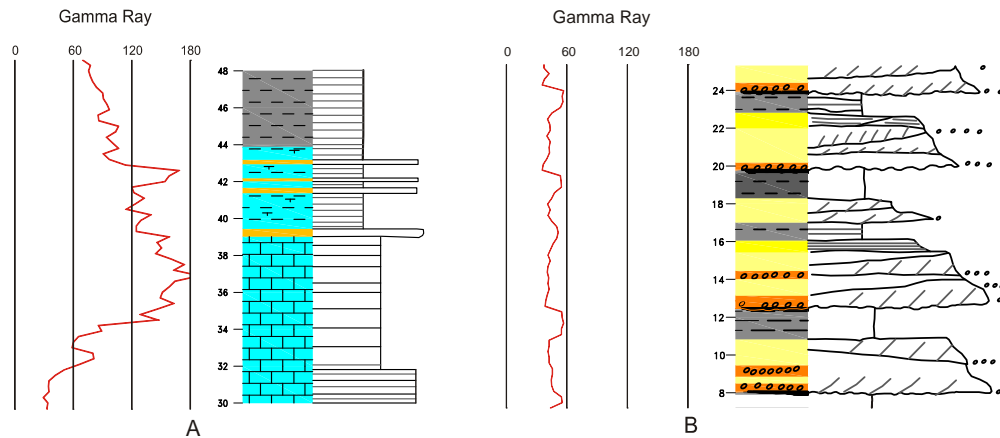


Figura 4-6. Incremento rápido de radiación gamma en *mudstone* y posterior decrecimiento en arenitas, lodolitas calcáreas y lodolitas silíceas, representando un embudo y una campana aserrada irregular, respectivamente (A); Contraste en los valores de radiación gamma obtenidos en secuencias grano decrecientes completas e incompletas, con desarrollo de pequeños embudos (B).

Debido a la complejidad estructural, se realizó por separado otra columna llamada “RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)” donde afloran 3 m del techo de la Formación Peña Morada y 38 m de la base de la Formación Mosquera. Los valores de radiación gamma obtenidos allí fueron inferiores a 50cps y mayores a 28cps, con litología caracterizada por ciclos recurrentes grano decrecientes completos e incompletos de composición cuarzoarenita con bases conglomeráticas y contactos ondulado y neto irregular, las cuales desarrollan sucesivas figuras de embudos debido a que la textura de la matriz en cada ciclo empieza siendo arenosa y hacia el techo se vuelve gradualmente arcillosa (Figura 4-6B). Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de ríos trezado proximal-distal y río meandriforme.

4.7 SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Para lograr un mayor y mejor contraste gráfico, esta sección fue escalada de cero cuentas por segundo (0cps) hasta ciento ochenta cuentas por segundo (180cps) a pesar de obtenerse algunos pocos valores de radiación de rayos gamma por encima de 180cps (metros 64,5 y 192,7). De acuerdo a los segmentos en que fue dividida la columna

estratigráfica, los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados (Anexo 3.7), tenemos:

En el segmento A y parte inferior del B (metro 0 a 16), se desarrolla una línea aserrada regular, derivada de los bajos valores de radiación de rayos gamma (promedio de 24,8cps) obtenida en rocas diabásicas y las suprayacentes cuarzoarenitas de grano muy grueso. En la parte alta del segmento B y en el segmento C (metro 24,5 hasta metro 65), se obtienen altos valores de radiación (177,3cps y 192,7cps) y se visualizan dos altos picos en arenitas lodosas con 2% de mica, que contrastan con concavidades (valores menores a 70cps) en secuencias incompletas grano decrecientes de conglomerados (Figura 4-7A).

Los segmentos D, E y F (metro 80 hasta 182), interpretados como correspondientes a un depósito de ambiente de llanura de inundación–canal de desborde, cuya litología dominante de arcillolitas y limolitas, registran altos valores de radiación de rayos gamma (98cps a 152cps, en general) y curvas convexas, que contrastan con valores bajos (51cps) e intermedios (85cps) obtenidos en cuarzoarenitas compactas de grano medio-grueso y fino, respectivamente.

El segmento G (metro 182 hasta 243) representa un ambiente de río meandriforme – fluvio-estuarino, caracterizado por litología de cuarzoarenitas de grano grueso donde se registran valores bajos a intermedios (43cps hasta 97cps), presentado líneas aserradas irregulares. En el extremo inferior (metro 182) una arenita lodosa de grano muy fino, contrasta con un alto pico con valor de radiación gamma de 139,3cps, debido a la presencia de 2% de mica y al material arcilloso.

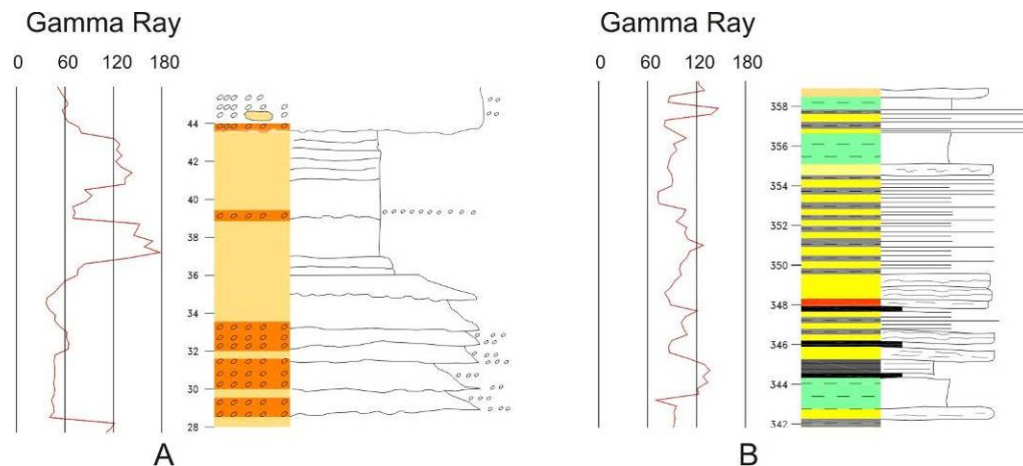


Figura 4-7. Contrastes de radiación gamma entre arenitas de grano muy fino lodosa y conglomerados (A); sucesión heterolítica con valores de radiación gamma intermedio a alto (B).

La zona inferior del segmento J, se desarrolla una secuencia muy gruesa heterolítica, representada por shale, limolitas, arenita de grano fino, lodolita carbonosa y carbón,

donde se registran valores de radiación gamma en un intervalo entre 70cps y 146cps, con base en esta variación se obtuvieron figuras contrastantes de picos-depresiones como consecuencia de la variación litológica y el contenido de material carbonoso (Figura 4-7B). El sector es interpretado como correspondiente a un depósito de llanura mareal arenosa-marismas y pantanos-canales mareales.

En la parte media–alta del segmento K (metro 431 a 436,5), se obtuvieron valores altos de radiación (mayor a 120cps) en lodolita arcillosa con concreciones calcáreas y mica, desarrollándose dos picos altos irregulares separados por una depresión generada por la mediana radiación (88cps) en una lodolita calcárea, interpretados como correspondientes a un depósito de llanura mareal lodosa. En el segmento L y parte inferior del M, se obtuvieron valores de radiación intermedios (60cps a 120cps) en lodolitas que contienen mica y láminas de materia orgánica, de forma subordinada arenitas de grano fino–medio, de las que se obtuvieron líneas aserradas irregulares.

Del metro 598 al 617 (segmento superior de M e inferior del segmento N), la figura del registro de rayos gamma muestra tres embudos irregulares desarrollados debido al grano decrecimiento del material depositado: bases de arenita de grano fino con matriz arenosa y topes de limolita–lodolita. Sector interpretado como correspondiente a un ambiente de sistema de playa-plataforma media somera.

Del metro 621 hasta el 1.078,5 (segmentos N hasta V), se caracteriza por: a) presentar líneas aserradas regulares con valores de radiación menores a 60cps en las arenitas; b) líneas aserradas irregulares en los sedimentos finos (arcillolitas, lodolitas, limolitas) con valores de radiación en general bajos (mayores de 60cps y menores a 83cps); estos valores bajos podrían deberse a su bajo o nulo contenido de mica y materia orgánica, al alto grado de meteorización-oxidación de los sedimentos finos.

4.8 SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

El valor máximo obtenido en las lecturas de emisión de rayos gamma para esta sección fue 174cps; por lo tanto, la columna estratigráfica se escaló entre los valores cero cuentas por segundo (0cps) y ciento ochenta cuentas por segundo (180cps). Con base en la segmentación realizada en la columna estratigráfica, los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados (Anexo 3.8), se determina que:

En el segmento A (metro 0 a 10,5), sobre rocas diabásicas se obtuvieron valores de radiación bajos, representados en una línea aserrada. Del metro 10,5 hasta el 102, sobre litología dominante de conglomerados polimícticos-oligomícticos, también se adquirieron valores bajos de radiación gamma (mayores de 25cps y menores de 60cps, interpretado como correspondiente a un ambiente depósito de abanico aluvial proximal-

río trezado proximal distal), evidenciado en líneas aserradas que están interrumpidas en tres zonas así: a) Del metro 45 al 50 se forma una campana debido a la presencia de canales areno-arcillosos; b) Del metro 62 al 72, hay un incremento drástico de los valores de radiación (desde 66cps hasta 149cps) por la presencia de lodolitas y limolitas en un ambiente de llanura de inundación, desarrollando una cima irregular (Figura 4-8A); c) Del metro 99,8 al 102, se visualiza una pequeña cima o protuberancia desarrollada a partir de los valores de radiación gamma obtenidos sobre una arenita de grano fino que grada a limolita arcillosa.

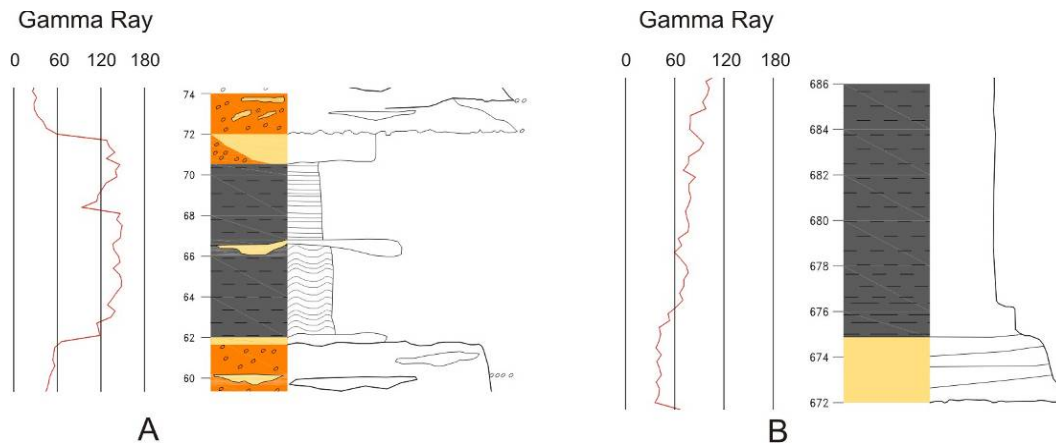


Figura 4-8. Valores altos de radiación gamma en sedimentitas finas intercalada entre conglomerados (A); figura de embudo irregular obtenido de valores crecientes de radiación gamma en arenitas y lodolitas (B).

Del metro 430 al 715 (segmentos G, H, I), hay un comportamiento similar en la respuesta de radiación de rayos gamma generada sobre la litología, así: para conglomerados y arenitas, los valores son menores a 60cps; para arcillolitas, lodolitas y limolitas, los valores de radiación gamma son mayores a 60cps y menores de 120cps; además, se caracteriza por tener secuencias grano decrecientes, en su mayoría incompletas, dando como consecuencia líneas aserradas irregulares y entre ellas, se infieren principalmente figuras de embudos (Figura 4-8B), y de manera subordinada campanas de pequeña extensión. El alto grado de meteorización-alteración, es la principal anomalía que interfiere con los datos obtenidos de radiación de rayos gamma, para estos segmentos.

4.9 SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Para obtener una mayor resolución gráfica de la curva de rayos gamma en esta sección, se opta por escalarla de cero cuentas por segundo (0cps) a ciento cincuenta cuentas por segundo (150cps), a pesar de que algunos valores de radiación sobrepasaron esta cifra

(máximo 164cps en el metro 614). Teniendo de base la los grupos de facies y los ambientes de depósito asignados en la columna estratigráfica (Anexo 3.9), se tiene:

En los segmentos A y B (metro 0 a 22) se obtuvieron valores de radiación gamma bajos (en promedio 21cps), formando una línea aserrada regular, obtenida sobre diabasas y conglomerados polimícticos. En la parte media de segmento D (metro 58 a 70,1, interpretado como correspondiente a un ambiente de canal de desborde – charca somera), se obtuvieron tres picos altos con valores máximos de 156cps, 123cps y 144cps, respectivamente, sobre una secuencia de láminas de shale carbonoso–carbón, lodolitas–limolitas, con materia orgánica (Figura 4-9A). En la parte inferior del segmento E (metro 94,5 a 106, interpretado como correspondiente a un ambiente de río trezado), se adquirieron valores bajos de radiación (<50cps) en un conglomerado polimíctico, graficándose una línea aserrada, mientras que en la parte media del segmento, se forma un embudo por los valores crecientes (de 35cps hasta 99,3cps, del metro 162 al 172,8) obtenidos sobre un grano decrecimiento de conglomerado de guijos hasta lodolita, con poca mica, sector interpretado como correspondiente a un ambiente de llanura mareal lodo arenosa-llanura de inundación.

En la parte alta del segmento E y en los segmentos F y G, crece la proporción de sedimentitas finas sobre las gruesas, incrementándose los valores de radiación gamma de intermedio a alta (75cps a 120cps), formando líneas aserradas irregulares contrastando con depresiones o concavidades situadas sobre las arenitas de grano grueso–muy grueso y conglomerados con valores inferiores a 50cps. A una escala de 2 m y menos, se pueden inferir formas de campanas y embudos desarrollados sobre secuencias completas e incompletas grano decreciente de arenitas de grano medio, sector interpretado como correspondiente a un ambiente de llanura mareal lodo arenosa.

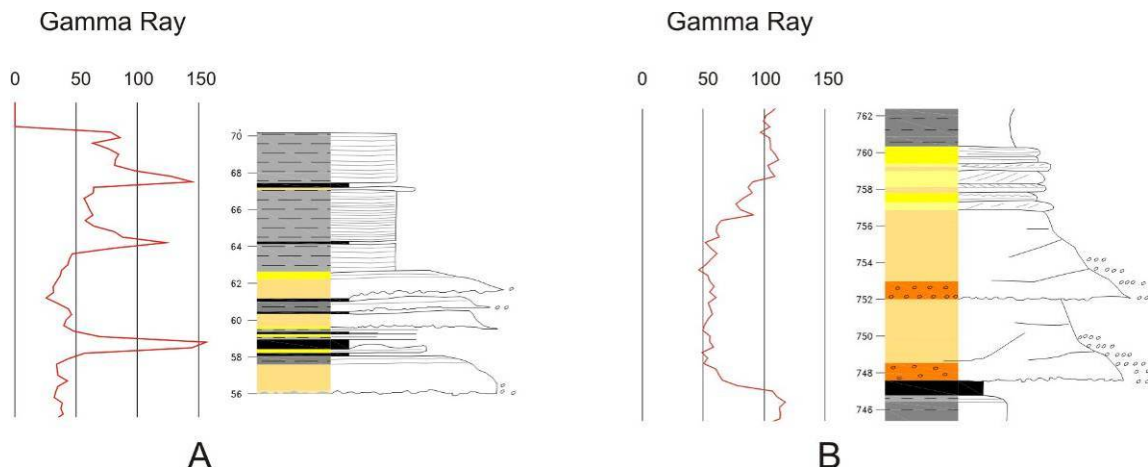


Figura 4-9. Valores altos de radiación gamma en shale carbonoso contrastando con valores bajos en cuarzoarenitas de grano medio (A); figura cóncava formada por los valores de radiación gamma en secuencia de arenita grano decreciente entre sedimentitas finas (B).

Para el restante de la sección (segmentos H, I, J y K y asimilados como correspondientes a un ambiente de depósito de llanura de inundación-canal de desborde-río meandriforme), se presentan condiciones similares a lo anteriormente descrito: Valores de radiación gamma bajos (menores de 60cps) en los conglomerados y arenitas de grano grueso (Figura 4-9B); intermedios en las arenitas de grano fino a medio (90cps); valores altos en arcillolitas, lodolitas y limolitas (mayor a 100cps), y valores muy altos (cerca de 150cps) cuando la fracción fina contiene alto contenido de materia orgánica y mica. En los mantos de carbón, por lo general (Ej: metros 578,5 y 583), los valores de radiación gamma disminuyen (77,7cps) pero en sus respaldos, arcilloso-carbonoso, suben.

5 FORMACIONES Y AMBIENTES DE DEPÓSITO

En este capítulo se presentan las unidades presentes en las diferentes secciones estudiadas, donde se describen las principales secuencias y asociaciones de facies, sus ambientes, edades, espesores, y otras características. La Tabla 5-1 sintetiza algunos de los aspectos más importantes entre los que se destacan los sectores y secciones donde fueron estudiadas, los nombres de las formaciones, los miembros, segmentación, ubicación en las columnas, el espesor medido y la edad.

A continuación son descritas todas las unidades, ilustradas con figuras de columnas sintéticas en las cuales se muestran algunas de sus litofacies, asociaciones y ambientes de depósito, en cada uno de los tres sectores. Los modelos de depósito son esquemáticos y no se presentan a escala.

SECTOR CAUCA NORTE

Este sector corresponde al área más norte de estudio donde la única unidad que aflora es la Formación Cinta de Piedra. Fue descrita en la Sección Cartago–Alcalá, ubicada cerca al municipio de Cartago, departamento del Valle del Cauca.

5.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA

Se dividió en dieciséis segmentos que fueron ordenados y descritos de base a techo desde el segmento B hasta el segmento P, con un espesor de 1.803 m, de los cuales 1.009 están aflorando. La edad de la unidad es Oligoceno a Mioceno temprano, basado en palinofórmos. El contacto con la unidad infrayacente se presenta cubierto. La unidad fue definida por Hubach y Alvarado (1934).

Fueron definidas tres tipos de secuencias principales. La primera consiste en una sucesión granodecreciente incompleta que inicia con conglomerados matriz soportados polimícticos homogéneos (**Cmsh**), arenitas conglomeráticas con estratificación inclinada planar (**ACip**) y arenitas conglomeráticas homogéneas (**ACh**), caracterizado por los contactos irregulares, abundantes intraclastos arcillosos hacia las bases, capas de geometrías subtabulares y canaliformes. Puede continuar en la secuencia arenitas de grano grueso a medio con estratificación inclinada planar (**Aip**), inclinada de ángulo bajo (**Ai**) y cuarzoarenitas a litoarenitas homogéneas (**Ah**). En algunas secuencias es posible reconocer arenitas con laminación plana paralela (**App**), en capas delgadas a medias, tabulares como facies subordinada.

Tabla 5-1. Cuadro resumen donde se presentan todas las unidades estudiadas, secciones donde afloran, sectores, miembros identificados, espesores medidos y edades asignadas a partir de palinomorfos. Los espesores medidos (en negrilla corresponden al espesor completo del miembro).

SECTOR	SECCIONES	FORMACIÓN	MIEMBROS	SEGMENTOS	UBICACION EN COLUMNA (m)	ESPESOR MEDIDO (m)	EDAD	
Cauca Norte (Cartago)	Cartago-Alcalá	Cinta de Piedra		B – P	19,4 - 1803	1785	Oligoceno Mioceno temprano	
Cauca Sur (Jamundí)	La Cima	Chimborazo	Loma Larga	A – F	36,5 – 640,5	604	Eoceno medio	
	La Cima	Guachinte	La Cima	G	640,5 – 728	87,5	Eoceno medio	
	Río Guachinte		Los Chorros	B	2 – 277	275		
	Río Guachinte		La Leona	C	277 – 320	43,5		
	Río Guachinte		La Rampla	D – E	320 – 455,5	135,5	Eoceno medio	
	Río Guachinte norte			A – C	0 – 306	306		
	Río Guachinte techo	A	0 – 66,5	66,5				
R Guachinte techo	Ferreira	Suárez	B – F	66,5 – 309,5	243,5	Eoceno tardío		
Patía (El Bordo)	Río Esmita	Peña Morada	Calcáreo	B – F	6 – 83	77	Paleógeno	
			Conglomerático	G	83 – 169	86		
	Río Esmita, Q. Guanabanal, Q. La Despensa, El Boquerón	Mosquera			B	4 – 42	38	Oligoceno tardío a Mioceno medio
					B – G	2 – 243	241	
					B – E	10 – 219	209	
	Q. Guanabanal, Q. La Despensa, El Boquerón	Esmita	Limolítico fosilífero		B – C	10 – 176	166	Oligoceno tardío a Mioceno medio
					H – N	243 – 649,5	406,5	
					F – H	219 – 619,9	400,9	
					D – F	176 – 430	254	
	Q. Guanabanal, Q. La Despensa, El Boquerón	Esmita	Arenáceo		O – T	649,5 – 954,5	305	Oligoceno tardío a Mioceno medio
				I – J	619,9 – 819	199,1		
				G – H	430 – 660	230		
Q. Guanabanal Q. La Despensa, El Boquerón	Esmita	Limolítico rojizo		U – V	954,5 – 1078,5	124	Oligoceno tardío a Mioceno medio	
				K	819 – 915	96		
				I	660 – 715	55		

El segundo tipo, incluye secuencias granodecrecientes completas que a la base presentan arenitas de grano grueso con estratificación inclinada planar (**Aip**), u homogéneas (**Ah**), seguido de arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), arenitas con laminación plana paralela (**App**) u ondulada (**Ao**), ricas en materia orgánica carbonosa. La geometría de los cuerpos son subtabulares a tabulares y su espesor varía entre medias y gruesas. El tope de la secuencia consiste de facies finas de lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**), arcillolitas varicoloreadas homogéneas (**Arh**), o lodolitas con laminación ondulada (**Fo**). Los espesores de las secuencias con principalmente métricos.

En el tercer tipo de secuencia hay un claro predominio de las facies finas representadas por paquetes decamétricos de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), intercaladas con facies heterolíticas de interestratificaciones medias y gruesas de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (**Io**), o plana paralela (**Ipp**), lodolitas homogéneas (**Fh**), ricas en materia orgánica carbonosa y restos vegetales (**Fh-c, Fh-v**) y mantos centimétricos a decimétricos de carbón (**C**). La fracción de arenitas es subordinada y consiste de capas tabulares, delgadas y medias, en menor proporción gruesas, lateralmente continuas de arenitas con laminación ondulada (**Ao**), inclinada de ángulo bajo (**Ai**) y sublitoarenitas con laminación plana paralela (**App**) ricas en materia orgánica carbonosa y fragmentos vegetales (**App-v**).

La Figura 5-1 corresponde a la columna sintética de la Formación Cinta de Piedra, estudiada en la Sección Cartago–Alcalá donde se ilustran algunas de sus facies características.

El primer tipo de secuencia corresponde a ambientes de ríos trenzados distales (asociación **B2, B3**), mientras que el segundo tipo indica sistemas de ríos meandriformes (asociación **C1, C2**). El último tipo de secuencia corresponde a la de menor energía, acumulado en sistemas de ríos meandriformes en ambientes de llanuras de inundación y zonas de pantanos (**D2**), disectada por canales secundarios y canales de desborde (asociación **D1b, D1a**) (Figura 5-2).

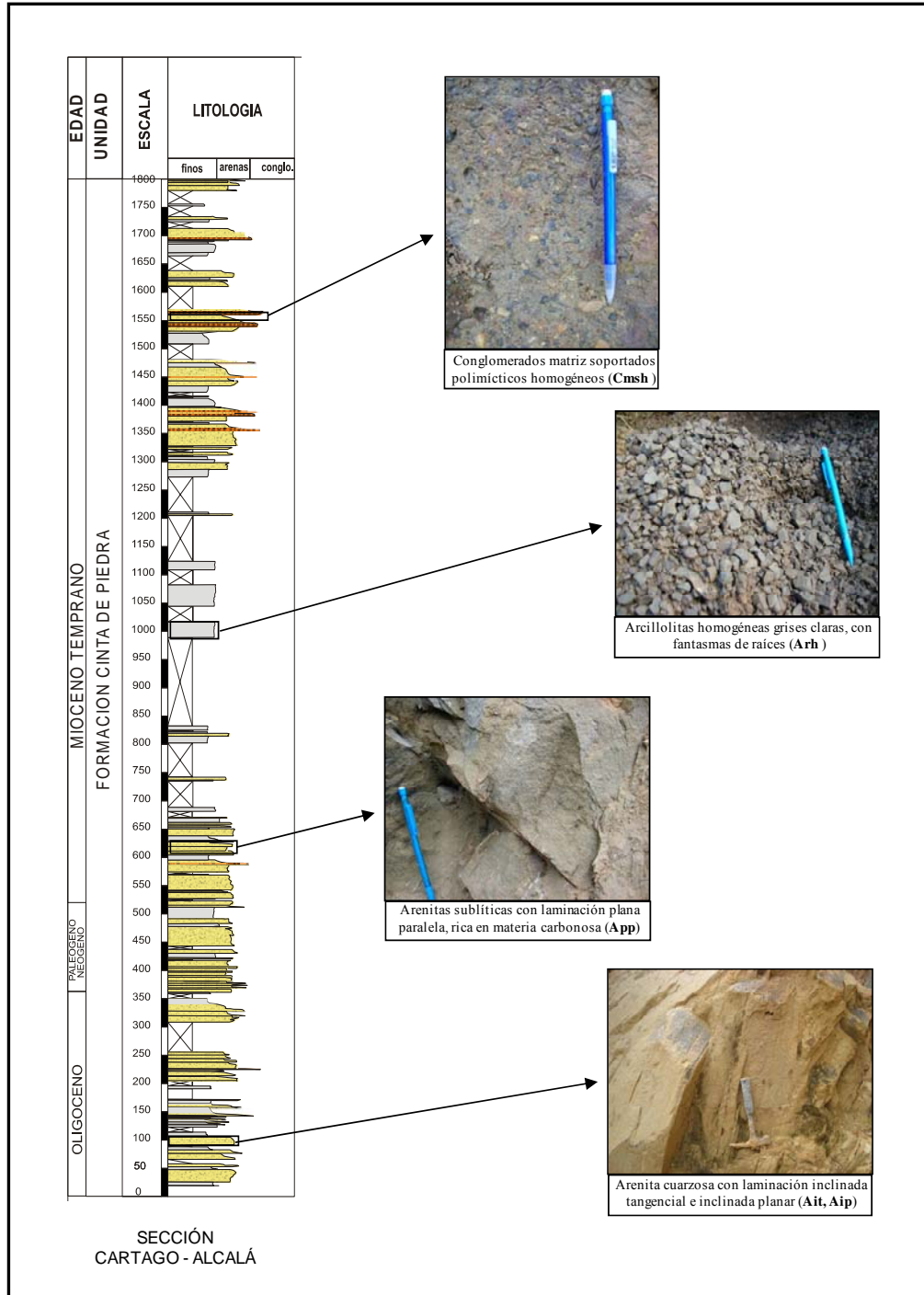


Figura 5-1. Columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra con algunas de sus litofacies y secuencias características.

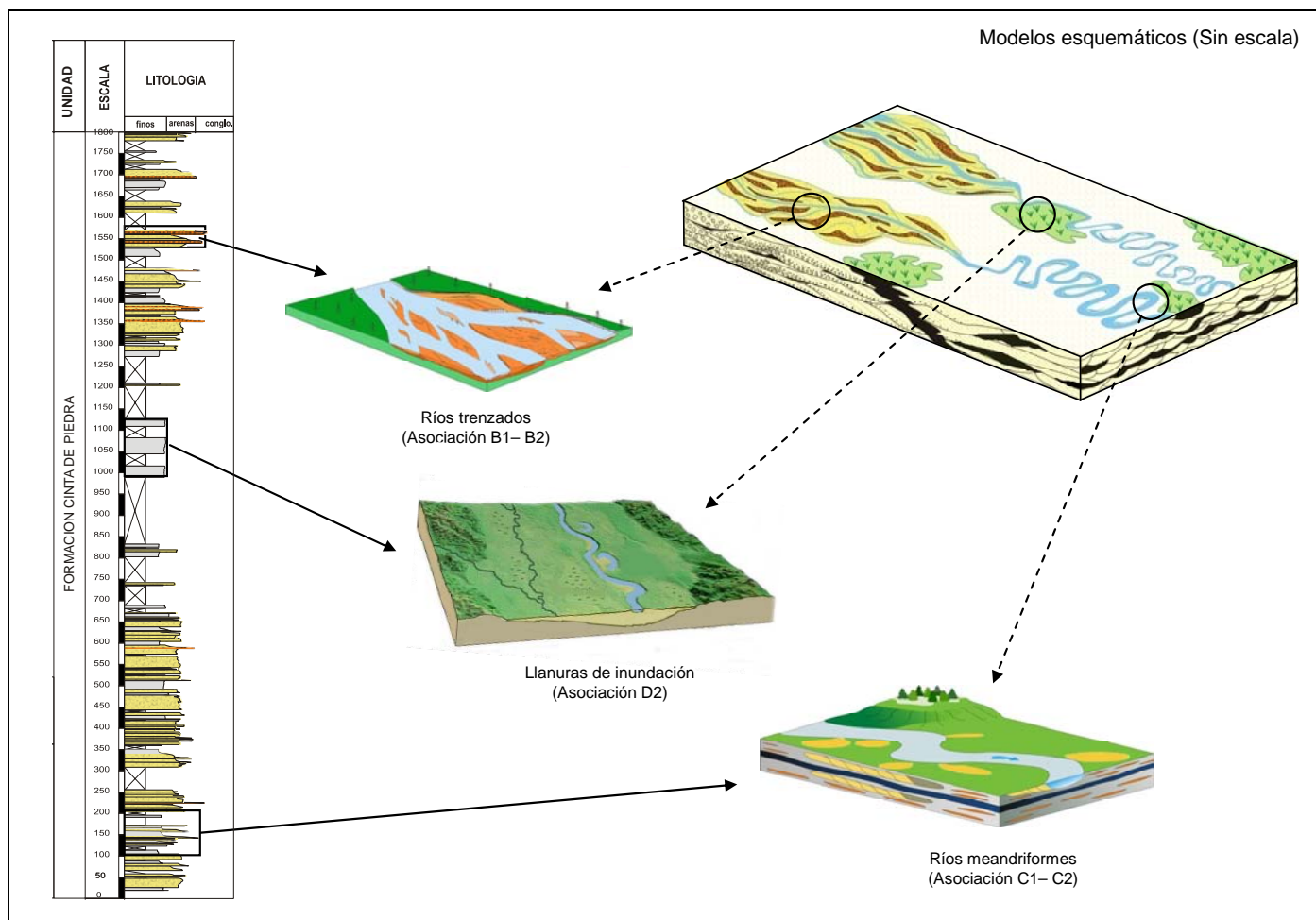


Figura 5-2. Modelos de depósito para la Formación Cinta de Piedra. Se presentan ríos trezados (B1-B2), llanuras de inundación (D2) y ríos meandriformes (C1-C2). El modelo de ríos trezados fue modificado de Miall, 1985 y el modelo de llanuras de inundación fue tomada de <http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm>

SECTOR CAUCA SUR

5.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO

Fue descrita en la Sección La Cima (Tabla 5-1) donde solo aflora el miembro superior Loma Larga. El Miembro Confites de litología conglomerática, no fue observado en el sector. La Formación Chimborazo fue definida por Orrego (1975).

5.2.1 MIEMBRO LOMA LARGA.

Este miembro fue descrito en la base de la Sección La Cima, con un espesor de 640,50 m, comprendido entre los segmentos A a F. La edad es Eoceno medio, datado a partir del estudio de palinomorfos. Según Orrego (1975), quien la definió, encuentra que descansa en forma concordante sobre el Miembro Confites, aunque en el área de trabajo dicho contacto se presenta cubierto.

Se identificaron 4 tipos de secuencias principales, las cuales se describen a continuación. La primera consiste en sucesiones granodecrecientes incompletas que inician con paquetes métricos subtabulares de conglomerados polimícticos matriz soportados homogéneos (**Cmsh**), seguidos de arenitas homogéneas (**Ah**), cuarzoarenitas con laminación plana paralela (**App**) y finalizan en paquetes métricos tabulares de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**). La composición de los clastos de la fracción gruesa de conglomerados incluye cuarzo 65%, líticos 15%, feldespatos 15%; con un rango en el tamaño de los clastos entre 5 y 50 cm, con promedios de 20 cm, sus contactos son irregulares.

El segundo tipo de secuencias comprende paquetes decamétricos de conglomerados polimícticos clasto soportados homogéneos (**Ccsh**), de clastos de rocas volcánicas que alcanzan hasta 50cm de tamaño, con promedios de 20cm, matriz arenosa en capas gruesas y muy gruesas, de geometrías subtabulares; las bases de las capas son irregulares y tienen abundantes intraclastos arcillosos. Puede presentar interposiciones menores de arenitas con laminación ondulada (**Ao**).

El tercer tipo incluye sucesiones granodecrecientes completas que inician con arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**) en capas gruesas, de geometrías subtabulares y canaliformes, arenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**) e inclinada de bajo ángulo (**Ai**), seguidas de arenitas con laminación ondulada (**Ao**) y homogéneas (**Ah**) y finaliza en arcillolitas y lodolitas homogéneas (**Arh**, **Fh**), lodolitas con laminación plana paralela y abundantes fragmentos vegetales (**Fpp-v**); la geometría de las capas es tabular.

La cuarta clase consiste de paquetes métricos y decamétricos de lodolitas y arcillolitas homogéneas (**Fh**), con interposiciones menores de arenitas homogéneas (**Ah**) de grano fino y muy fino o arenitas laminadas plana paralela (**App**), ricas en fragmentos vegetales (**App-v**), en capas delgadas a medias con geometrías tabulares.

La Figura 5-3 corresponde a la columna sintética del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo, estudiada en la Sección La Cima, donde se muestran algunas de las facies y asociaciones de facies más características.

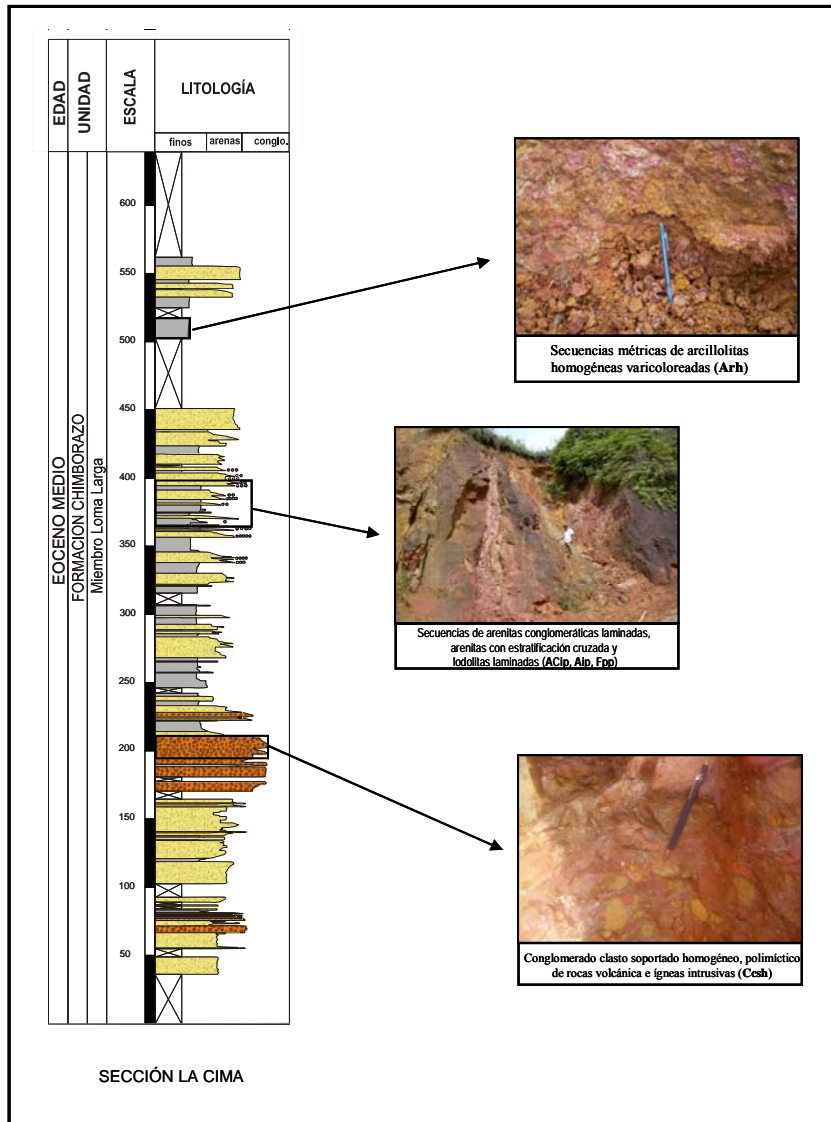


Figura 5-3. Columna estratigráfica sintética de la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga, con algunas de sus litofacies y secuencias características.

El primer tipo de secuencia fue acumulada en ambientes de abanicos proximales (asociación **A1-A2**); el segundo tipo corresponde a ambientes de ríos trezados (asociación **B2-B3**); la tercera secuencia indica ambientes de ríos meandriformes en bgaras de orillal (asociación **C1-C2**) y la última comprende ambientes de llanuras de inundación (asociación **D2**) (Figura 5-4).

5.3 FORMACIÓN GUACHINTE

Fueron descritos los cuatro miembros de la Formación Guachinte denominados de base a tope: La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla, los cuales fueron estudiados en las secciones: La Cima (LC), Río Guachinte (RG), Río Guachinte Norte (RGN) y Río Guachinte Techo (RGT). La edad Eoceno medio se obtuvo para toda la unidad, a partir de estudios palinológicos. A continuación se muestran las asociaciones de facies y ambientes definidos para los cuatro miembros de la unidad. La Formación Guachinte fue definida por Schwinn (1969).

5.3.1 MIEMBRO LA CIMA.

Comprende el segmento G de la Sección La Cima y está ubicada entre los metros 640,5 y 728, con un espesor de 87,50 El contacto infrayacente con la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga no se aprecia por encontrarse cubierto. El Miembro La Cima fue definida por Keizer en 1954.

En general es posible reconocer dos tipos de secuencias de sedimentitas: La primera consiste de sucesiones granodecrecientes que inician en arenitas conglomeráticas gradadas y con estratificación inclinada planar (**ACg, ACip**), en capas centimétricas y decimétricas subtabulares con bases irregulares e intraclastos, variables lateralmente de espesor, seguidas de cuarzoarenitas homogéneas de grano medio (**Ah**), arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**) e inclinada tangencial a la base (**Ait**).

El segundo tipo de secuencias se presenta en la parte superior del miembro, donde disminuye la fracción gruesa conglomerática, pero se mantienen las arenitas con laminación inclinada (**Aip, Ait**), seguidas de arenitas de grano fino con laminación plana paralela (**App**) y finalizan en lodolitas con laminación plana paralela rica en fragmentos vegetales (**Fpp-v**) y lodolitas homogéneas (**Fh**) (Figura 5-5). La geometría predominante de los cuerpos litológicos es tabular a subtabular, continuas lateralmente de espesor.

El primer tipo de secuencia representa ambientes de ríos trezados proximales (asociación **B1-B2**), mientras el segundo tipo de secuencia indica ambientes de ríos meandriformes (asociaciones **C1-C2**) (Figura 5-6).

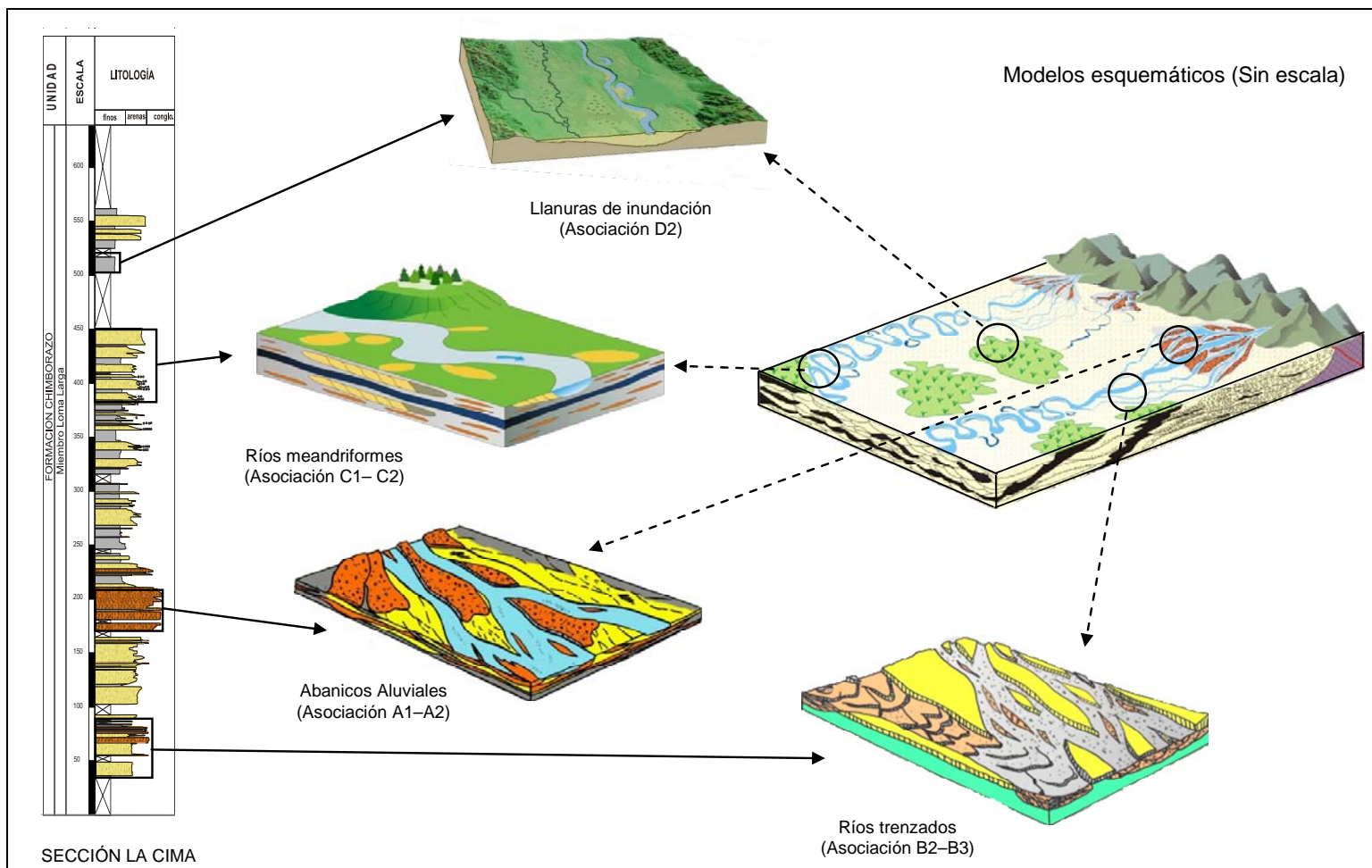


Figura 5-4. Modelos de depósito para el Miembro Loma Larga, la Formación Chimborazo. Se presentan ríos trenzados (B2–B3), abanicos aluviales (A1-A2), ríos meandriformes (C1-C2) y llanuras de inundación (D2). El modelo de llanuras de inundación fue tomada de <http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm>; los modelos de ríos trenzados y abanicos fue modificado de Miall, 1985. El modelo general de abanicos, ríos trenzados y meandriformes, fue modificado de Galvis y Rubiano 1985.

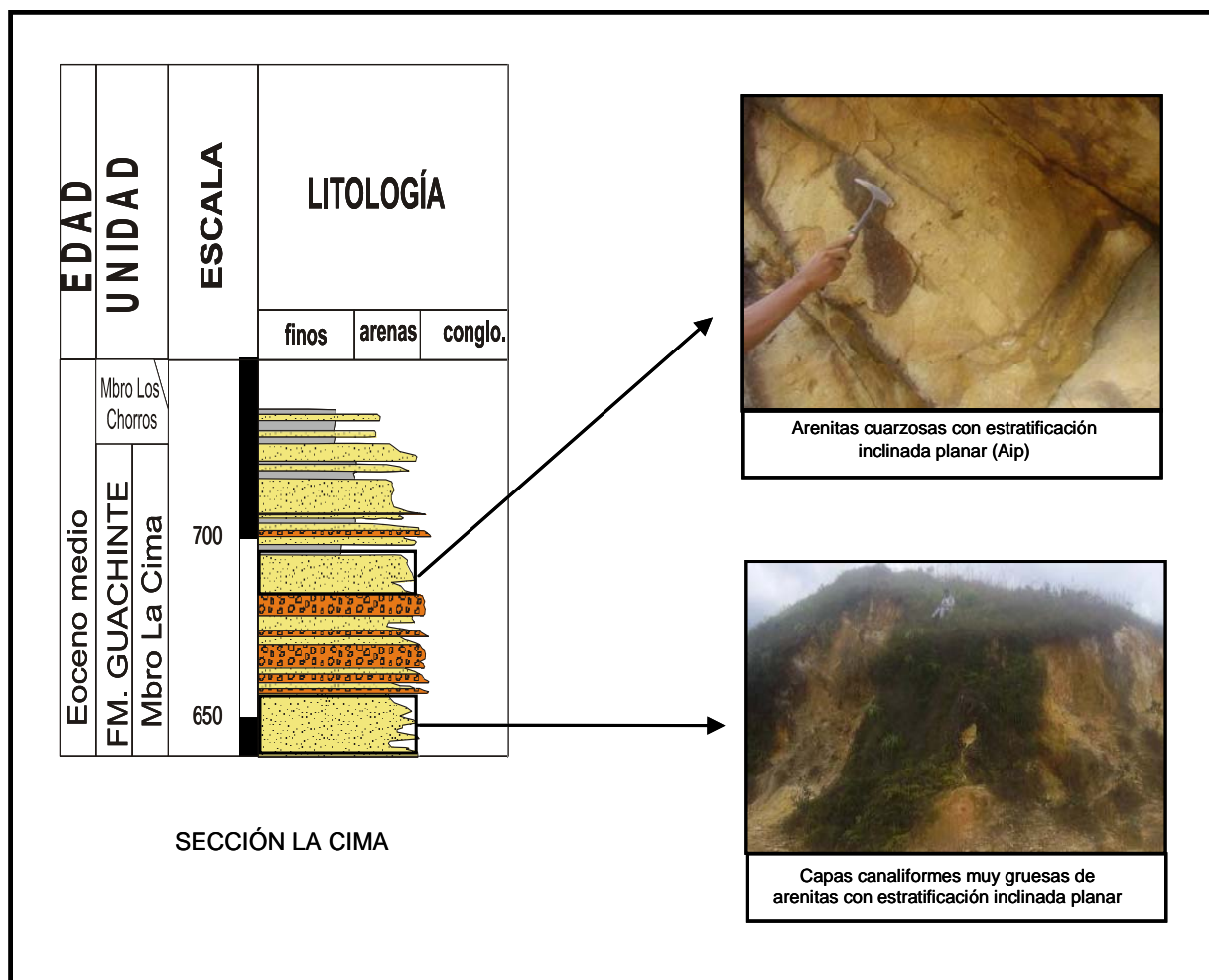


Figura 5-5. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro La Cima, con algunas de sus litofacies y secuencias características.

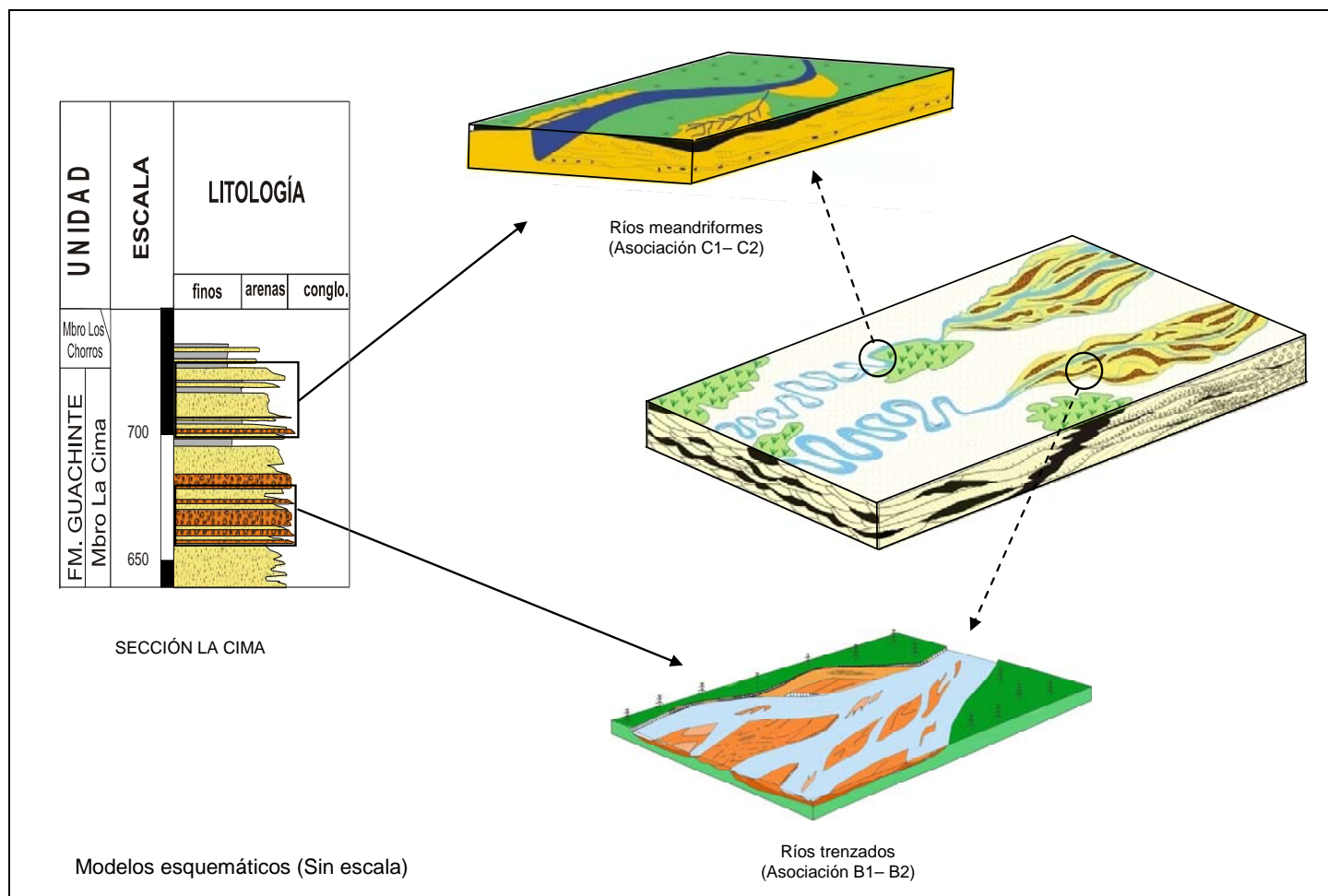


Figura 5-6. Modelos de depósito para el Miembro La Cima, Formación Guachinte. Se presentan, hacia la base y parte media, ríos trenzados (B1-B2) y hacia el techo ríos meandriiformes (C1-C2). El modelo de ríos trenzados fue modificado de Miall, 1985.

5.3.2 MIEMBRO LOS CHORROS.

Fue descrita en la Sección Río Guachinte, ubicada entre los metros 2 y 277 con un espesor de 2.750 El contacto con el miembro la Cima es transicional. El Miembro Los Chorros fue definido por Hubach y Alvarado (1934).

Se reconocieron dos tipos de secuencias faciales. El primer tipo, en la base, comprende sucesiones granodecrecientes completas que inician en arenitas de grano grueso a medio con estratificación inclinada en artesa (**Aia**), arenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**), en capas medias y gruesas subtabulares, seguidas por arenitas laminadas plano paralela (**App**) y finalizan en paquetes métricos de lodolitas y arcillolitas con laminación ondulada (**Fo**), homogéneas (**Fh**), y carbón (**C**) en mantos tabulares hasta de 3 m

El segundo tipo de secuencia consiste de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), homogéneas (**Fh**), y lodolitas con laminación plana paralela ricas en materia orgánica carbonosa (**Fpp-v**) y abundantes mantos tabulares de carbón hasta de 2 m de espesor. Las capas son paquetes métricos y decamétricos de geometrías tabulares. Presenta interposiciones menores de capas delgadas hasta medias de arenitas de grano fino a medio con laminación ondulada (**Ao**) y homogénea (**Ah**), en capas delgadas y medias, con geometrías externas tabulares (Figura 5-7).

La primera secuencia corresponde a barras y canales en sistemas de ríos meandriformes (asociación **C1-C2**), mientras que el predominio de facies finas y de carbón del segundo tipo de secuencia indica ambientes de llanuras de inundación y pantanos (asociación **D2**), canales secundarios o de desborde (asociación **D1a, D1b**), lagos someros (asociación **D3**), en sistemas de ríos meandriformes e influencia de marismas (asociación **E3**) (Figura 5-8).

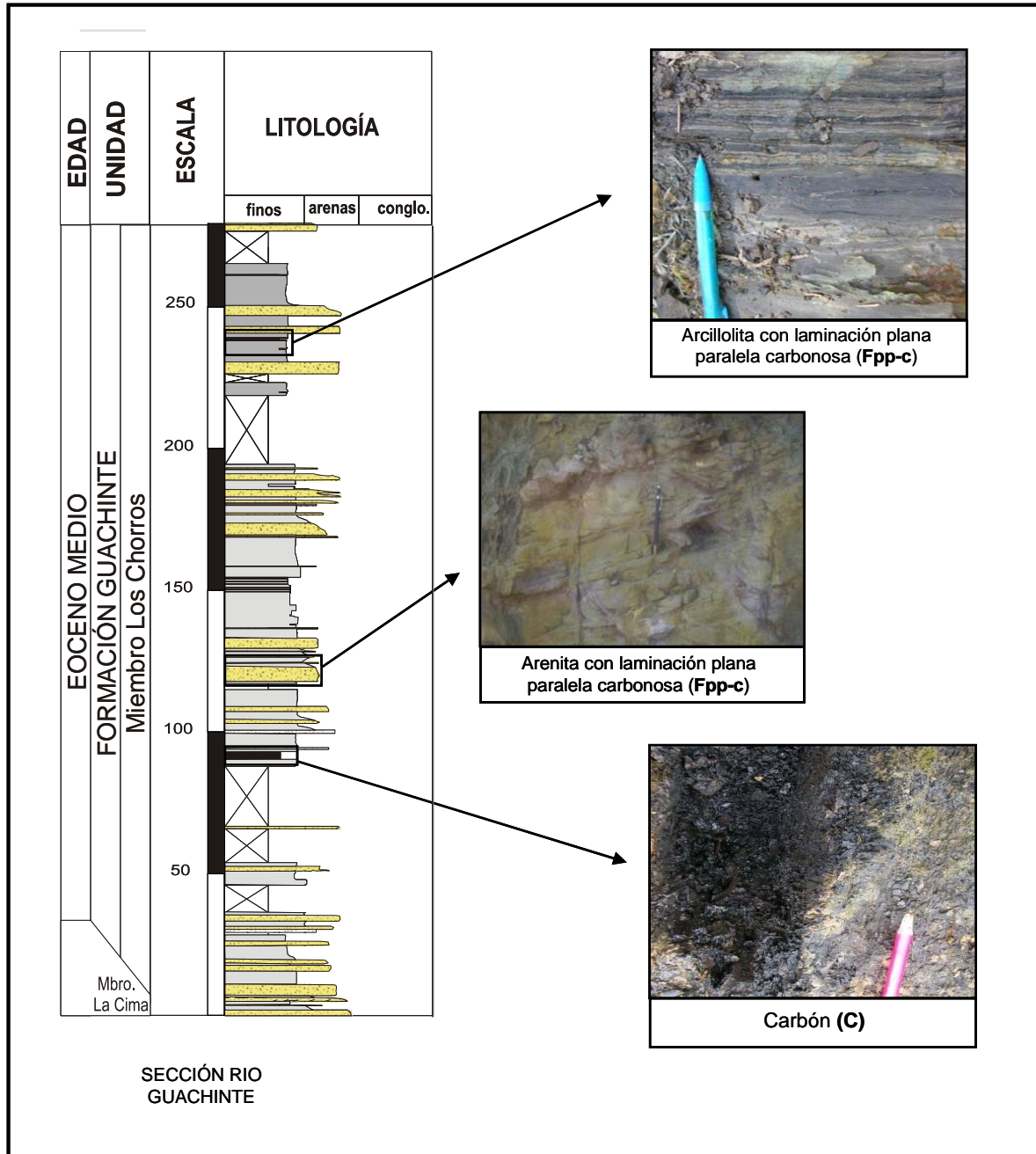


Figura 5-7. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro Los Chorros, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.

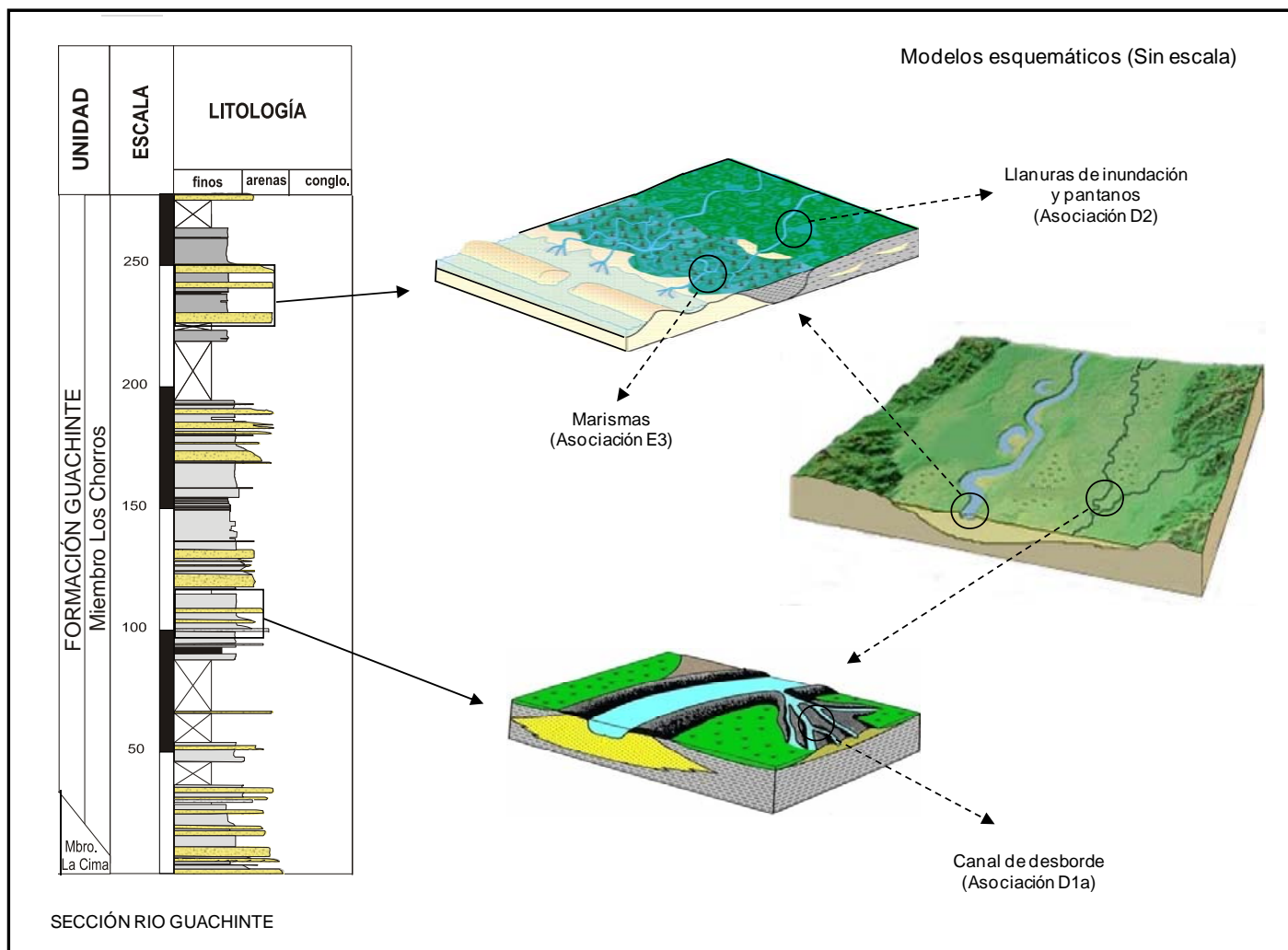


Figura 5-8. Modelos de depósito para el Miembro Los Chorros, Formación Guachinte. Predominan las llanuras de inundación y pantanos (D2), marismas (E3) y canales de desborde (D1b). El modelo de llanuras de inundación fue tomada de <http://piru.alexandria.ucsb.edu/tierney/TRS/lecture8.htm>; canal de desborde fue adaptado de Pemberton y Wightman, 1992

5.3.3 MIEMBRO LA LEONA.

Se encontró aflorando en la Sección Río Guachinte, entre los metros 277 y 320 con un espesor de 43 m El contacto con la unidad infrayacente esta cubierto; de acuerdo a Geoestudios (1995) el contacto posiblemente es paraconforme (?). El Miembro La Leona fue definido por Hubach y Alvarado en 1934. Está compuesto básicamente por secuencias granodecrecientes de sublitoarenitas de grano fino y muy fino con laminación ondulada y plana paralela con fragmentos y conchas completas de gasterópodos y bivalvos (**Ao-f**, **App-f**), que gradan a lodolitas con laminación plana paralela también fosilífera (**Fpp-f**). Hacia la parte superior del miembro hay disminución notable de los fragmentos y conchas completas de gasterópodos y bivalvos y las facies dominantes son de lodolitas con laminación plana paralela a ligeramente ondulada con fragmentos vegetales (Fpp-v) (Figura 5-9). La geometría de los cuerpos es tabular, en espesores métricos y decimétricos.

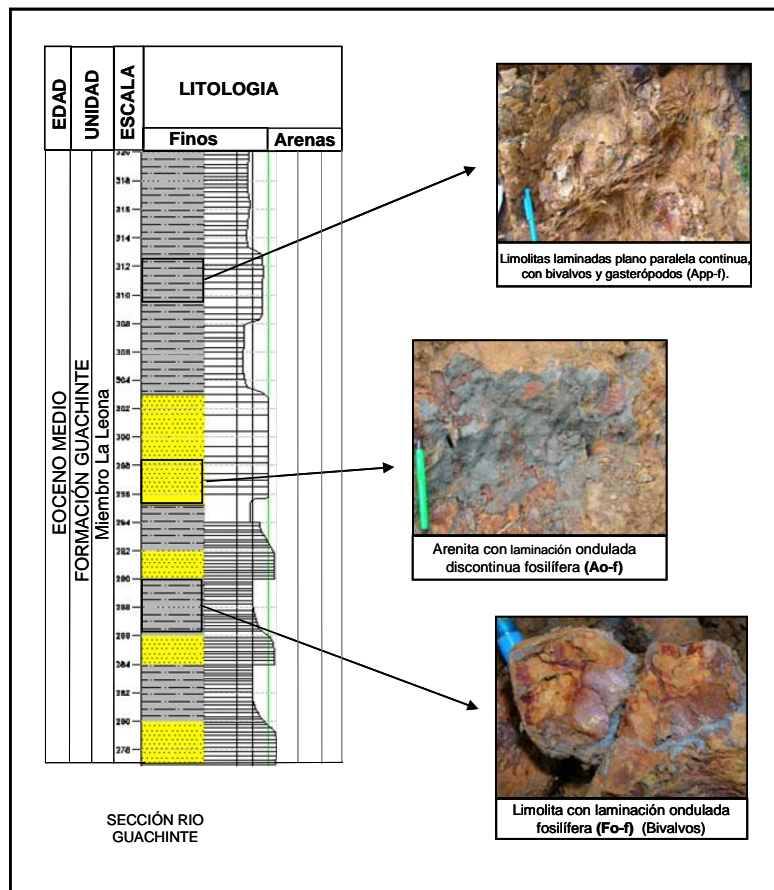


Figura 5-9. Columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte, Miembro La Leona, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.

Las características litofaciales y la fauna correspondiente a gasterópodos y bivalvos en el miembro indican ambientes de charcas someras a marismas para su acumulación (**D3-E3**). (Figura 5-10).

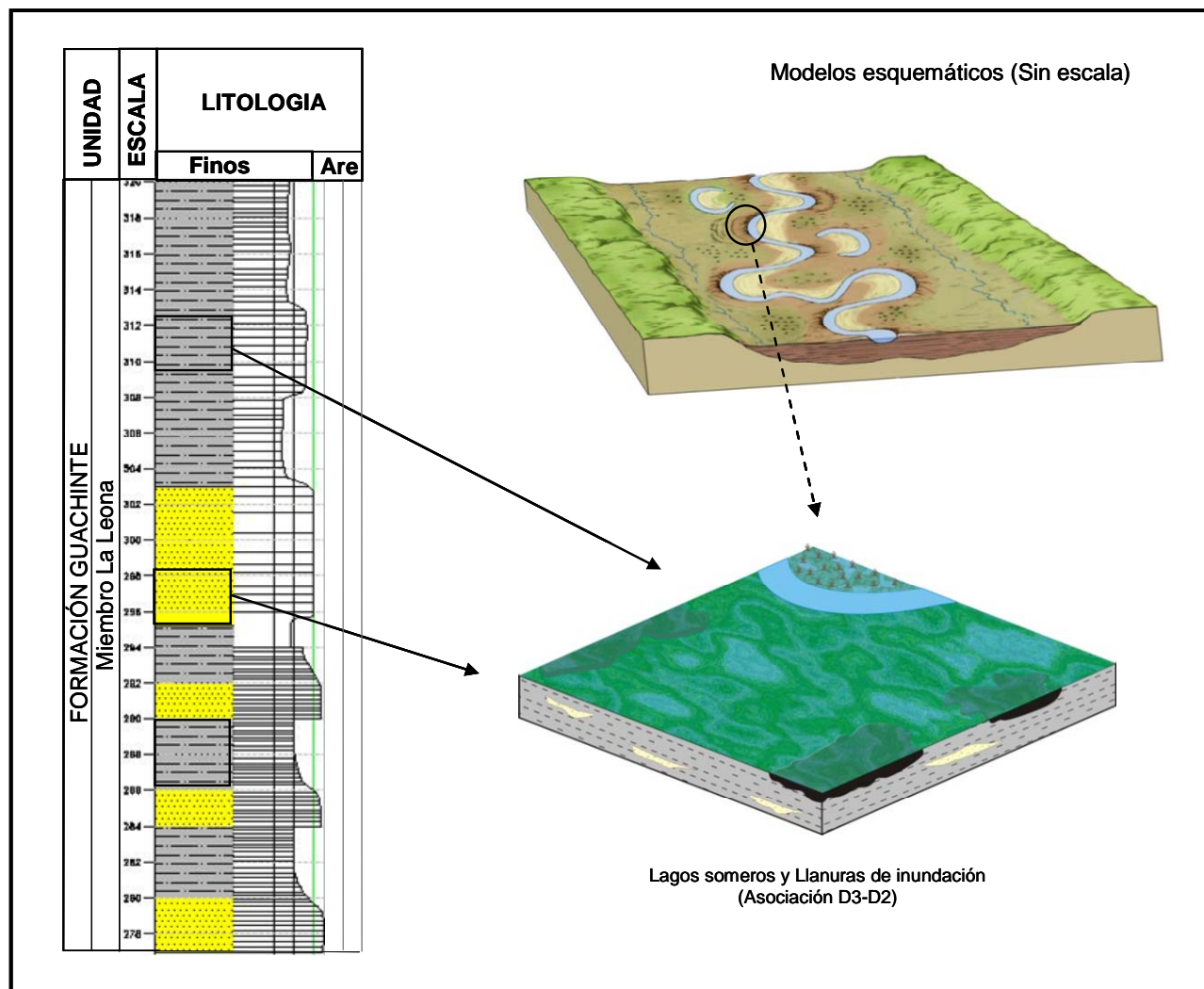


Figura 5-10. Modelos de depósito para el Miembro La Leona, Formación Guachinte. Se presentan ámbitos de lagos someros dentro de llanuras de inundación (D3-D2). El modelo de lagos someros fue tomado de www.geog.unt.edu/mcgregor/1710%20index.html.

5.3.4 MIEMBRO LA RAMPLA.

Aflora en la Sección Río Guachinte entre los metros 320 a 456, correspondientes a los segmentos D y E, en la Sección Río Guachinte Norte, entre los metros 0 a 306, segmentos A a C y en la Sección Guachinte Techo en la parte superior del miembro entre los metros 0 y 66,5, segmento A. El espesor de este miembro es de 441,50 El contacto con el miembro La Leona es neto irregular. Definida por Van der Hammen (1958).

Es posible reconocer tres tipos de secuencias principales: La más recurrente y ampliamente distribuida en el miembro, consiste de sucesiones métricas granodecrecientes completas que inician con arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**), en menor proporción conglomerados matriz soportados gradados (**Cmsg**) en capas medias subtabulares, seguidas por arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**), arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**) y en menor proporción inclinada en artesa (**Aia**); continúan arenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación plana paralela y ondulada (**App**, **Ao**). Terminan en facies finas de arcillolitas homogéneas varicoloreadas (**Arh**), lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**) y en menor proporción lodolitas con laminación ondulada (**Fo**). Son frecuentes los amalgamamientos de facies de arenitas conglomeráticas y arenitas con laminación inclinada, sin ser preservadas las facies finas de lodolitas y arenitas en capas medias y gruesas, con geometrías subtabulares y contactos inferiores irregulares erosivos.

El segundo tipo de secuencias comprende paquetes métricos y decamétricos de facies finas, representadas por lodolitas y arcillolitas homogéneas (**Fh**), con laminación ondulada (**Fo**) y plana paralela (**Fpp**), abundantes mantos centimétricos a decimétricos de carbón (**C**); es posible encontrar interposiciones menores de arenitas en capas delgadas y medias con laminación ondulada (**Ao**) y homogéneas (**Ah**).

El tercer tipo de secuencia, menos recurrente, se presenta hacia la base del miembro y consiste de paquetes métricos de conglomerados matriz soportados y clasto soportados con estratificación inclinada planar (**Cmip**, **Ccsi**), en capas gruesas y muy gruesas, de geometrías canaliformes, y contactos basales irregulares con abundantes intraclastos arcillosos.

La Figura 5-11 corresponde a las columnas estratigráficas sintéticas del Miembro La Rampla, de la Formación Guachinte estudiada en las secciones Río Guachinte, Río Guachinte Norte y Río Guachinte Techo.

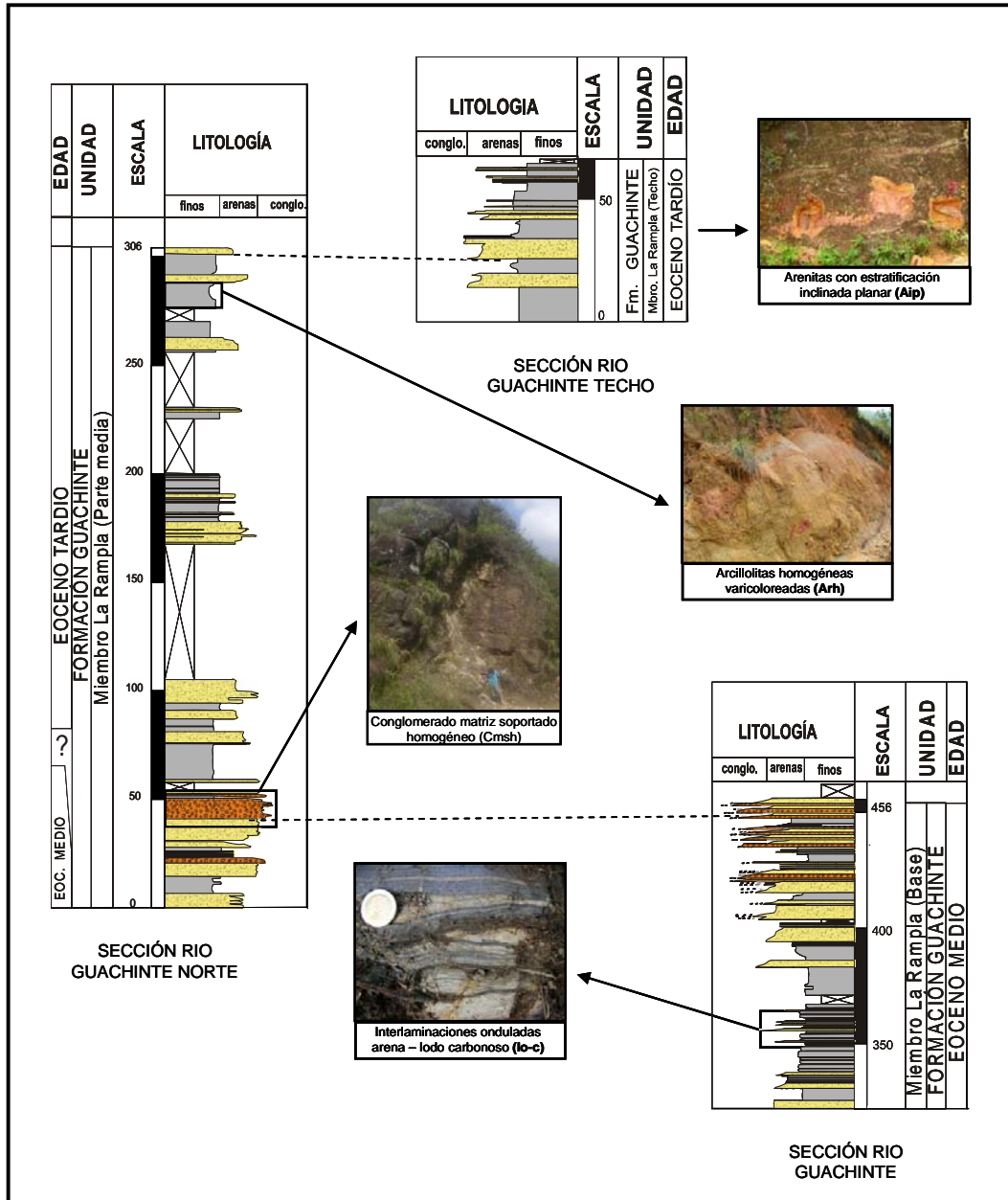


Figura 5-11. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Guachinte, Miembro La Rampla en las diferentes secciones estudiadas sobre el río Guachinte, con algunas de sus litofacies y asociaciones características.

El primer tipo de secuencia representa ambientes de barras de orillal en sistemas de ríos meandriformes (asociación **C1**, **C2**), mientras el segundo tipo de secuencias define ambientes de llanuras de inundación y pantanos (**D2**), disectadas por canales secundarios y de desborde (**D1a**, **D1b**). La tercera secuencia fue acumulada en ámbitos de ríos trezados distales (asociación **B2 - B3**) (Figura 5-12).

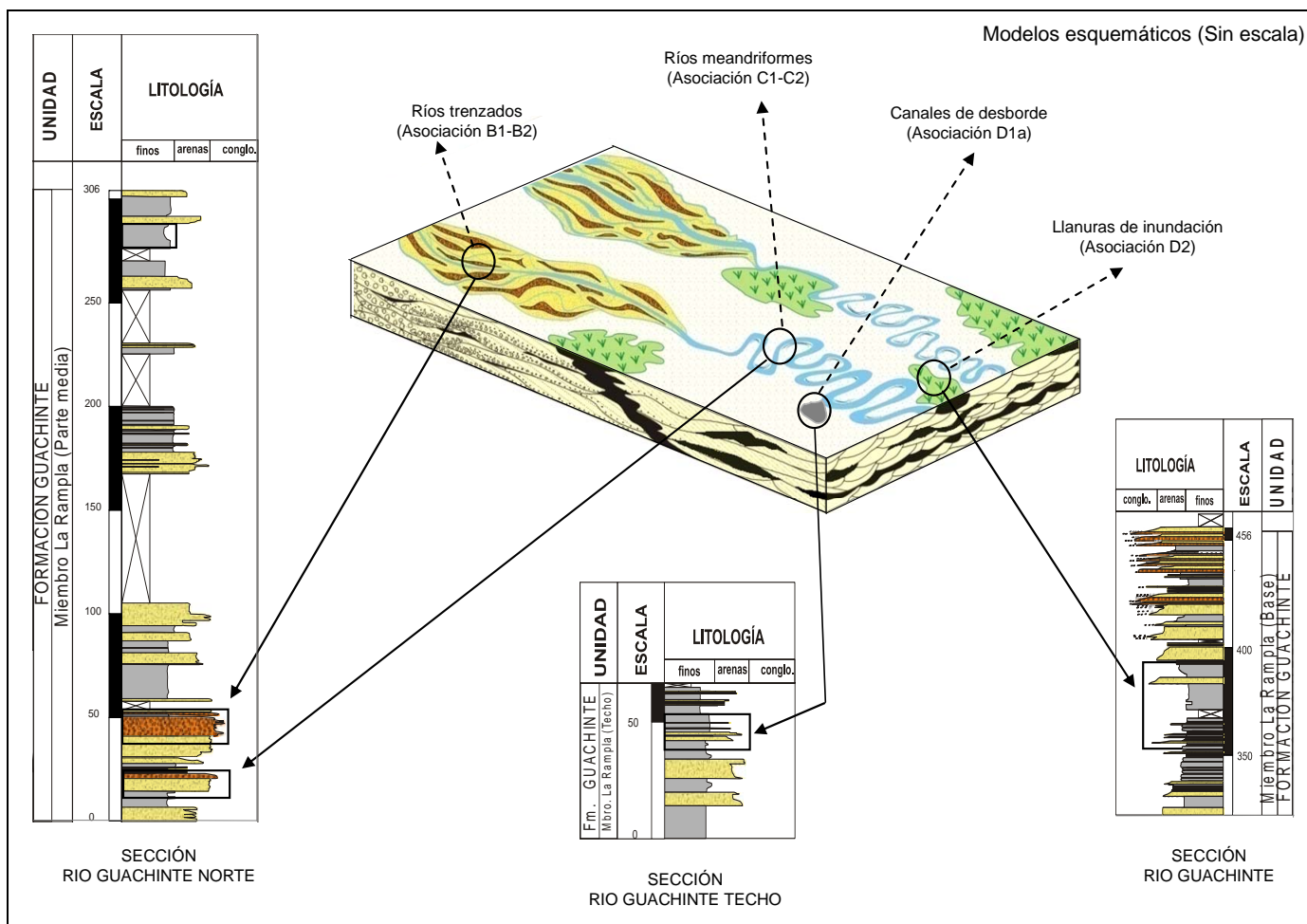


Figura 5-12. Modelos de depósito para el Miembro Los Chorros, Formación Guachinte. Se presentan las llanuras de inundación y pantanos (D2), ríos meandriiformes (C1-C2), canales de desborde (D1b) y Ríos trenzados (B1-B2).

5.4 FORMACIÓN FERREIRA

De esta unidad solo se describe la parte inferior correspondiente al Miembro Suárez, ya que los miembros Bucarica, San Francisco y El Palmar, se presentan cubiertos. A continuación se muestran las asociaciones de facies y ambientes definidos para el miembro inferior de esta unidad. La edad Eoceno medio se obtuvo para toda la unidad, a partir de estudios palinológicos. La Formación Ferreira fue definida por Orrego (1975).

5.4.1 MIEMBRO SUÁREZ.

Se encontró en la Sección Río Guachinte Techo, entre los metros 66,5 y 309,5, correspondientes a los segmentos B a F, con 243 m de espesor. El Miembro Suárez fue definido por Van der Hammen en 1958. El contacto con la unidad infrayacente miembro *La Rampla* de la Formación Guachinte está cubierto. Según Padilla (1991) reposa en contacto concordante con la Formación Guachinte. De acuerdo con Geoestudios (1995) descansa discordantemente sobre los estratos del Miembro La Rampla. En este trabajo el contacto es propuesto en la primera capa decimétrica de conglomerado matriz soportado de cuarzo lechoso (80%), chert (10%) y otros (10%), ubicado en el metro 66,5 de la sección Río Guachinte techo.

Fueron definidas cuatro tipos de secuencias principales. La primera está constituida por sucesiones granodecrecientes incompletas, decamétricas que inicia con conglomerado matriz soportado gradado (**Cmsg**) en capas medias y gruesas, con geometrías canaliformes y abundantes intraclastos arcillosos, seguido de sublitoarenitas homogéneas (**Ah**) y terminan en litoarenitas con laminación inclinada de bajo ángulo (**Ai**).

La segunda comprende sucesiones granodecrecientes completas de dimensiones métricas que inician en arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**), en capas de geometría subtabular, seguidas de arenitas sublíticas de grano medio a fino con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**) y finalizan en arcillolitas homogéneas (**Fh**), lodolitas arenosas con laminación plana paralela y abundantes fragmentos vegetales (**Fpp-v**).

La tercera clase de secuencia comprende paquetes decamétricos de facies finas de lodolitas con laminación plana paralela carbonosa (**Fpp-c**), lodolitas homogéneas (**Fh**) y abundantes mantos de carbón (**C**) en diferentes espesores desde láminas hasta capas gruesas. De manera subordinada se presentan interposiciones menores de arenitas con laminación plana paralela (**App**) y ondulada (**Ao**) en capas delgadas y medias tabulares.

El último tipo de secuencia la constituyen paquetes decamétricos de conglomerados clastosoportados oligomícticos homogéneos, de trama desordenada, compuestos por

clastos de cuarzo lechoso hasta 95% y de chert hasta 10% (**Ccsh**). Hacia el techo de algunas sucesiones es posible encontrar disminución en el tamaño de grano donde predominan las facies de arenitas conglomeráticas gradadas (**ACg**) con estratificación inclinada planar (**ACip**) y las arenitas de grano grueso con estratificación inclinada planar (Aip).

En la Figura 5-13 se presenta la columna estratigráfica sintética del Miembro Suárez, Formación Ferreira donde se ilustran algunas de sus facies principales.

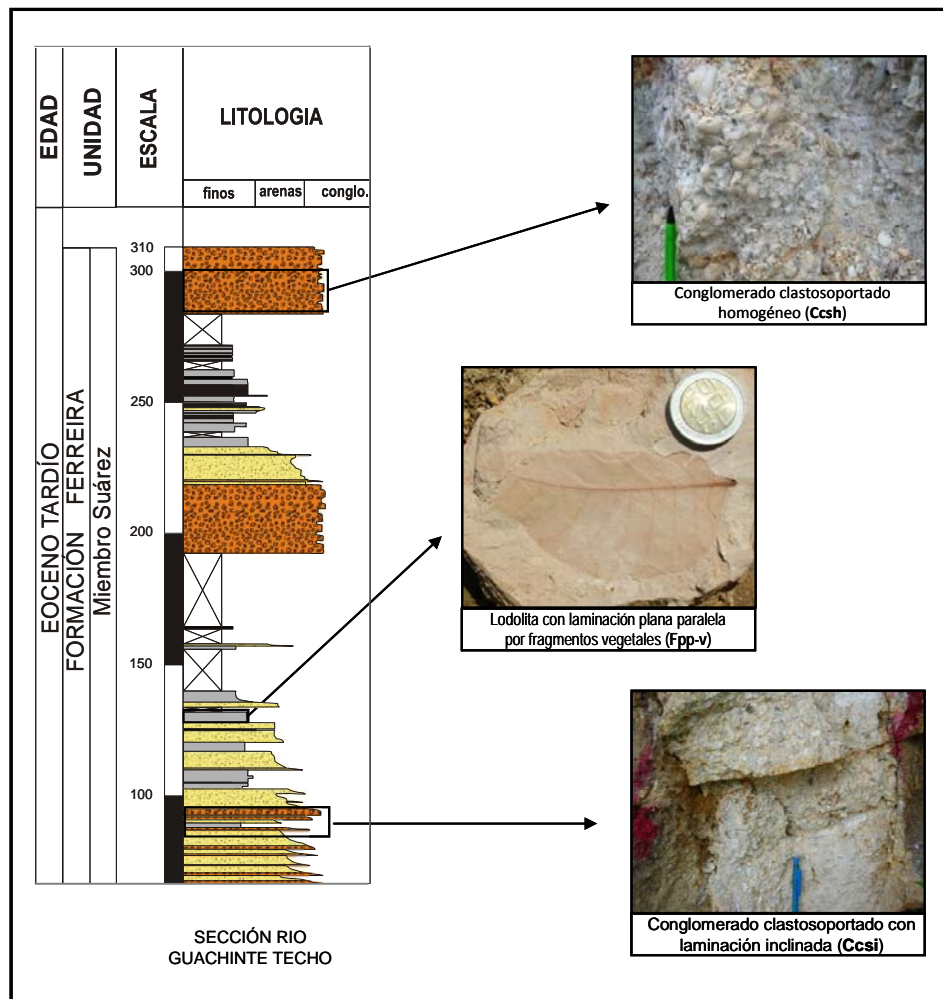


Figura 5-13. Columna estratigráfica sintética de la Formación Ferreira, Miembro Suárez, con algunas de sus litofacies predominantes.

La primera asociación de facies corresponde a amalgamiento o apilamiento de barras y canales en ríos trenzados distales (**B2–B3**), mientras que la segunda asociación define ríos meandriformes con barras de orillal (**C1–C2**) y llanuras de inundación (**D2**). El tercer tipo de secuencia representa amplias llanuras de inundación con pantanos y zonas de marismas (**E3**), la última asociación indica ríos trenzados proximales (**B1**) (Figura 5-14).

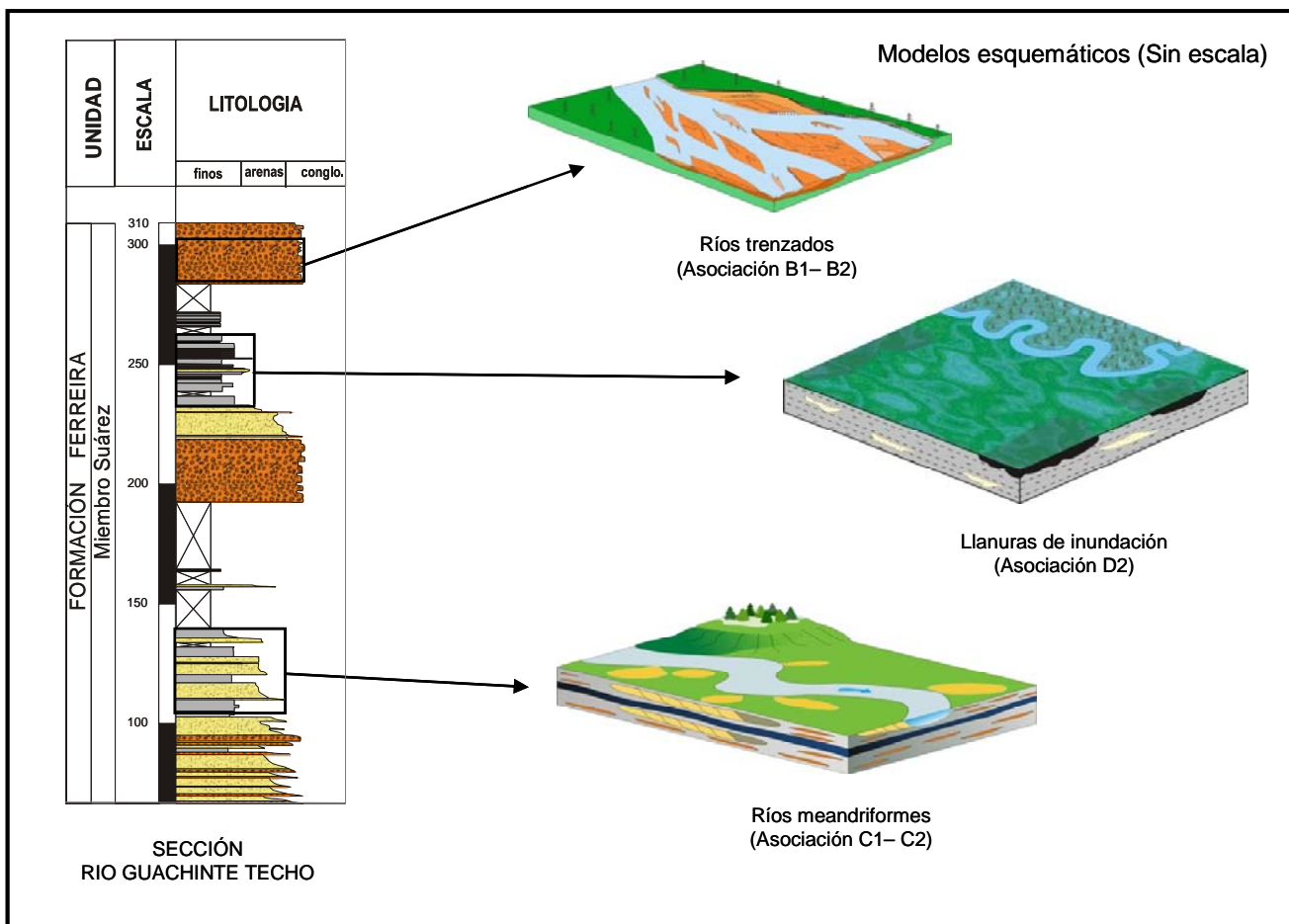


Figura 5-14. Modelos de depósito para el Miembro Suárez, Formación Ferreira. Se presentan ríos meandriformes (C1-C2), llanuras de inundación y pantanos (D2) y Ríos trezados (B1-B2). El modelo de ríos trezados fue adaptado de Miall, 1985.

SECTOR PATIA

5.5 FORMACIÓN PEÑA MORADA

Esta formación se estudió únicamente en la Sección Río Esmita donde fueron medidos 163,5 m y reconocidas dos sucesiones litológicas nombradas de manera informal en dos miembros. El inferior denominado Miembro Calcáreo y el superior Miembro Conglomerático. La edad no es determinable, aunque se asume Paleógena, por posición estratigráfica. La Formación Peña Morada fue definida por Orrego en 1975.

5.5.1 MIEMBRO CALCÁREO

Fue denominado de manera informal y descrito en la Sección Río Esmita, entre los metros 6 a 83 con un espesor de 77 m El contacto con la unidad infrayacente Grupo Diabásico está cubierto, pero se sugiere discordante angular.

La base de la secuencia comprende sucesiones de *wackestone* laminados (**Wkpp**) en capas gruesas y muy gruesas, tabulares, separadas por facies de *mudstone* homogéneos (**Mdh**) que se presentan desde láminas gruesas, hasta capas medias a gruesas. Las capas finas con frecuencia pueden encontrarse laminadas (**Mdpp**). La parte superior del miembro se caracteriza por sucesiones de paquetes métricos de lodolitas homogéneas y lodolitas calcáreas con concreciones (**Fh-Con**) (Figura 5-15). El nombre *Miembro Calcáreo* esta dado de manera informal en este trabajo.

5.5.2 MIEMBRO CONGLOMERÁTICO

También denominado de manera informal en este trabajo y descrito únicamente en la Sección Río Esmita, entre los metros 83 a 169, con un espesor medido de 86 m El contacto con el Miembro Calcáreo es neto irregular.

Toda la secuencia está compuesta por sucesiones granodecrecientes completas, que inician con la fracción gruesa de conglomerados matriz y clastosoportados de trama desordenada (**Ccsh1**, **Cmsh1**). Los clastos corresponden principalmente por rocas volcánicas (basaltos y diabasas) y en menor proporción clastos de origen sedimentario (calizas, lodolitas arenosas, arenitas feldespáticas), seguidos de arenitas arcólicas conglomeráticas homogéneas (**ACh**) y finalizan en capas medias y gruesas de lodolitas arenosas rojizas (**Fh**). Los conglomerados se presentan en capas gruesas y muy gruesas, canaliformes, con bases irregulares y abundantes intraclastos lodo arenosos. Estas secuencias completas son cíclicas y se repiten a través de toda la unidad, alcanzando espesores que varían entre 2 y 5 m (Figura 5-15). En ocasiones la fracción más fina no está preservada constituyendo secuencias incompletas.

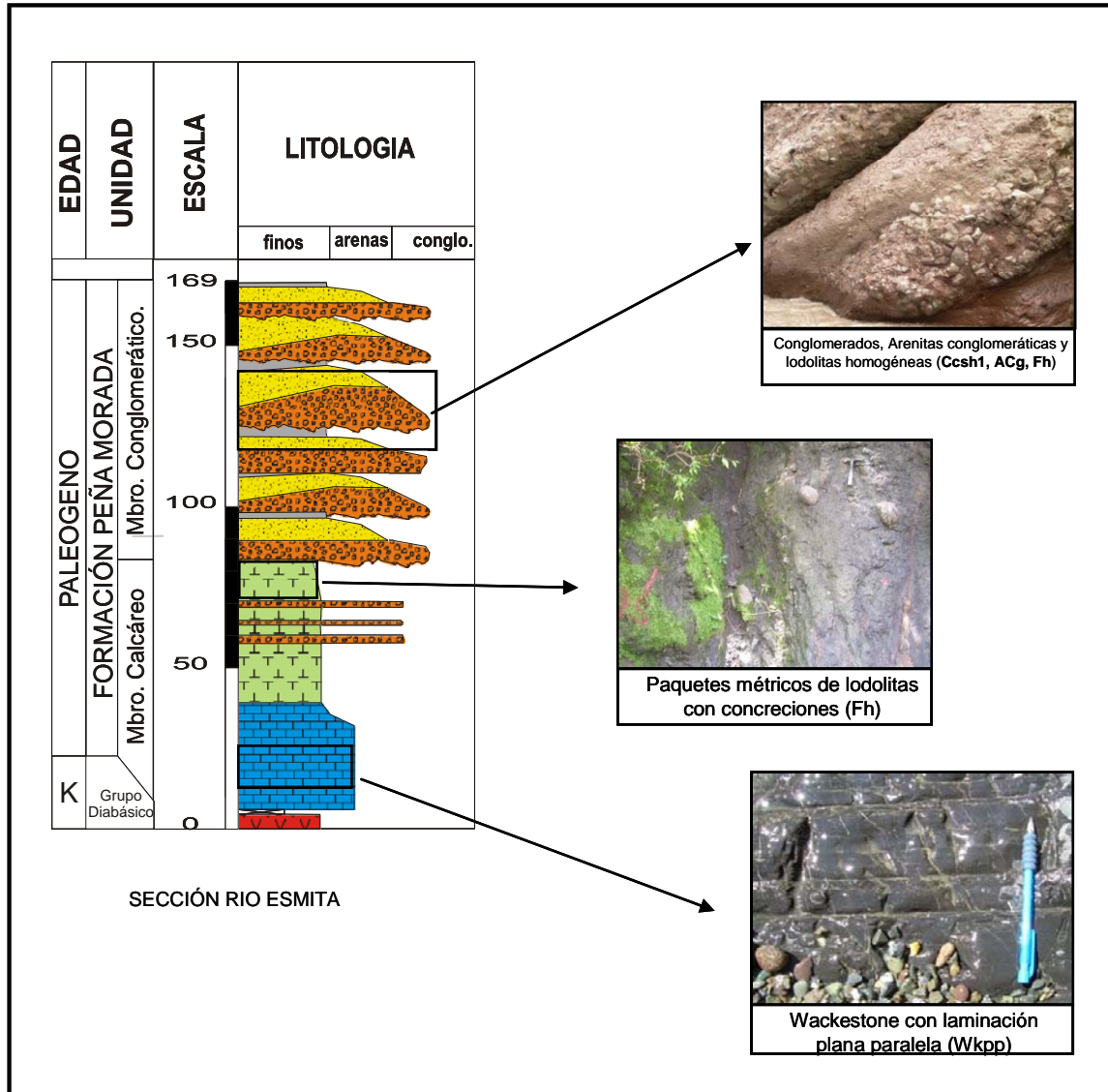


Figura 5-15. Columna estratigráfica sintética de la Formación Peña Morada, miembros Calcáreo y Conglomerático, con algunas de sus principales litofacies y asociaciones dominantes.

Las dos asociaciones de facies presentes en el Miembro Calcáreo corresponden a plataforma interna somera y restringida, dominada por aporte de carbonatos (**G1-G2**). La asociación de facies del techo, Miembro Conglomerático; corresponde a abanicos deltas (**H1**) (Fan delta) (Figura 5-16) (Ver anexo 7 Asociaciones de facies).

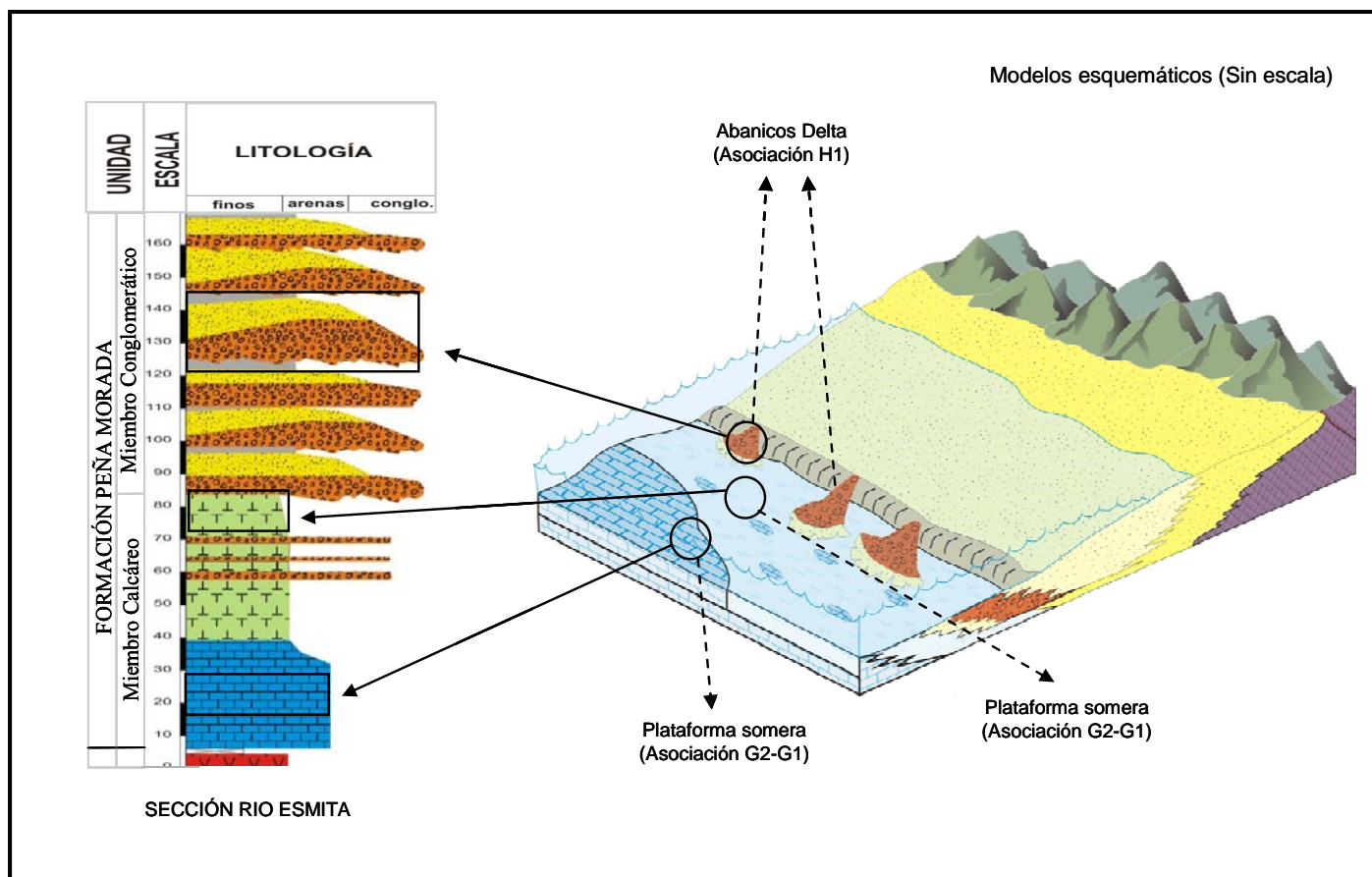


Figura 5-16. Modelos de depósito para los miembros Calcáreo y Conglomerático, Formación Peña Morada. Presenta ambientes de plataforma interna somera y restringida dominada por aporte de carbonatos (G1-G2) y abanicos deltas (fan deltas) (H1).

5.6 FORMACIÓN MOSQUERA

Aflora en las secciones RioEsmita, QuebradaGuanabanal, Quebrada La Despensa y el Boqueron, las cuales presentan diferencias litológicas importantes. En la Sección Río Esmita, Sector Formación Mosquera, fueron levantados 38 m de la base de la unidad, correspondientes al Segmento B donde el contacto con la Formación Peña Morada es transicional. En la Sección Quebrada Guanabanal está ubicada entre los metros 2 y 243 con un espesor de 241 m, correspondientes a los segmentos B a G, descansando en contacto neto irregular (discordante) sobre regolitos del Grupo Diabásico. En la Sección Quebrada La Despensa aflora entre los metros 10,5 a 219 con un espesor de 208,50 correspondientes a los segmentos B a E y el contacto infrayacente con el Grupo Diabásico es neto irregular (discordante). Por último en la Sección El Boquerón está localizada entre los 10,5 a 176,50 con un espesor de 166 m comprendidos entre los segmentos B a D y el contacto con el Grupo Diabásico es neto irregular (discordante). La edad de la unidad es Oligoceno Tardío a Mioceno Medio, datada a partir de palinomorfos. La Formación Mosquera fue definida por Grosse y Alvarado (1931).

Para esta unidad se definieron cuatro tipos de secuencias. La primera, en la Sección Río Esmita, Sector Formación Mosquera, presenta en la base de la unidad secuencias granodecrescentes completas que inician con cuarzoarenitas y arenitas subarcóicas conglomeráticas con estratificación inclinada planar (**ACip**), seguidas de arenitas con laminación inclinada de bajo ángulo (**Ai**), arenitas con laminación plana paralela (**App**) y finalizan en lodolitas arenosas homogéneas muy ferruginizadas y la presencia de fantasmas de raíces (**Fh**). A la base de las capas medias y gruesas de arenitas con estratificación inclinada (**Ai**) es común la ocurrencia de capas finas y en menor proporción capas medias de conglomerados cuarzosos matriz y clastosoportado con estratificación cruzada (**Cmsi**, **Ccsi**) de geometrías canaliformes e intraclastos arcillosos. Este tipo de secuencia, también es frecuente en la Sección El Boquerón, donde la base de la unidad comprende paquetes decamétricos de conglomerados clasto y matriz soportados homogéneos (**Cesh**, **Cmsh**) de tramas desordenadas, polimícticos, los cuales pueden alcanzar hasta 25 cm de tamaño, compuestos por clastos de rocas ígneas (basaltos, tonalitas?) que varían paulatinamente hasta el metro 38 donde la composición de los conglomerados alcanza el 80% de clastos de cuarzo lechoso; hacia el tope del segmento varía el conglomerado a oligomíctico con clastos de cuarzo lechoso que alcanzan el 95%.

El segundo tipo es muy característico en la Sección Quebrada Guanabanal. Allí comprende secuencias granodecrescentes completas e incompletas que inician con conglomerados matriz-soportados homogéneo (**Cmsh**) o arenitas conglomeráticas homogéneas (**ACh**), en capas medias y gruesas, de geometrías subtabulares a canaliformes de contactos basales irregulares, seguidos de arenitas homogéneas (**Ah**); las secuencias completas, pueden finalizar en paquetes métricos de limolita arcillosa a

arcillolita limosa homogénea (**Fh**), ferruginizada; en menor proporción, arenitas con laminación plana paralela (**App**).

El tercer tipo de secuencia, es característico en las secciones de El Boquerón y Quebrada Guanabanal; corresponde a paquetes métricos de capas tabulares delgadas a medias de arenitas con laminación ondulada (**Ao**), separadas por láminas gruesas a capas delgadas de lodolitas con laminación ondulada (**Fo**), las cuales pueden variar de espesor a interlaminaciones de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (**Io**). Pueden intercalarse con paquetes métricos de lodolitas homogéneas o en capas medias a gruesas con laminación plana paralela (**App**) u homogéneas (**Ah**).

En el cuarto tipo de secuencia, característica en la Sección La Despensa son abundantes los mantos centimétricos a decimétricos de carbón (**C**) y arcillolitas carbonosas alternando con limolitas y limolitas arcillosas homogéneas fosilíferas (**Fh-f**) y lodolitas con laminación plana paralela, fosilífera (**Fpp-f**); los fósiles son de gasterópodos y bivalvos en fragmentos y conchas completas, que alcanzan tamaños hasta de 15 y 20 mm

La Figura 5-17 muestra las cuatro secciones estratigráficas sintéticas donde fue estudiada la Formación Mosquera, con algunas facies y secuencias de facies características.

El primer tipo de secuencia descrito en la Sección Río Esmita, fue acumulado en ámbitos de abanicos aluviales proximales (**A1-A2**), mientras el segundo tipo de secuencia representa ríos trezados (**B1-B2**) y barras de orillal (**C1-C2**). El ambiente del tercer tipo de asociación corresponde a llanuras de inundación, pantanos y marismas (**D2-E3**) disectados por canales secundarios y de desborde (**D1b-D1a**). Los paquetes métricos fosilíferos se depositaron en charcas someras (**D3**) (Figura 5-18).

5.7 FORMACIÓN ESMITA

Esta unidad fue identificada en tres (3) de las secciones estudiadas: Sección Quebrada Guanabanal, Sección Quebrada La Despensa y Sección El Boquerón. Se reconocieron dos de los tres miembros definidos por León (1973) denominados: Miembro Limolítico fosilífero y Miembro Arenáceo. El Miembro Conglomerático no aflora en las secciones estudiadas. En la parte superior de las secciones Quebrada Guanabanal y El Boquerón afloran paquetes métricos y decamétricos de limolitas lodosas homogéneas rojizas. Para diferenciar esta secuencia se denominó de manera informal, en este trabajo, Miembro Limolítico Rojizo. La edad para toda la unidad es Oligoceno Tardío a Mioceno Medio, datada a partir de estudios palinológicos. La unidad fue definida por Orrego en 1975.

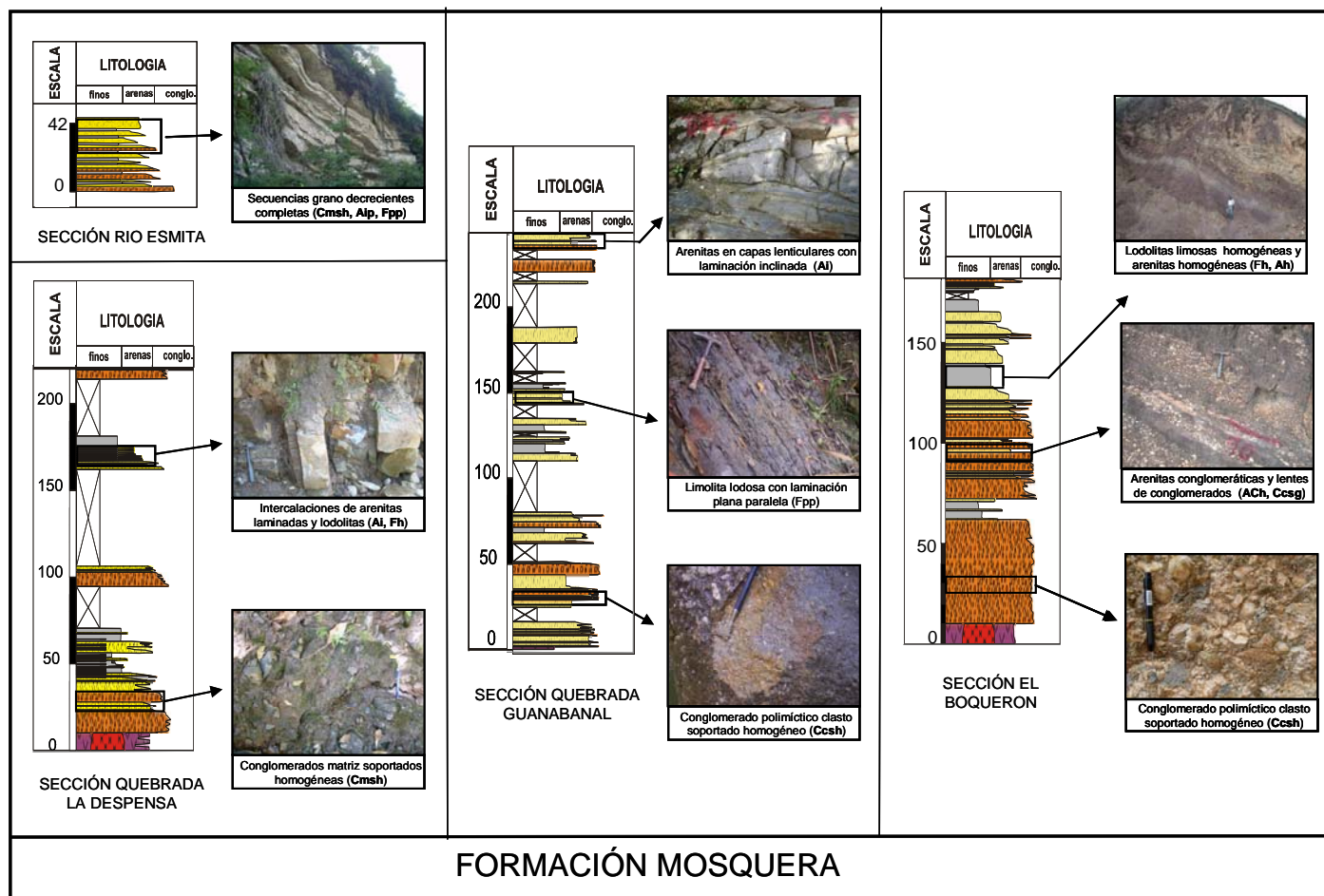
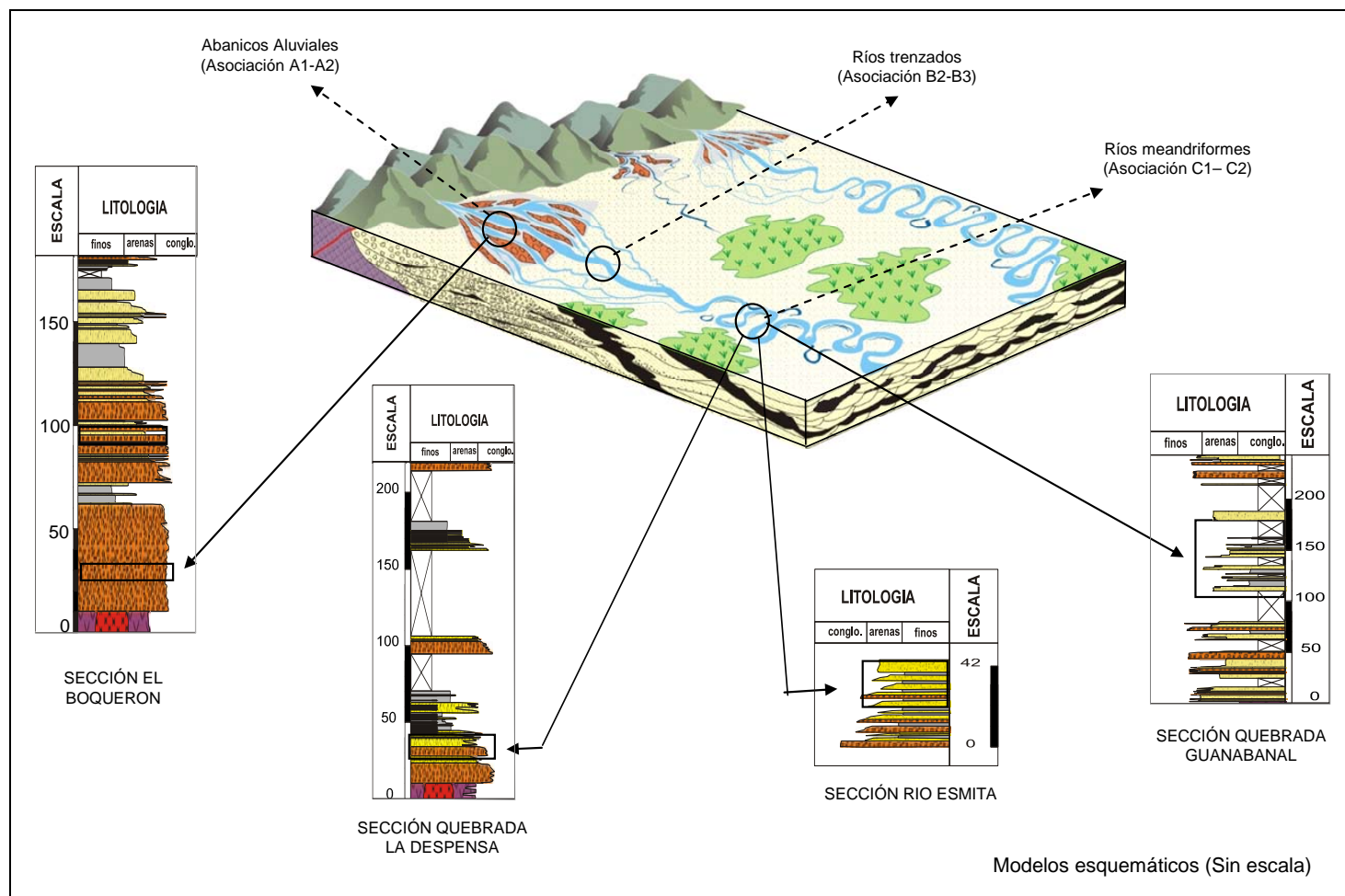


Figura 5-17. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Mosquera con algunas de sus principales litofacies y secuencias características.



5.7.1 MIEMBRO LIMOLÍTICO FOSILÍFERO

Este miembro en la Sección Quebrada Guanabanal tiene un espesor de 406,50 comprendidos entre el 243 m y el 649,50 e incluye 8 segmentos: H a N; el contacto con la unidad infrayacente es neto planar. En la Sección Quebrada La Despensa tiene un espesor de 400,9 m y se presenta entre los metros: 219 y 619,9 comprendidos entre los segmentos E a H; el contacto infrayacente es neto ondulado. En la Sección El Boquerón el espesor alcanza 253 m y esta comprendido entre los metros 176 y 430 entre los segmentos D y F; el contacto infrayacente es neto irregular. Este miembro fue definido por León, Padilla y Marulanda (1973).

En las tres secciones estudiadas se identificaron 6 tipos principales de secuencias, las cuales se describen a continuación. La primera consiste de paquetes métricos y decamétricos de intercalaciones entre facies heterolíticas de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (**Io**) y laminadas, bioperturbadas (**Io-b**), algunas ligeramente calcáreas, lodolitas y arcillolitas con laminación ondulada (**Fo**) y plana paralela (**Fpp**) y frecuentes arenitas con laminación flaser (**Afl**). En menor proporción es posible encontrar lodolitas homogéneas (**Fh**) y arenitas bioperturbadas con madrigueras verticales representadas por *Skolithos* (**Ab**). Las capas presentan contactos ondulados netos y sus geometrías son tabulares.

El segundo tipo comprende sucesiones granodecrecientes y granocrecientes, de espesores métricos y decamétricos, con contactos transicionales predominantemente y proporciones parecidas entre arenitas y facies finas. Dentro de las primeras hay predominio de arenitas bioperturbadas y homogéneas de texturas moteadas difusas (**Ab**, **Ah**), al igual que arenitas con laminación ondulada (**Ao**) y laminación flaser (**Afl**). Se encuentran intercaladas con paquetes métricos de facies heterolíticas de arenitas y lodolitas onduladas y onduladas bioperturbadas (**Io**, **Iob**), lodolitas homogéneas (**Fh**) y lodolitas con laminación ondulada (**Fo**). Es frecuente la presencia de icnoformas horizontales en las interfase arena arcilla correspondientes a *Planolites*, *Palaeophycus*, *Thalassinoides* sp, y otros icnofósiles de la icnofacies *Cruziana*, caracterizada por la abundancia y variedad de icnoformas e icnogéneros y por los altos grados de bioperturbación.

La tercera clase de secuencia está representada por paquetes métricos y decamétricos de interestratificaciones delgadas de arenitas con laminación ondulada (**Ao**), facies heterolíticas de arenitas y lodolitas con laminación ondulada (**Io**), arcillolitas carbonosas laminadas (**Fpp-c**) y capas finas de carbón (**C**). La geometría de los cuerpos es tabular y son continuas lateralmente de espesor. También son frecuentes las facies finas de lodolitas y arcillolitas homogéneas (**Fh**) y de arenitas homogéneas (**Ah**), además de lodolitas homogéneas fosilíferas (**Fh-f**), consistente de gasterópodos bien preservados. Las capas también son tabulares.

La cuarta comprende paquetes métricos con sucesiones granodecrecientes y en menor proporción granocrecientes, que inician a la base en facies de cuarzoarenitas con estratificación inclinada sigmoidal (**Ais**) y abundantes fragmentos vegetales o en conglomerado matriz soportado homogéneo (**Cmsh**) con fragmentos de gasterópodos hasta de 20 mm y de pobre selección; sus geometrías son canaliformes y los contactos irregulares a la base, con abundantes intraclastos arcillosos. Finaliza en arenitas con laminación ondulada (**Ao**), en capas gruesas y ocasionalmente en lodolitas homogéneas (**Fh**), tabulares.

El quinto tipo de secuencia está compuesta por paquetes de arenitas que varían entre 4 y 6 m de espesor de cuarzoarenitas de grano fino con estratificación inclinada de ángulo bajo (**Ai**) a plano paralela (**App**), bien seleccionadas, separadas por planos de contacto y con geometrías subtabulares, alternando con facies de arenitas de granulometrías medias con estratificación inclinada planar (**Aip**) y arenitas con estratificación inclinada en artesa (**Aia**). La fracción fina no está preservada.

El último tipo de secuencia consiste de paquetes métricos de facies de lodolitas grises oscuras sin estructura interna aparente (**Fh**), localmente calcáreas y lodolitas homogéneas con concreciones centimétricas a decimétricas (**Fh-Con**) o fosilífera (**Fh-f**) y lodolitas laminadas (**Fpp**). En la fracción fósil se identificaron gasterópodos.

La Figura 5-19 muestra las columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Limolítico Fosilífero, estudiadas en las secciones Quebrada La Despensa, Quebrada Guanabanal y El Boquerón.

En cuanto a los ambientes de este miembro, la primera secuencia de facies representa ambientes de llanura mareal lodosa (asociación **E1**), la segunda secuencia corresponde a depósitos de llanuras mareales lodo-arenosas (asociación **E2**), mientras el tercer tipo de secuencias indican ambientes de marismas y pantanos (asociación **E3**). El cuarto tipo de secuencia indica ambientes de canales mareales (asociación **E4**); el quinto tipo comprende ambientes de frente de playa/anteproya superior (asociación **F1**) y la última sucesión de facies representa plataforma media somera (asociación **G2**) (Figura 5-20).

5.7.2 MIEMBRO ARENÁCEO

Fue definido en la Sección Quebrada Guanabanal entre los metros 649,5 y 954,5 con espesor de 3.050 m ubicada entre los segmentos O y T; el contacto infrayacente es neto planar. En la Sección Quebrada La Despensa fue definido entre los metros 619,9 y 819 correspondientes a los segmentos I y J, con espesor de 199,50, aunque este miembro no es claramente diferenciable, particularmente al techo; el contacto con la unidad infrayacente es neto irregular. También fue encontrado en la Sección El Boquerón entre los metros 430 y 660, ubicado entre los miembros G e I, con un espesor de 230 m; el contacto infrayacente del segmento está cubierto. El Miembro arenáceo fue definido por León, Padilla y Marulanda (1973).

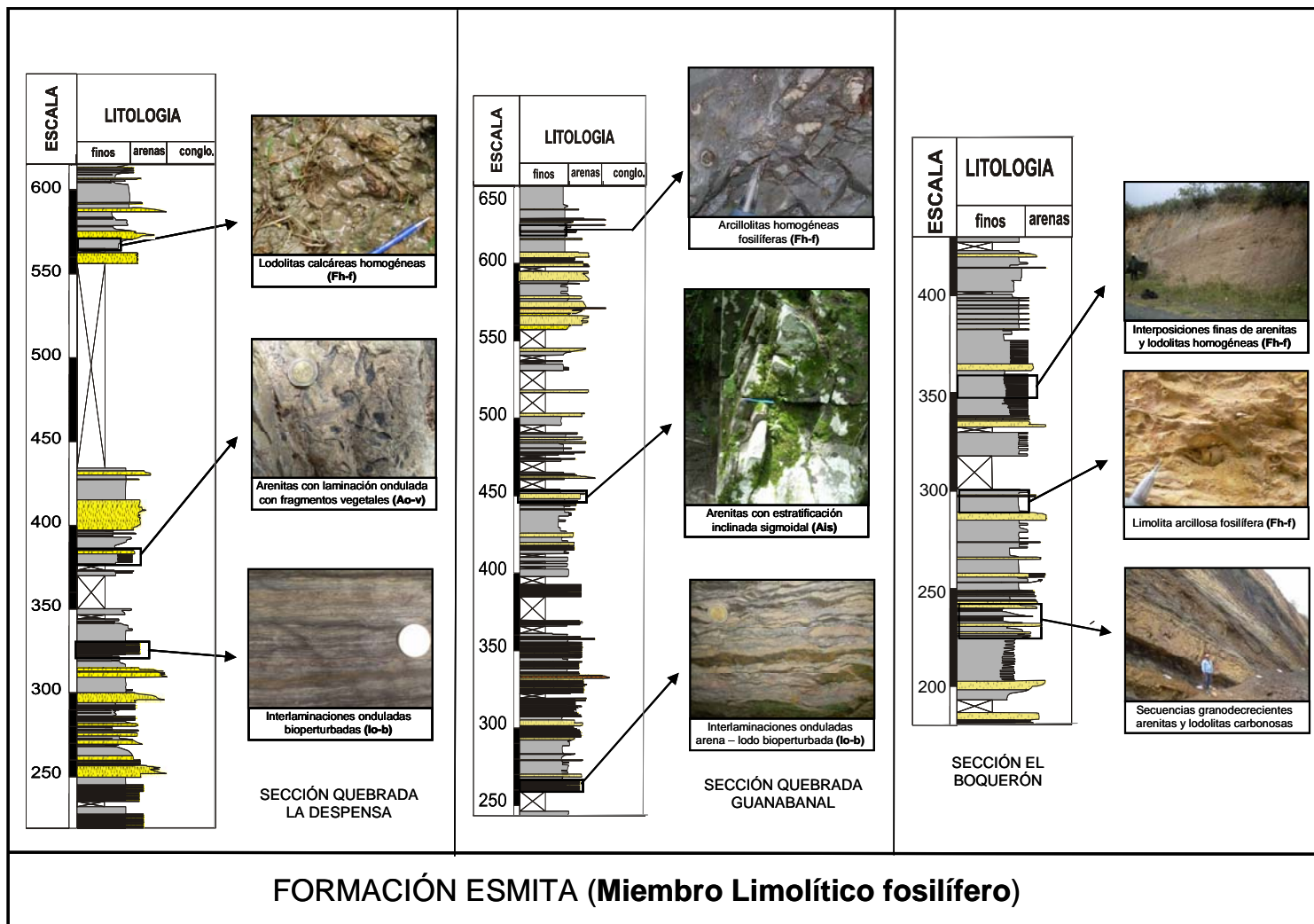


Figura 5-19. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Limolítico fosilífero, con algunas litofacies y secuencias características.

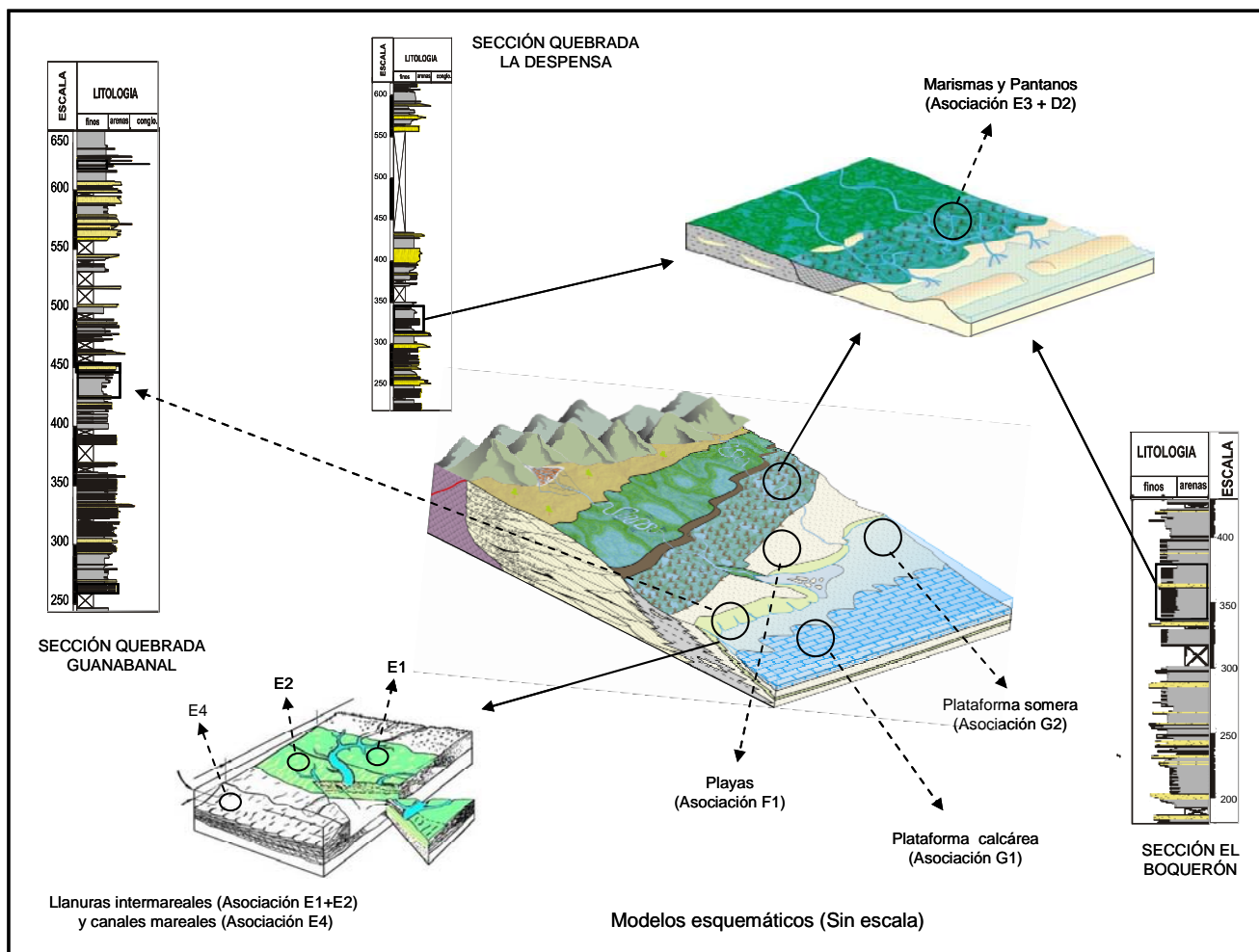


Figura 5-20. Modelos de depósito del Miembro Limolítico Fosilífero, Formación Esmita. Presenta llanuras mareales lodosa y lodo arenosa (E1, E2), marismas y pantanos (E3), canales mareales (E4), frente de playas/anteplaya (F1), plataforma marino somero (G1-G2), enmarcado en un sistema estuarino. El modelo del sistema depositacional estuarino fue modificado de Zaitlin y otros, 1994. El modelo de llanuras y canales mareales fue adaptado de Dalrymple, y otros, 1992.

En las secciones Quebrada Guanabanal, Quebrada La Despensa y El Boquerón fueron identificadas tres tipos de secuencias. La primera consiste de secuencias granodecrecientes incompletas que inician generalmente con arenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**), seguido de arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**), arenitas con laminación planar paralela (**App**), arenitas bioperturbadas con texturas moteadas (**Ab**) u homogéneas (**Ah**). Ocasionalmente las bases de las secuencias pueden presentar capas centimétricas hasta 20 cm, variables lateralmente, de conglomerado matriz soportado gradado (**Cmsg**) de contactos basales irregulares con intraclastos arcillosos.

El segundo tipo comprende secuencias granodecrecientes completas que inician en arenitas con estratificación inclinada planar (**Aip**), inclinada tangencial a la base (**Ait**), seguidas de cuarzoarenitas a sublitoarenitas con laminación plana paralela (**App**) o arenitas homogéneas (**Ah**) y finalizan generalmente en paquetes métricos de facies finas de lodolitas homogéneas (**Fh**) y en menor proporción, lodolitas con laminación plana paralela (**Fpp**). En la Sección Quebrada La Despensa predominan las arenitas homogéneas (**Ah**) sobre las facies de arenitas con laminación inclinada (**Ai**) y en la parte superior desarrolla secuencias granodecrecientes incompletas de facies gruesas de arenitas conglomeráticas con laminación inclinada (**ACi**).

El tercer tipo de secuencia corresponde a paquetes métricos y decamétricos de facies finas de limolitas arcillosas y arcillolitas limosas homogéneas (**Fh**) con interposiciones menores de arenitas de grano fino a muy fino con laminación plana paralela (**App**). La geometría de las capas es tabular y sus espesores medias a gruesas. En la Sección Quebrada La Despensa se presentan mantos de carbón con espesores centimétricos y decimétricos. En la Sección El Boquerón entre las facies finas también son frecuentes las lodolitas con laminación plana paralela y los niveles fosilíferos locales centimétricos y decimétricos que corresponden a gasterópodos y bivalvos, embebidos en lodolitas sin estructura interna aparente (**Fh-f**). Igualmente estas capas son continuas lateralmente y sus geometrías tabulares.

La Figura 5-21 muestra las columnas sintéticas del Miembro Arenáceo estudiado en tres secciones. Se presentan algunas facies y secuencias de facies características.

La primera secuencia corresponde a ambientes de canales mareales (**E4**), mientras el segundo tipo indica ambientes de barras de orillal en ríos meandriformes (**C1-C2**). El último tipo de secuencia corresponde a marismas (**E3**) y llanuras de inundación y pantanos (**D2-D3**), disectados por canales de desborde (**D1a**) (Figura 5-22).

5.7.3 MIEMBRO LIMOLÍTICO ROJIZO

Este miembro corresponde a un nombre informal dado por Geoestudios en este trabajo para diferenciar los paquetes decamétricos de limolitas lodosas homogéneas (**Fh**) de color rojizo dispuestos en la parte superior de la Formación Esmita, secciones Quebrada

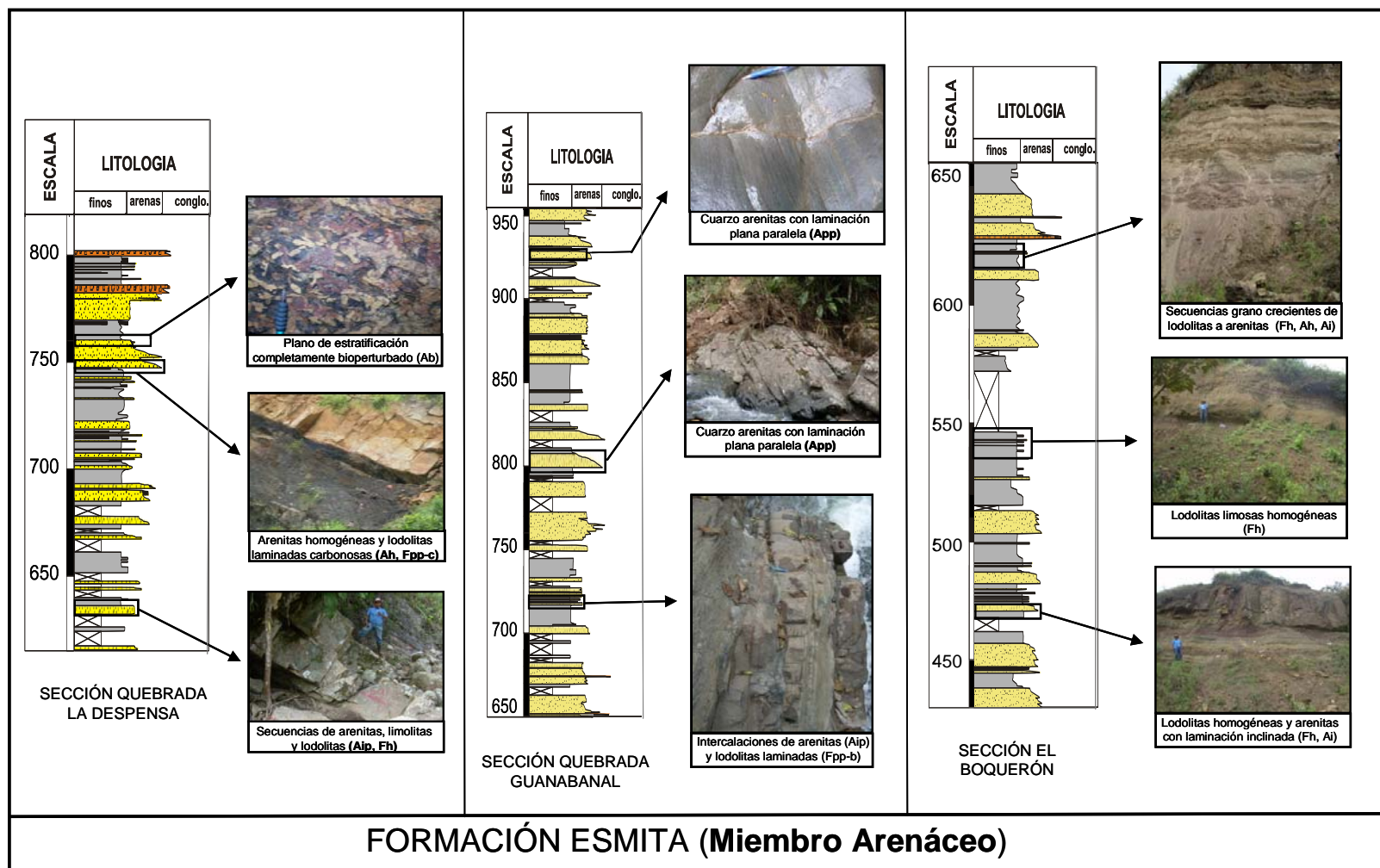


Figura 5-21. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Arenáceo, con algunas de las litofacias dominantes y asociaciones de facies.

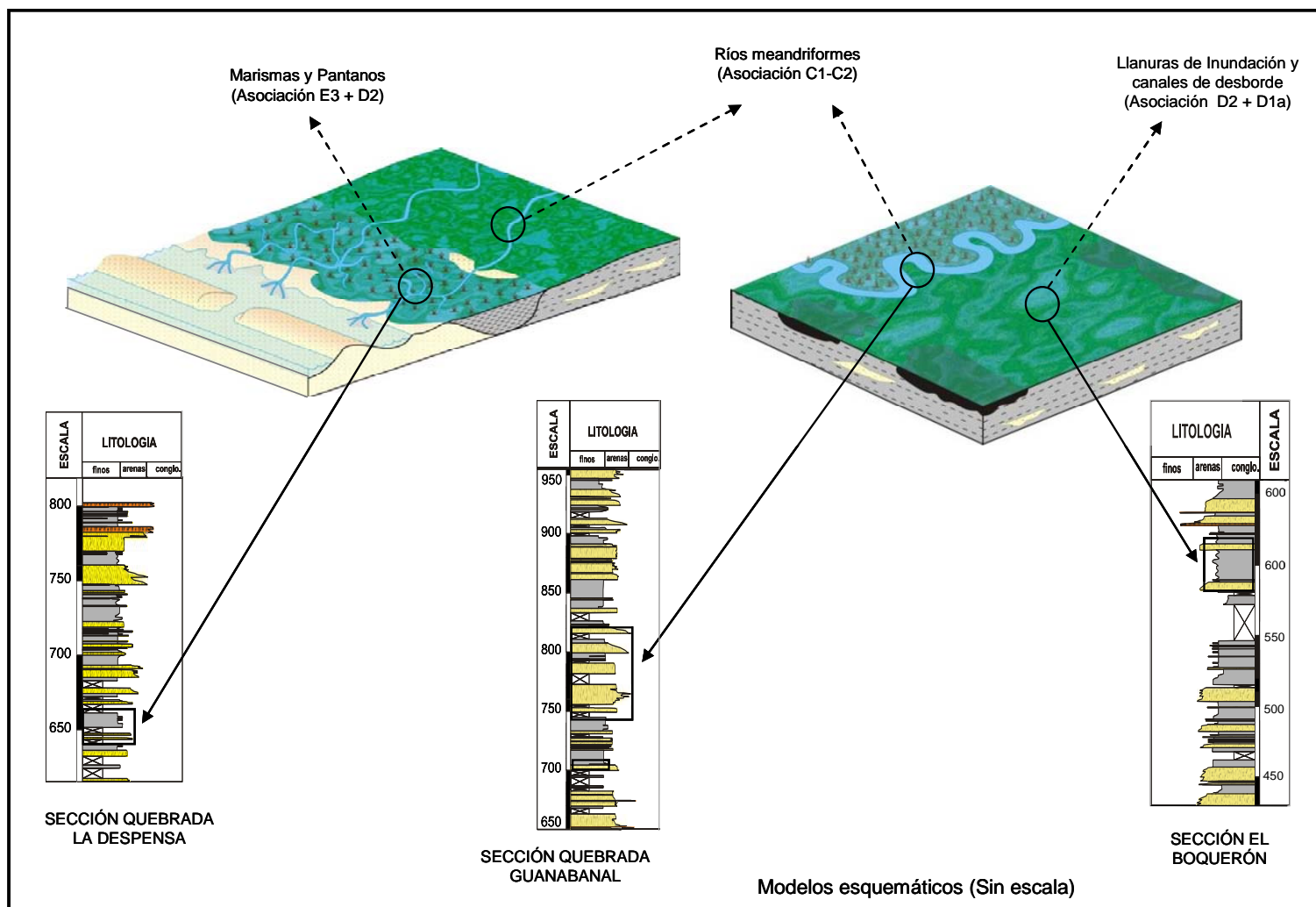


Figura 5-22. Modelos de depósito para el Miembro Arenáceo, Formación Esmita. Presenta ambientes de marismas y pantanos (E3-D2), ríos meandriformes (C1-C2) y canales secundarios y de desborde (D1a-D1b).

Guanabanal y El Boquerón. En la Sección Quebrada La Despensa, en su parte superior, predominan facies finas de lodolitas varicoloreadas y mantos de carbones con diferentes espesores. En la Figura 5-23 se muestra el Miembro Limolítico rojizo en las secciones estudiadas.

En la Sección Quebrada Guanabanal se describieron 123 m comprendidos entre los metros 954,5 y 1.078,5 e incluye 2 segmentos: U y V; el contacto con el Miembro Arenáceo es neto planar. En la Sección El Boquerón fueron estudiados 550 en el segmento I entre el 660 m y el 7.150 m; el contacto con el miembro infrayacente es neto irregular. En la Sección Quebrada La Despensa fueron descritos 96 m, se presenta entre los 819 m y 9.150 m y comprende el segmento K; el contacto con el miembro infrayacente es neto irregular. Definido informalmente por Geostudios en el presente trabajo.

En las secciones estudiadas se pueden reconocer tres tipos de secuencias. La primera consiste de paquetes métricos y decamétricos de limolitas lodosas homogéneas rojizas (**Fh**) las cuales pueden presentar interposiciones menores de arenitas homogéneas (**Ah**), arenitas con laminación inclinada de ángulo bajo (**Ai**) o arenita con laminación ondulada (**Ao**). Ocasionalmente es posible encontrar interestratificaciones a interlaminaciones onduladas heterolíticas de arenitas y lodolitas (**Io**). Los cuerpos de limolitas parecen tener continuidad lateral

El segundo tipo comprende secuencias granodecipientes completas que inician a la base con facies de arenitas feldespáticas de grano medio a grueso con estratificación inclinada planar (**Aip**) e inclinada de ángulo bajo (**Ai**) en capas medias y gruesas, subtabulares a canaliformes, de contactos basales irregulares con abundantes intraclastos arcillosos. Les suprayace arenitas homogéneas (**Ah**) y terminan en facies finas de limolitas homogéneas (**Fh**).

El tercer y último tipo está constituido por secuencias granodecipientes incompletas que incluyen arenitas con laminación inclinada planar (**Aip**), inclinada de ángulo bajo (**Ai**), arenitas con laminación inclinada en artesa (**Aia**) y hacia el tope, arenitas con laminación plana paralela (**App**). Las capas son gruesas y medias, de geometrías subtabulares.

En la Sección Quebrada La Despensa, para la parte superior de la unidad prevalecen las facies finas de arcillolitas homogéneas varicoloreadas (**Arh**) y carbonosas (**Arh-c**) y abundantes mantos de carbón (C) hasta de 1,3 m de espesor.

El primer tipo de secuencia indica ambientes de llanuras de inundación (**D2**) disectadas por canales de desborde (**D1a**). El segundo tipo muestra ambientes de barras de orillal (**C1-C2**) con desarrollo de amplias llanuras de inundación (**D2**). El último tipo de secuencia indica ámbitos de ríos meandriformes, sin preservación de llanuras de inundación (**C1-C2**) (Figura 5-24). En la Sección Quebrada La Despensa, en este miembro, los ambientes corresponden a llanuras de inundación y pantanos (**D2**).

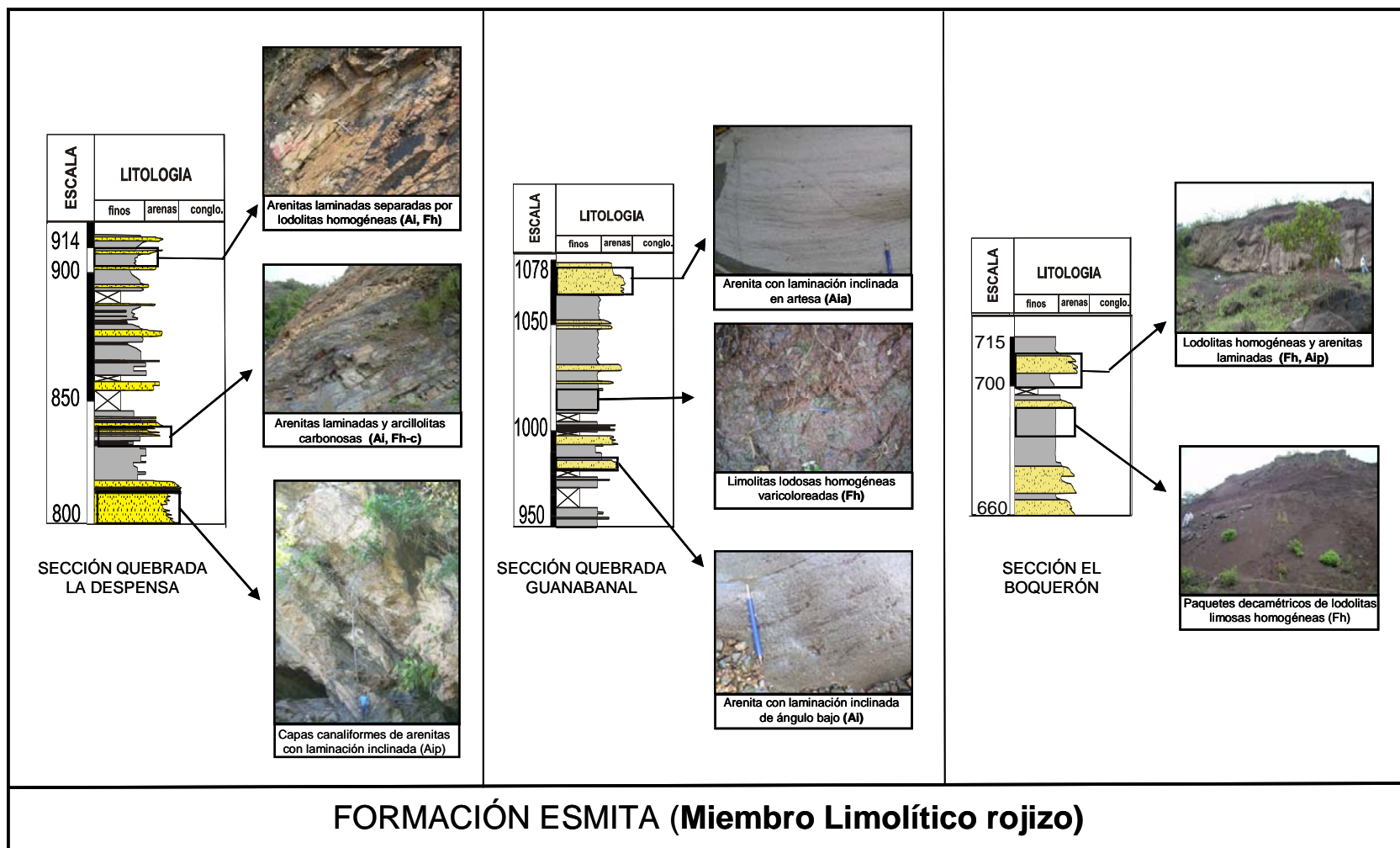


Figura 5-23. Columnas estratigráficas sintéticas de la Formación Esmita, Miembro Limolítico rojizo, con algunas de las litofacies y secuencias características.

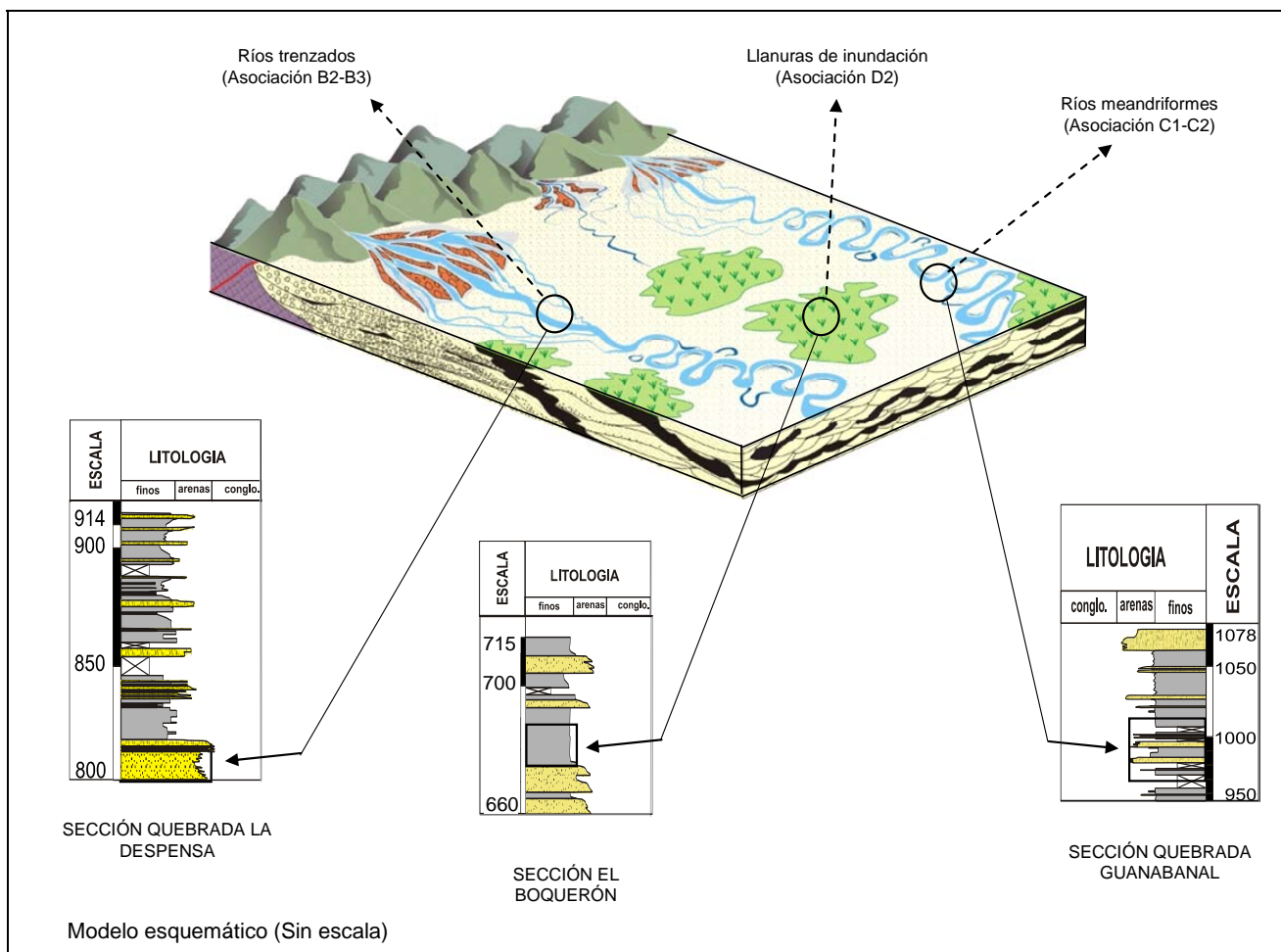


Figura 5-24. Modelos de depósito del Miembro Limolítico rojizo, Formación Esmita. Presenta ríos trenzados (B2-B3), llanuras de inundación (D2) y ríos meandriformes (C1-C2). El modelo general de ríos trenzados, meandriformes y llanuras de inundación fue modificado de Galvis y Rubiano 1985.

6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Comprende las actividades de laboratorios y sus respectivos informes de resultados para análisis bioestratigráficos (Anexo 10), petrográficos (Anexo 11), petrofísicos (Anexo 12) y geoquímicos (Anexo 13), las cuales se integran con la litoestratigrafía para obtener las características de las diferentes secciones y unidades estudiadas.

Los análisis de laboratorio fueron elaborados por CORELABS en Escocia, EEUU y Colombia; por BIOSS LTDA en Colombia y por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) en Panamá (Tabla 6-1). En esta fase se realizaron 942 análisis diferentes.

Tabla 6-1. Laboratorios y tipo de análisis

LABORATORIO	TIPO DE ANÁLISIS (lugar)
BIOSS LTDA	Bioestratigrafía (Bogotá)
STRI	Bioestratigrafía (Panamá)
CORELABS	Petrofísica (Bogotá)
	Petrografía (Aberdeen-Escocia)
	Geoquímica (Houston-EEUU)

6.1 ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICOS

El objetivo de esta actividad fue establecer la edad, así como dar argumentos suplementarios respecto al posible ámbito de depósito de las unidades estudiadas. Los análisis Palinológicos y de microfósiles calcáreos (foraminíferos) se realizaron en 337 muestras de roca provenientes de nueve secciones estratigráficas pertenecientes al proyecto Columnas Estratigráficas Cuenca Cauca Patía (Tabla 6-2) y su respectivo informe de resultados se presenta en el Anexo 10.

A continuación se describe la metodología para alcanzar los objetivos programados para la obtención de los productos exigidos. Las muestras fueron procesadas con técnicas estándar de preparación para estudios micropaleontológicos (Palinología o microfósiles calcáreos). Los microfósiles fueron contados para palinología y foraminíferos. Se registró cuantitativamente el número de especímenes de cada género-especies, esporas, polen, dinoflagelados y otros palinomorfos, además de los foraminíferos. Los nombres de

especies denominados informalmente se referieren como tales, indicadas con N° y letras Mayusculas.

Las asociaciones fósiles halladas (y sus biozonas) fueron comparadas y discutidas con las publicadas en la literatura. En las muestras con palinomorfos, se determinó la edad geológica especificando claramente los argumentos bioestratigráficos y sus limitaciones.

Con base en las asociaciones palinomórficas y/o microfósilíferas halladas en las unidades estudiadas se interpreto y determino el posible ambiente de depósito y sus variaciones en el tiempo.

Tabla 6-2. Analisis Bioestratigráficos

Sector	Cauca Norte	Cauca Sur				Patía				TOTAL	
Sección	Cartago-Alcala (CA)	La Cima (LC) y Quebrada (LCQ)	Rio Guachinte (RG)	Rio Guachinte Norte (RGN)	Rio Guachinte Techo (RGT)	Rio Esmita (RE) y Sector Fm. Mosquera	Quebrada Guanabanal (QG)	Quebrada La Despensa (QD)	El Boquerón (EB)		
Muestras Palinológicas	Analizadas	66	40	26	14	18	10	50	87	26	337
	Muestras con palinomorfos	32	30	25	11	18	9	48	87	19	279
Muestras Micro paleontológicas	Analizadas	3	4	10	1	3	2	19	0	0	41
	Muestras con Microfauna	0	2	9	1	2	0	15	0	0	29

Con base en los resultados obtenidos, se describe, analiza y determina a continuaci3n, sector por sector, las edades y ambitos de dep3sito.

SECTOR CAUCA NORTE

6.1.1 SECCIÓN CARTAGO ALCALÁ-(CA)-Formación Cinta de Piedra.

Sesenta y cinco muestras fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos (32 con recobro de palinomorfos) para determinar la edad de los sedimentos analizados. Adicionalmente tres muestras fueron preparadas y analizadas para el estudio de foraminíferos.

En el Anexo 10.1 se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección. En uno de sus apartes, en forma gráfica, se presenta la distribución de los palinomorfos encontrados (Anexo V-A del Reporte de BIOS); las principales especies fueron localizadas en la columna estratigráfica sintética de la Figura 6-1.

Desde el punto de vista bioestratigráfico la Sección Cartago-Alcalá se subdividió en cuatro partes, a las cuales se les asignó una numeración continua de tope a base (Anexo 10.1 y Figura 6-1). La parte mas superior, Parte 1, así como la Parte 3, corresponden a intervalos cuyas muestras se caracterizan por ser estériles en palinomorfos, lo cual impide determinar una edad para los sedimentos involucrados.

Las asociaciones palinológicas de la Parte 2 se caracterizan por la ocurrencia simultánea de *Verrucatosporites usmensis*, *Magnastriatites grandiosus* y *Retitricolporites simplex*, lo cual permite determinar que estos sedimentos pertenecen a la Sub-Zona de *Retitricolpites simplex* de edad Mioceno Temprano.

Es importante señalar que la pobre preservación de algunos palinomorfos encontrados en esta parte de la sección, sugiere que algunos de ellos provengan de material redepositado, como es el caso del *Cicatricosisporites dorogensis*. Esto también lo sugiere el hecho de la escasa continuidad, en sentido estratigráfico de algunos palinomorfos recuperados que han sido reportados, una sola vez, en una sola muestra como: *Annutriporites B*, *Retistephanoporites A*, *Retitricolpites 2A Big* entre muchos otros. Las asociaciones palinológicas recuperadas de la Parte 2 también se caracterizan por el dominio de esporas de helechos.

Las tres muestras preparadas para la extracción de foraminíferos fueron encontradas estériles.

En dos de las muestras superiores de la Parte 2, se reporta la presencia de dinoflagelados. En caso de que estos palinomorfos se encuentren in situ indicarían ambientes de depósito con influencias marinas; aunque en general, se considera que los sedimentos de la Parte 2 se depositaron en ambientes continentales cercanos a la línea de costa.

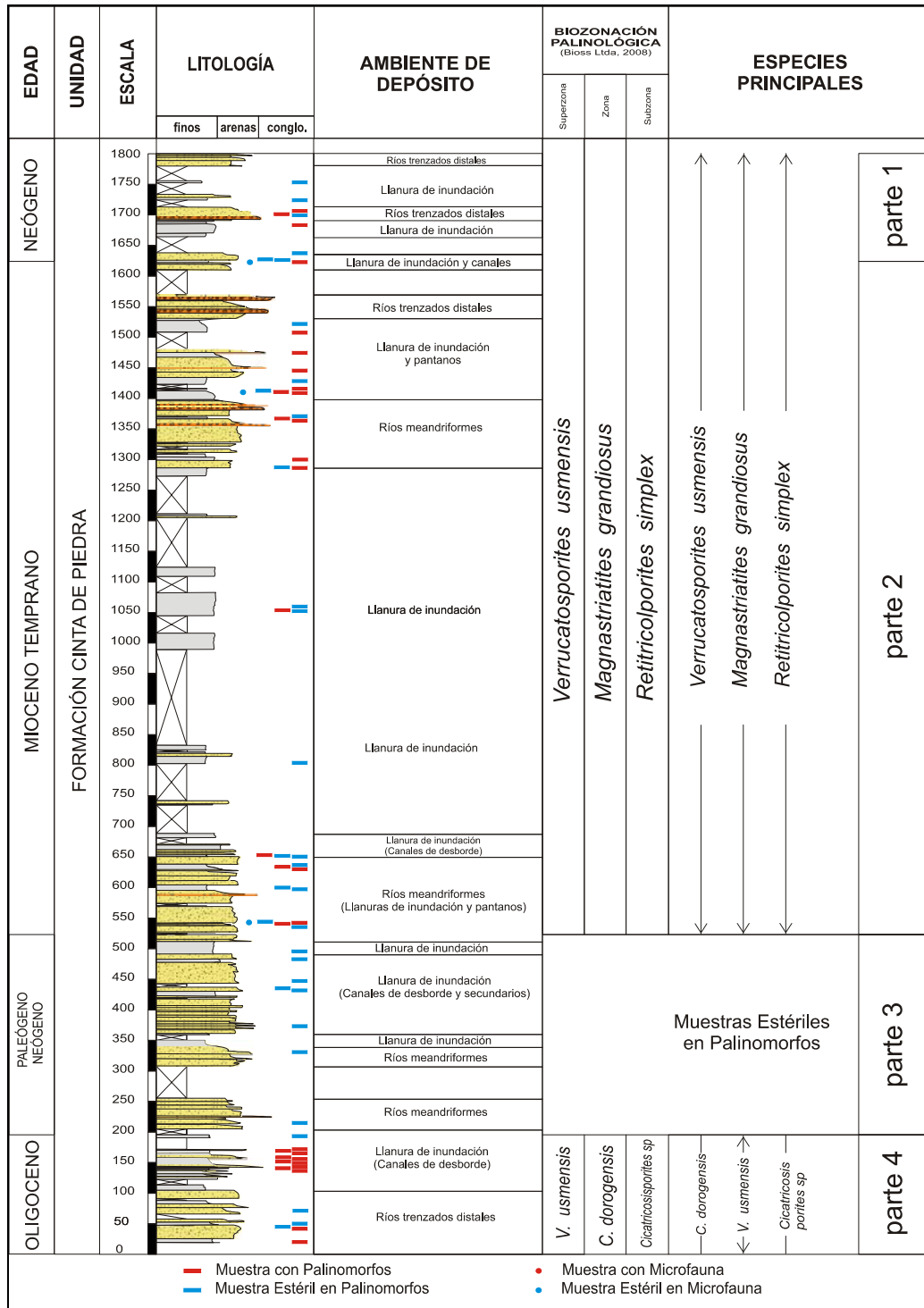


Figura 6-1. Zonación bioestratigráfica de la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.

Las asociaciones palinológicas de la Parte 4 se caracterizan por la ocurrencia simultánea de *Cicatricosisporites* sp. 1, *Cicatricosisporites dorogensis* y *Verrucatosporites usmensis*, lo cual es base para asignar, a estos sedimentos, una edad Oligoceno, Sub-Zona de *Cicatricosisporites* sp 1. Estas asociaciones palinológicas se caracterizan adicionalmente, por la abundante presencia de *Mauritidites franciscoi*, *Spirosyncolpites spiralis* y de esporas de helechos.

Las asociaciones palinológicas, sugieren que los sedimentos de la Parte 4 se depositaron en ambientes continentales relacionados con morichales.

SECTOR CAUCA SUR

6.1.2 SECCIÓN LA CIMA-(LC)-Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembros La Cima y Los Chorros-parte basal.

Con el objeto de determinar la edad de estos sedimentos, cuarenta muestras de la Sección La Cima fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos (30 con recobro de palinomorfos). En forma adicional, se prepararon y analizaron tres muestras para la extracción de foraminíferos calcáreos.

En el Anexo 10.1 se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección y en uno de sus apartes, en forma gráfica, se presenta la distribución de los palinomorfos y foraminíferos encontrados (Anexo II-A del Reporte de BIOS); las principales especies son localizadas en la columna estratigráfica sintética de la Figura 6-2. A lo largo de la Sección La Cima, se observan intervalos caracterizados por presentar muestras estériles en palinomorfos. Sin embargo, se considera que estas zonas estériles, en conjunto con las zonas en donde se obtuvo recobro de palinomorfos, forman una sola unidad bioestratigráfica.

Al analizar la distribución estratigráfica de palinomorfos de esta sección (Anexo 10.1) es posible observar que ella se caracteriza por la ausencia de *Verrucatosporites usmensis* y por la presencia de palinomorfos del género *Proxapertites*, lo cual permite definir que las asociaciones palinológicas de la Sección La Cima pertenecen a la Super-Zona de *Proxapertites* spp, cuyo tope se encuentra en el Eoceno Medio.

Estas asociaciones también se caracterizan por la presencia de palinomorfos, cuyas primeras apariciones se encuentran asociadas a la base del Eoceno Medio tales como: *Cicatricosisporites dorogensis*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Psilamonocolpites rinconii*, *Luminidites colombianensis*, *Foveotriporites hammeni* y *Spinizonocolpites grandis*. Así mismo, se presentan simultáneamente *Grimsdalea* spp y *Bombacacidites soleaformis*.

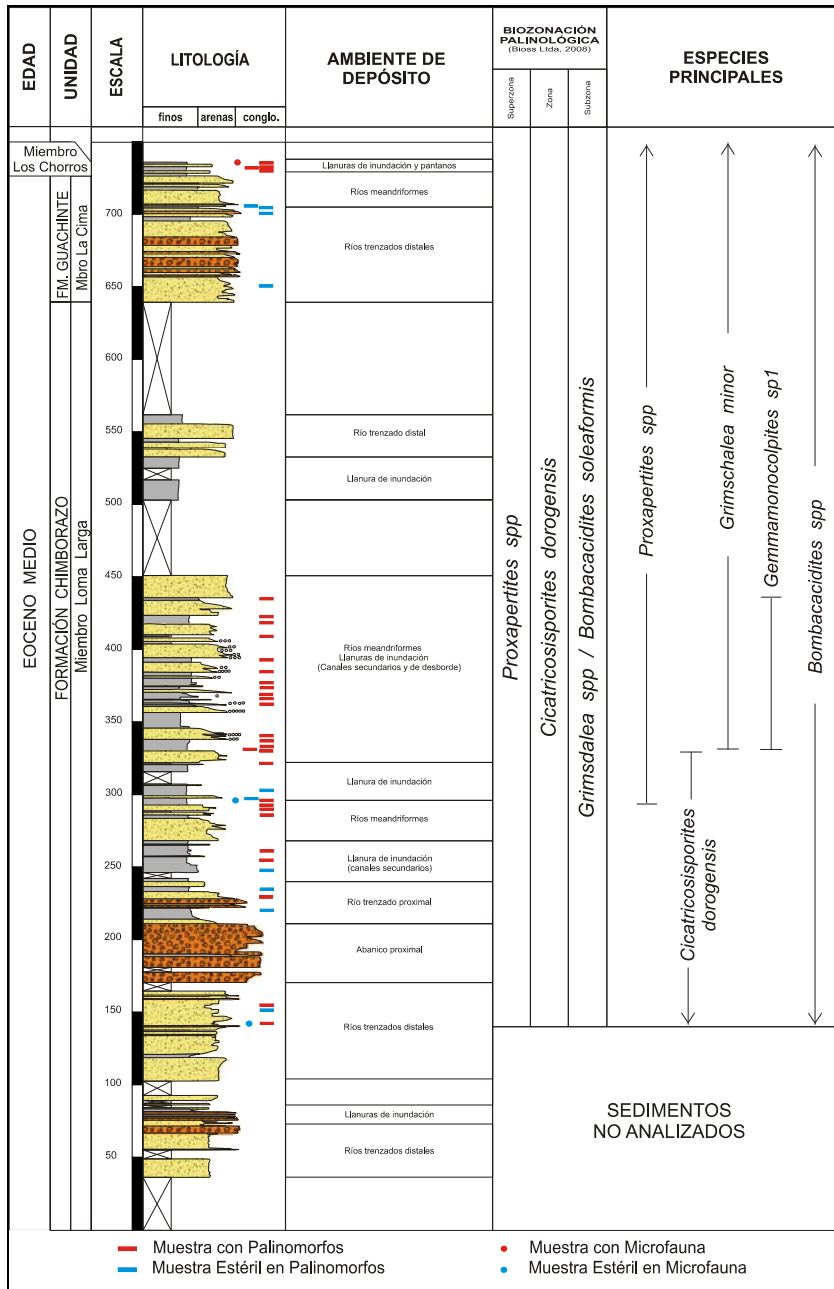


Figura 6-2. Zonación bioestratigráfica de la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.

En conclusión, podemos determinar que las muestras de la Sección La Cima pertenecen a la Sub-Zona *Grimsdalea spp./Bombacacidites soleaformis* del Eoceno Medio (Figura 6-2).

Sólo un espécimen bentónico, se encontró en una muestra analizada para micropaleontología.

Las asociaciones palinológicas, así como las asociaciones de palinofacies, sugieren que los sedimentos de la Sección La Cima se depositaron en ambientes continentales, probablemente costaneros bajos.

6.1.3 SECCIÓN RÍO GUACHINTE-(RG)-Formación Guachinte, miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla.

Veintisiete muestras fueron analizadas por métodos palinológicos (25 con recobro de palinomorfos), diez de las muestras analizadas, fueron adicionalmente preparadas para estudio de foraminíferos, de las cuales nueve contienen especímenes.

Las tres secciones estudiadas en el área del Río Guachinte fueron integradas en una sola secuencia en el Anexo 10.1, en el cual se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección; en uno de sus apartes en forma gráfica se presenta la distribución de los palinomorfos y foraminíferos encontrados (Anexo III-A del Reporte de BIODS).

La característica principal de las asociaciones palinológicas provenientes de esta sección estratigráfica es la ausencia de *Verrucatosporites usmensis*. En la parte más superior se presenta *Cicatricosisporites dorogensis* lo cual permite determinar que estos sedimentos no pueden ser más antiguos que del Eoceno Medio (Figura 6-3).

Bombacacidites soleaformis y *Grimdalea* spp (*Grimsdalea minor* y *Grimsdalea "dúplex"*) exhiben una buena presencia en esta sección, así como *Mauritiidites* 13D estas especies presentan su primera aparición en la base del Eoceno Medio. Adicionalmente, en este intervalo se presenta simultáneamente *Proxapertites operculatus* y *Proxapertites minutus*. Como Super-Zona, el *Proxapertites* spp. se presenta hasta el tope del Eoceno Medio (Figura 6-3).

Las asociaciones palinológicas de este intervalo, también se caracterizan por la presencia de varias especies de *Grimsdalea*, las cuales no han sido descritas formalmente, así como por la presencia de varios palinomorfos de edad Eoceno, cuya primera aparición ha sido reportada en el Eoceno Medio, tales como *Papillamonocolpites splendens*, *Echinatisporis brevispinosus*, *Rhoipites cienagensis*, *Retitrescolpites irregularis* y *Striatricolpites catatumbus*, entre otros.

Todo lo anteriormente expuesto, permite asignar a la Sección Río Guachinte una edad Eoceno Medio (Figura 6-3).

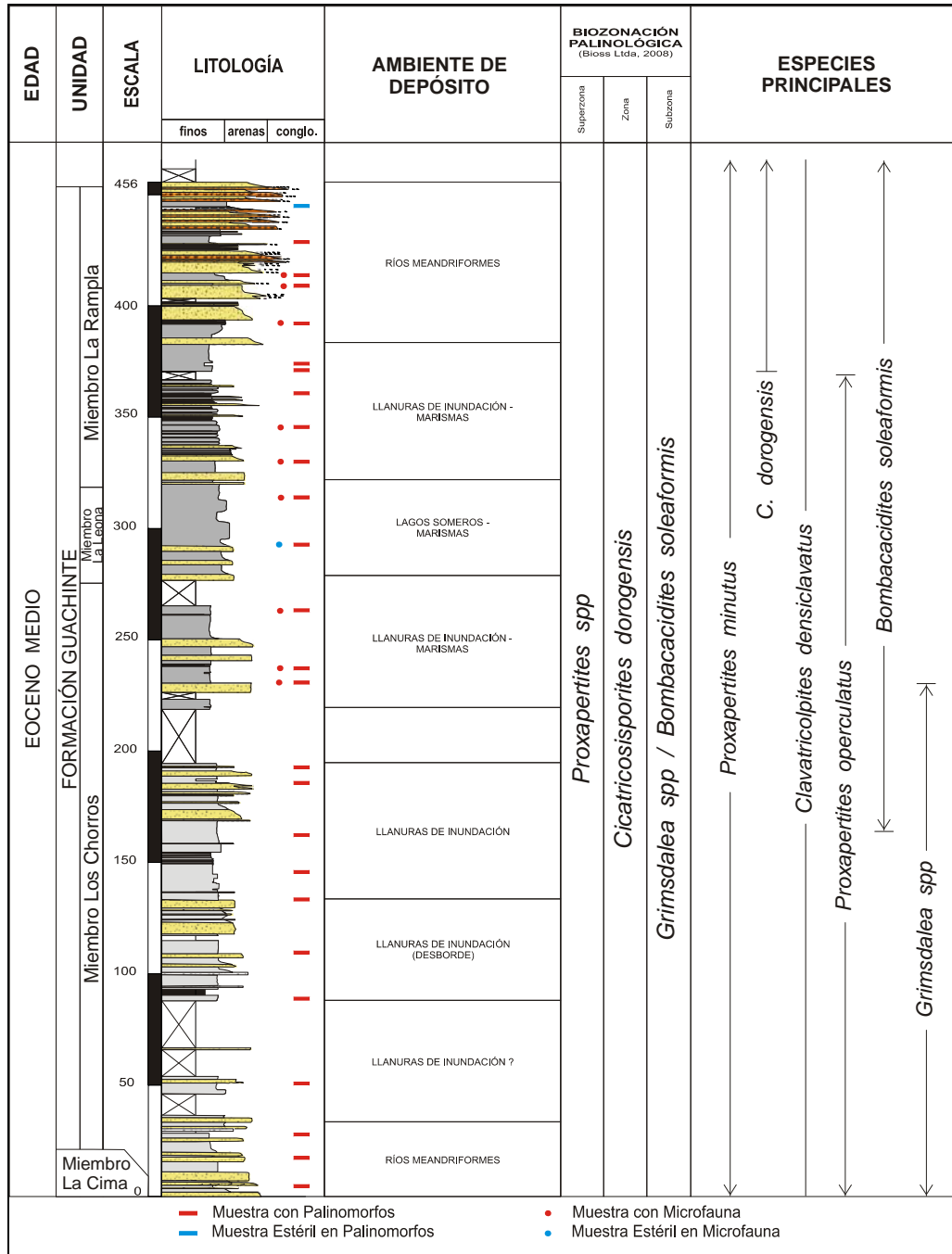


Figura 6-3. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte.

Los foraminíferos recuperados de muestras de la parte inferior de la Sección Río Guachinte corresponden a foraminíferos bentónicos los cuales no son indicativos de edad pero si pueden ser utilizados como indicadores ambientales.

Los ambientes de depósito relacionados con los sedimentos de la parte inferior de la Sección Río Guachinte varían entre zonas de pantanos a depósitos costaneros bajos.

6.1.4 SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE-(RGN)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla.

Catorce muestras fueron analizadas por métodos palinológicos, tres de ellas estériles. Adicionalmente, una de las muestras fue preparada para análisis de foraminíferos, la cual resultó positiva.

Las tres secciones estudiadas en el área del Río Guachinte fueron integradas en una sola secuencia en el Anexo 10.1, en el cual se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección; en uno de sus apartes, en forma gráfica, se presenta la distribución de los palinomorfos y foraminíferos encontrados (Anexo III-A del Reporte de BIOS).

La parte superior de la sección presenta un variado recobro de palinomorfos, caracterizados por la presencia de *Verrucatosporites usmensis*, el cual se encuentra acompañado en algunos niveles por *Cicatricosisporites dorogensis* y *Echiperiporites estellae* (Figura 6-4).

La primera aparición de *Verrucatosporites usmensis* y de *Echiperiporites estellae* se localiza a base del Eoceno Tardío lo cual permite determinar que estos sedimentos no pueden ser más antiguos que el Eoceno Tardío (Figura 6-4).

En la muestra preparada para foraminíferos se hallaron morfotipos retrabajados del Cretácico superior.

Para la parte inferior de la Sección Guachinte Norte las muestras analizadas se encontraron estériles en palinomorfos y muy posiblemente correspondan a sedimentos depositados en ambientes de alta energía.

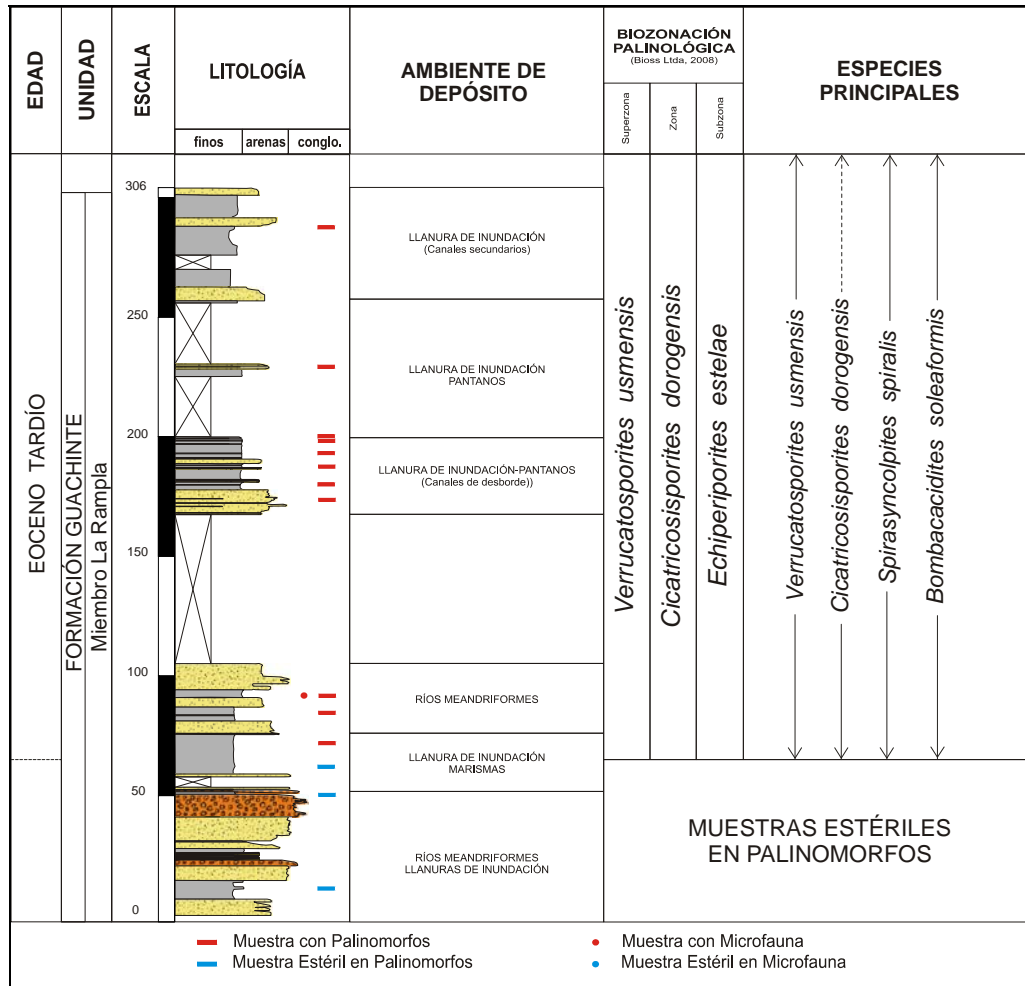


Figura 6-4. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.

6.1.5 SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO-(RGT)-Formación Guachinte, Miembro La Rampla-parte superior y Formación Ferreira, Miembro Suárez.

Dieciocho muestras fueron analizadas por métodos palinológicos, todas con recobro de palinomorfos. Tres de estas muestras, fueron adicionalmente preparadas para obtener de ellas foraminíferos, dos de ellas con resultados positivos.

Las tres secciones estudiadas en el área del Río Guachinte fueron integradas en una sola secuencia en el Anexo 10.1, en el cual se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección; en uno de sus apartes, en forma gráfica, se presenta la distribución de los palinomorfos y foraminíferos encontrados (Anexo III-A del Reporte de BIOS).

La característica principal de las asociaciones palinológicas provenientes de esta sección estratigráfica presenta variado recobro de palinomorfos, caracterizados por la presencia de *Verrucatosporites usmensis*, el cual se encuentra acompañado en algunos niveles por *Cicatricosisporites dorogensis* y *Echiperiporites estellae* (Figura 6-5).

La primera aparición de *Verrucatosporites usmensis* y de *Echiperiporites estellae* es en la base del Eoceno Tardío lo cual permite determinar que estos sedimentos de la Sección Guachinte Techo no pueden ser mas antiguos que el Eoceno Tardío (Figura 6-5).

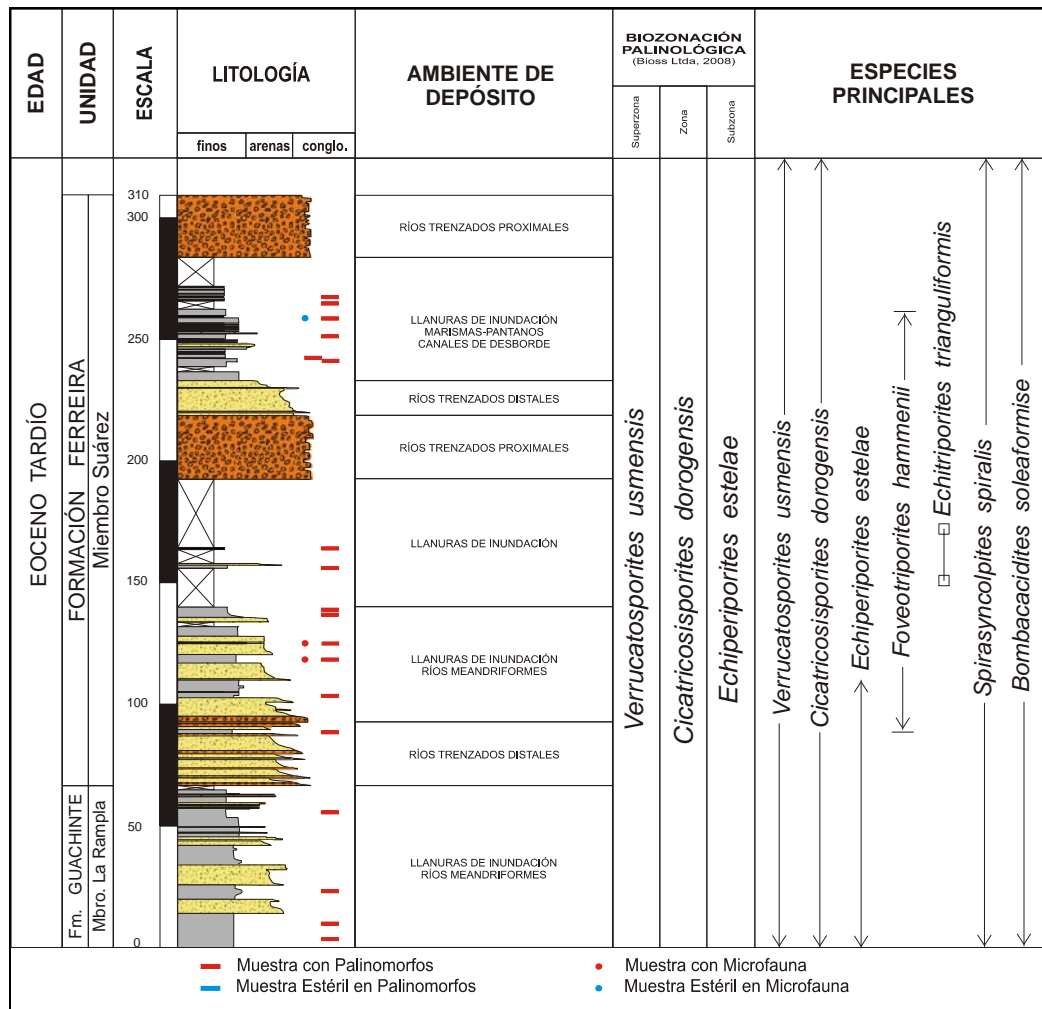


Figura 6-5. Zonación bioestratigráfica de la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

Acompañando a los dos palinomorfos anteriores se presentan en diferentes niveles: *Crusafontites megagemmatus*, *Bombacidites gonzalezii*, *Foveotriporites hammeni*, *Echitriporites variabilis*, *Echitriporites trianguliformis*, *Racemonocolpites racematus*, y *Racemonocolpites fascilis*, palinomorfos cuyos puntos de extinción se presentan al tope

del Eoceno Tardío. Por lo anteriormente expuesto, se asigna a la parte superior de la Sección Río Guachinte Techo una edad Eoceno Tardío (Figura 6-5).

De las muestras preparadas por métodos micropaleontológicos, una de ellas fue encontrada virtualmente estéril en foraminíferos. Las asociaciones microfaunísticas de las otras dos muestras corresponden a especies bentónicas de muy amplio rango estratigráfico dentro del Terciario.

SECTOR PATÍA

6.1.6 SECCIÓN RÍO ESMITA-(RE)-Grupo Diabásico y Formación Peña Morada, Miembros Calcáreo y Conglomerático.

Nueve muestras recolectadas a lo largo de esta sección fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos. Dos de estas muestras fueron adicionalmente preparadas para recuperar foraminíferos de ellas. Todos sin resultados positivos (Figura 6-6).

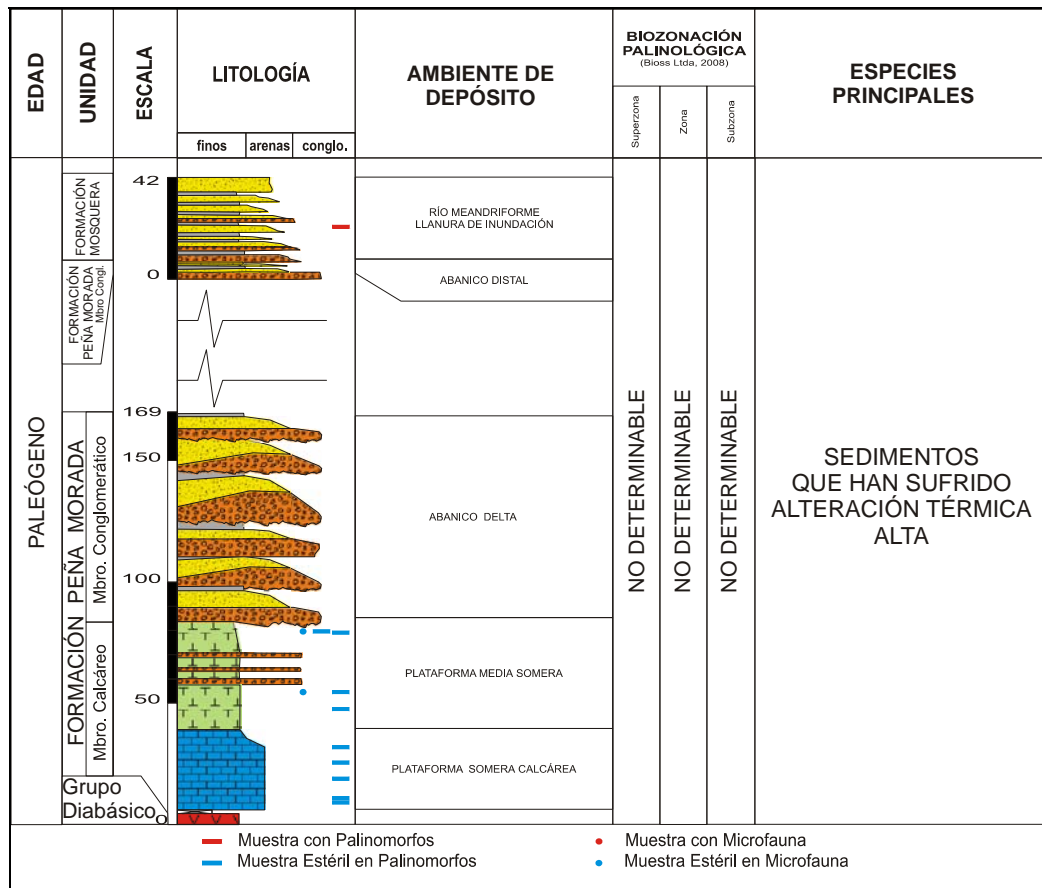


Figura 6-6. Zonación bioestratigráfica de la Secciones Río Esmita (RE) y sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Fm Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Fm Mosquera.

Los palinomorfos recuperados presentan un estado avanzado de carbonización, las características morfológicas se han perdido, lo cual impide su correcta clasificación. No es posible asignar edades a estos sedimentos por métodos palinológicos. Las muestras que se prepararon para la extracción de foraminíferos, se encontraron.

Observaciones de campo sugieren que esta sección puede corresponder a los sedimentos más antiguos estudiados en el sector.

6.1.7 SECCIÓN RÍO ESMITA SECTOR FORMACIÓN MOSQUERA-(REm)- Formación Peña Morada, Miembro Conglomerático y Formación Mosquera, base.

De las muestras recolectadas a lo largo de esta sección, tan solo una muestra fue preparada y analizada por métodos palinológicos, la cual se encontró estéril (Figura 6-6).

En el Anexo 10.1 se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección y en uno de sus apartes en forma gráfica se presenta la distribución de los palinomorfos y foraminíferos encontrados (Anexo VI-A del Reporte de BIOSS).

6.1.8 SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL-(QG)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Cincuenta muestras fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos para determinar la edad de estos sedimentos y la posición de esta Sección en el esquema estratigráfico de la Cuenca Cauca-Patía; de estas muestras, 48 resultaron positivas en recobro de palinomorfos. Además, diecinueve de las muestras fueron adicionalmente preparadas para la extracción de foraminíferos, quince de ellos positivas en recobro de especímenes.

En el Anexo 10.1 se presenta el Informe Bioestratigráfico para esta sección; en uno de sus apartes, en forma gráfica, se presenta la distribución de los palinomorfos encontrados (Anexo IV-A del Reporte de BIOSS), las principales especies son localizadas en la columna estratigráfica sintética de la Figura 6-7.

La mayor parte de las muestras preparadas corresponden a sedimentos que han sufrido alteración térmica alta, lo cual debido a la pobre preservación y colores negros de los palinomorfos recuperados, impide en la mayoría de los casos su identificación.

Desde el punto de vista bioestratigráfico, esta sección se subdividió en dos intervalos:

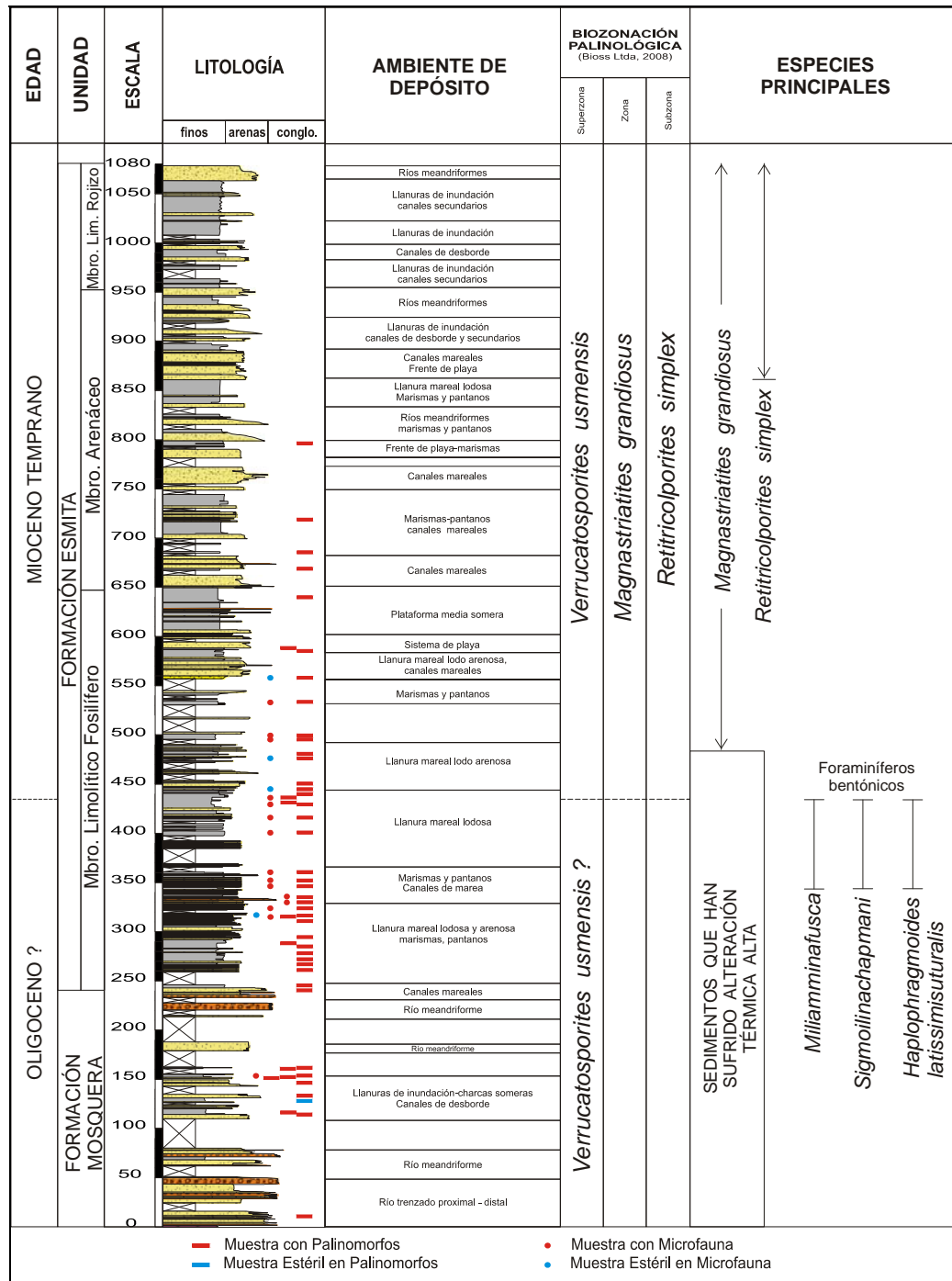


Figura 6-7. Zonación bioestratigráfica de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

El intervalo inferior se encuentran térmicamente muy alterados siendo en la mayoría de los casos imposible su identificación. Llama la atención en las asociaciones palinológicas de este intervalo la ausencia de *Magnastriatites grandiosus* (Figura 6-7).

Los sedimentos del intervalo inferior se caracterizan por presentar asociaciones de foraminíferos bentónicos indicativos de edad Oligoceno tales como: *Nonion incisum*, *Sigmoilina cushmani*, *Sigmoilina colomi*, *Haplophragmoides translucens*. Estos foraminíferos se encuentran acompañados de especies que presentan su punto de extinción dentro del Oligoceno, tales como: *Haplophragmoides laminatus*, *Sigmoilina sigmoidea*, *Haplophragmoides carinatum* y *Haplophragmoides latissimisuturalis*, entre otros (Figura 6-7).

Los sedimentos del intervalo inferior de la Sección Guanabanal se depositaron en ambientes costaneros bajos a Neríticos internos.

El intervalo superior se caracteriza por la ocurrencia simultánea de *Magnastriatites grandiosus*, *Verrucatosporites usmensis* y *Retitricolpites simplex*, lo cual permite asignar a estos sedimentos una edad Mioceno Temprano, Sub-Zona de *Retitricolporites simplex*. Es necesario hacer notar que estas asociaciones Palinológicas recuperadas también involucran palinomorfos redepositados que en el Anexo 10.2 (Anexo IV-A según Reporte de BIOS) se señalan con un Rw.

Los foraminíferos recuperados del intervalo superior, corresponden a formas bentónicas que poseen malas preservaciones y colores muy oscuros, indicativos también de que estos sedimentos han sufrido alteración térmica muy alta. La edad Miocénica establecida en base a palinomorfos es corroborada por la presencia de los foraminíferos *Protoesphidium* sp, *Eponides* sp, *Cibicides concentricus*, *Eponides umbonatus* y *Planlaria venezuelana*, foraminíferos bentónicos también indicativos de una edad Miocénica.

6.1.9 SECCIÓN EL BOQUERÓN-(EB)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Veintiseis muestras de la Sección El Boquerón fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos para determinar la edad de estos sedimentos; 23 de los análisis se encuentran en el Anexos 10.1 y los tres restantes en el Anexo10.2. Siete de las muestras analizadas resultaron estériles, cuatro en el Informe de BIOSS (Anexo 10.1) y tres en el Informe de Jaramillo (Anexo 10.2).

Las asociaciones palinológicas obtenidas de estas muestras, se presentan gráficamente en la Figura 6-8 y en el diagrama del Anexo 10.1 (Anexo IA del Reporte de BIOSS).

La ocurrencia simultánea en las asociaciones palinológicas obtenidas de *Grimsdalea magnaclavata*, *Lanagiopollis crassa*, *Magnastriatites grandiosus* y *Verrucatosporites usmensis* permite determinar que los sedimentos de la Sección El Boquerón pertenecen a

la Sub-Zona *Grimsdalea magnaclavata / Lanagiopollis crassa* a la cual se le ha asignado una edad Mioceno Medio.

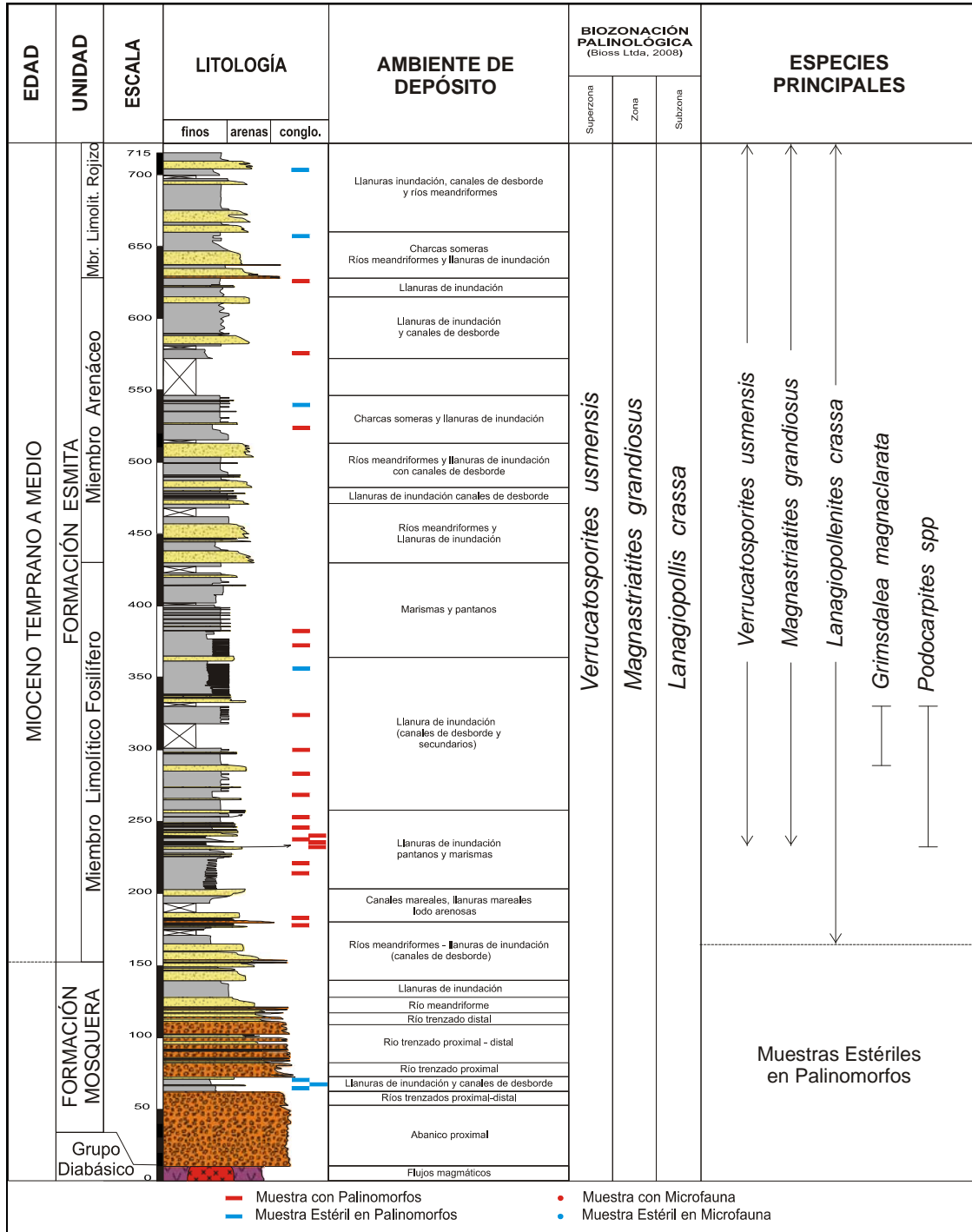


Figura 6-8. Zonación bioestratigráfica de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Lanagipollis crassa y *Grimsdalea magnaclavata* son reconocidos elementos de la vegetación del cinturón de manglares. Es importante señalar la presencia en varios niveles de la Sección El Boquerón de *Zonocostites ramonae* y de dinoflagelados. Lo anterior permite determinar que los sedimentos analizados de la Sección El Boquerón se depositaron en ambientes continentales con influencia marina.

6.1.10 SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENZA-(QD)-Grupo Diabásico, Formaciones Mosquera y Esmita, Miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Ochenta y siete muestras de la Sección Quebrada La Despensa fueron preparadas y analizadas por métodos palinológicos para determinar la edad de estos sedimentos (Anexo 10.2); en todas las muestras se obtuvo algún recobro.

La asociación palinológica encontrada permite ubicar a la Sección Quebrada La Despensa entre la zona palinológica T-11 de Jaramillo et al. (2008), que corresponde al Oligoceno Superior y la zona palinológica 35 de Jaramillo y Rueda (Jaramillo y Rueda, 2004) que corresponde al Mioceno Medio. La asociación también se puede ubicar en las zonas 24 a 28 de Muller et al. (1987) que corresponde al Oligoceno-Mioceno Medio, aunque esta zonación tiene menor resolución para el Oligoceno que la zona de Jaramillo et al. (2008) (Anexo 10.2).

La asociación de fósiles que permiten ubicar a la Sección Quebrada La Despensa en estas zonas incluyen: *Cicatricosisporites dorogensis*, *Magnaperiporites spinosus*, *Spirosyncolpites spiralis*, *Mauritiidites franciscoi pachyexinatus*, *Magnastriatites grandiosus*, *Foveotriletes ornatus*, *Cyclusphaera scabrata*, *Retitricolporites "esponjosus"*, *Concavissimisporites fossulatus*, *Retistephanoporites minutiporus*, *Echitricolporites spinosus*, *Crassoectoapertites colombianus*, *Psilaperiporites minimus*, y *Multimarginites vanderhammenii*. La ausencia de elementos típicos del Eoceno (e.g. *Echitricolporites trianguliformis orbicularis*) también sugieren el rango temporal propuesto. Es de anotar que *Echitricolporites spinosus*, comúnmente asumido como indicativo del Mioceno Superior, ha sido encontrado asociado a floras del Mioceno Medio en diversas áreas, incluyendo Urumaco en Venezuela y el Valle Medio del Magdalena.

Dado el desconocimiento de la cuenca del Cauca-Patía, es aún imposible determinar un rango de edad más preciso. En la Sección Quebrada La Despensa se encontraron asociaciones no reconocidas en ningún otro sitio de Colombia o Venezuela. *Cicatricosisporites dorogensis* y *Echitricolporites spinosus* nunca han sido reportados asociados antes. Se podría interpretar que *C. dorogensis* es un elemento retrabajado, dada su coloración un poco más oscura que el resto de los granos. Sin embargo, esta

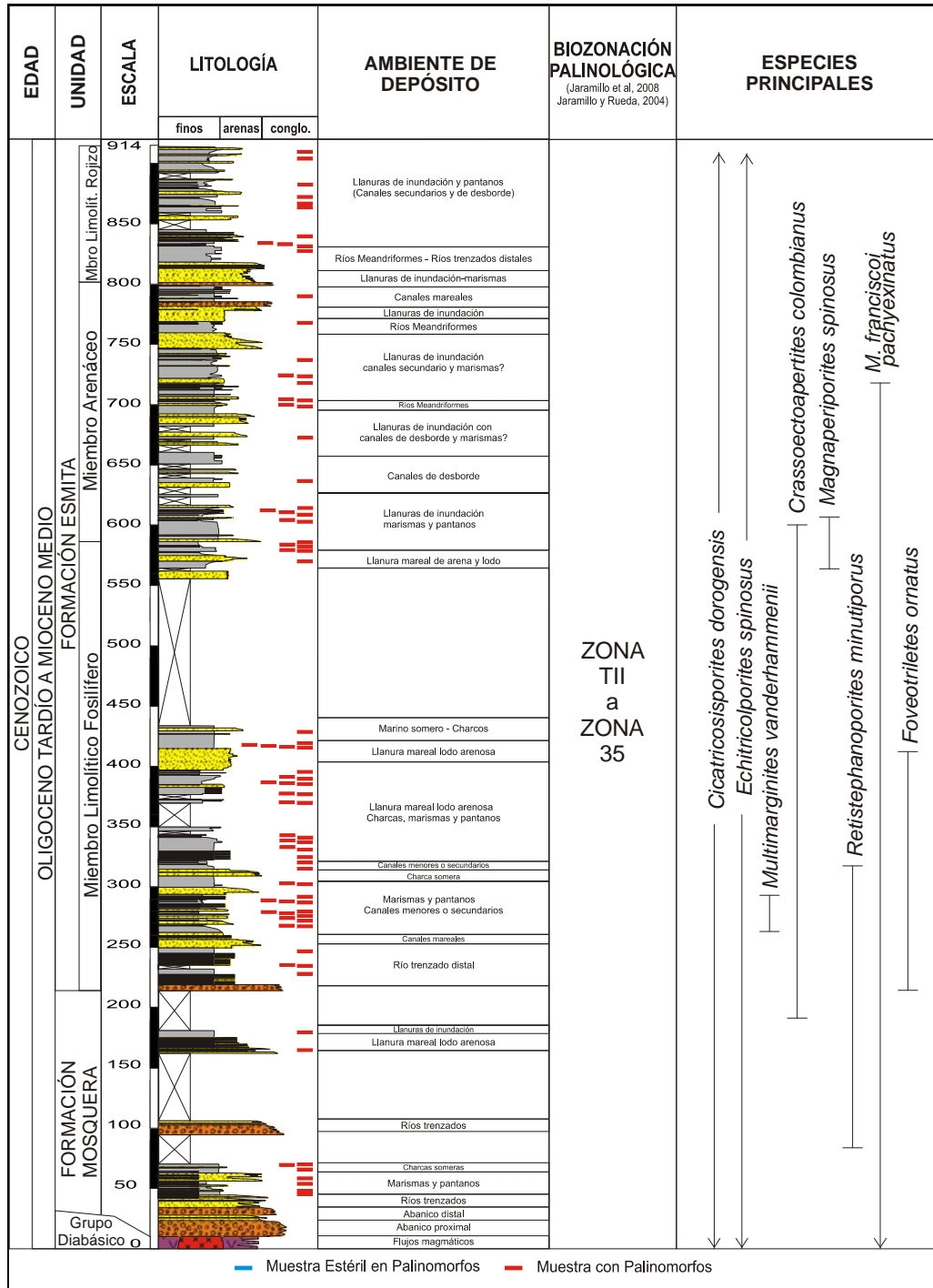


Figura 6-9. Zonación bioestratigráfica de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

en toda la sección. Una hipótesis alternativa podría ser que *C. dorogensis* se encuentra in-situ, y los elementos del Mioceno encontrados (e.g. *E. spinosus*, *M. vanderhammenii*)

son producto de contaminación, dada la intensa meteorización que presentaron las muestras. Sin embargo, las especies indicativas del Mioceno encontradas no parecen material reciente, puesto que su color no es blanco, ni contienen restos de protoplasma interno, como generalmente ocurre cuando se presenta contaminación con material reciente. La información disponible para la cuenca es aún muy pobre para dirimir este problema. Esperamos que futuras secciones en la región sirvan para precisar mejor la edad de estos depósitos.

Es interesante anotar la presencia de un grano aislado de *Clavainaperturites microclavatus*, una especie que es muy escasa en los Llanos y Piedemonte Llanero, y que se encuentra desde finales del Mioceno en la región del Amazonas (Hoorn, 1993; Silva et al, 2008). Esta ocurrencia de *Clavainaperturites microclavatus* podría ser debida a contaminación, ya que *Hedyosmum* (el género de plantas que produce *C. clavatus*) se encuentra en la región del Cauca-Patía donde fueron tomadas las muestras, especialmente *Hedyosmum bonplandianum* (Todzia, 1988). Aunque podría no ser contaminación y constituirse en uno de los registros mas antiguos de *Hedyosmum* en América.

A lo largo de la sección estudiada no existen eventos marcados de originación o extinción, lo cual sugiere una rápida acumulación, lo que a su vez indica una rápida subsidencia en la región con potentes espesores de sedimentos acumulados en periodos de tiempo relativamente cortos.

La asociación palinológica reportada indica deposición en ambientes fluviales. No existe ninguna evidencia de incursiones marinas (dinoflagelados, microforaminíferos), ni de material acumulado en lagos (*Pediastrum*, *Botryococcus* o material orgánico amorfo). La materia orgánica está compuesta por material terrestre representado por cutículas, leños, material vegetal degradado y partículas oscuras.

6.2 ANÁLISIS PETROGRÁFICOS

Con la realización de los análisis petrográficos se obtienen las características que permiten clasificar la roca y establecer su calidad como potencial almacenadora de hidrocarburos. Este análisis se realizó en 120 muestras de roca correspondientes a arenitas recolectadas en las 10 columnas estratigráficas, 9 secciones estratigráficas (Tabla 6-3). El informe de resultados de los análisis se presenta en el Anexo 11 y en este capítulo se evalúan los resultados.

Con la elaboración del análisis petrográfico en las secciones delgadas, en microscopio de luz polarizada, se identificó en la textura: el tamaño de grano, la forma, sus contactos, selección y madurez textural; se identificó el tipo de matriz; se determinó la composición, diferenciando entre terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos; se hizo una apreciación de la diagénesis y un cálculo de la porosidad. El porcentaje modal se

determinó sobre el conteo de 300 puntos de acuerdo con la granulometría de la roca, identificándolos en campos ópticos adecuados y representativos de la muestra, y con base en estos porcentajes, la muestra se clasificó utilizando el triángulo de composición Cuarzo–Feldespatos–Líticos (QFL, por sus siglas en inglés), según Folk (1980). En las rocas calcáreas se hizo la descripción, determinación y cuantificación de los componentes Ortoquímicos–Aloquímicos; en las rocas calcarenáceas, se diferenciaron adicionalmente los componentes detríticos (terrígenos). Para la elaboración de las secciones delgadas se tuvo en cuenta la orientación del corte de muestra de roca respecto al tope y base de la misma; la impregnación al vacío (epóxico azul) para determinar porosidades primarias, secundarias y microporosidades y la tinción para carbonatos.

Tabla 6-3. Analisis Petrográficos

Sector	Cauca Norte	Cauca Sur					Patía				TOTAL
Sección	Cartago-Alcala (CA)	La Cima (LC) y La Cima-Quebrada (LCQ)		Rio Guachinte (RG)	Rio Guachinte Norte (RGN)	Rio Guachinte Techo (RGT)	Rio Esmita (RE) y Sector Fm. Mosquera	Quebrada Guanabana 1 (QG)	Quebrada La Despensa (QD)	El Boquerón (EB)	TOTAL
Análisis Petrográfico	19	5	13	20	6	10	4	17	14	12	120

En las rocas ígneas se describió la cristalinidad, textura general y particular, y la estructura. La descripción de minerales está ordenada de acuerdo a su importancia en: esenciales, caracterizantes, accesorios primarios, accesorios secundarios y minerales de alteración.

En las figuras del perfil composicional de cada sección estratigráfica, se graficaron los resultados obtenidos de la composición, con el fin de visualizar los cambios en el tiempo. A continuación se describen y analizan los resultados petrográficos, por sector y formación, que desde la parte norte a sur son:

SECTOR CAUCA NORTE

6.2.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA

De la Formación Cinta de Piedra se seleccionaron 19 muestras para análisis petrográfico todas ellas de la Sección Cartago-Alcalá (Figura 6-10, Tabla 6-4 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas de la Formación Cinta de Piedra se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 27,0% y 87,7%, promedio de 45,6%; feldespato

que oscila entre 0,0% y 10,3%, un promedio de 3,64% y líticos que oscilan entre 5,0%-58,3%, promedio de 31,7% (Tabla 6-4 y Figura 6-10).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL (Cuarzo, Feldespatos, Líticos) (Figura 6-11) se obtienen 17 litoarenitas, una litoarenita y una cuarzoarenita.

Tabla 6-4. Resultados de análisis de petrografía para la Formación Cinta de Piedra.

Muestra ID	SECCIÓN CARTAGO - ALCALÁ					
	CA-MR-020	CA-JC-005	CA-MR-039	CA-MR-059	CA-MR-063	CA MR 085
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita
Litología Dominante	Arenita con Opacos	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita Siderítica	Arenita
Metro (m)	159	171.5	382	453.5	457.5	488
% DE MINERALES DETRÍTICOS						
Cuarzo	68.0	87.7	51.7	34.7	50.0	48.3
Monocristalino	63.3	85.7	50.0	31.0	45.0	42.3
Policristalino	4.7	2.0	1.7	3.7	5.0	6.0
Feldespato	0.7	0.3	6.0	10.3	5.0	7.3
Potásico	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Plagioclasa	0.7	0.3	6.0	10.3	5.0	7.3
Fragmentos Líticos	8.3	4.7	25.3	31.3	18.7	28.7
Sedimentario	3.0	1.0	10.3	18.7	2.7	4.7
Chert (Cuarzo Microcristalino)						
Igneo						
Metamórfico	4.0	1.7	8.7	6.3	10.3	15.3
Volcánico						
Indiferenciado	1.3	2.0	6.3	6.3	5.7	8.7
Mica	1.3	0.7	0.7	3.3	Tr	2.3
Moscovita	1.0	0.7	0.7	2.3	Tr	1.0
Biotita				0.3		
Clorita	0.3			0.7		1.3
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	3.7	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Arcillas heredables						
Glauconita						
Bioclastos						
Ooides						
Hornblenda						
Piroxeno (Ortho- Clino-)						0.3
Material Carbonáceo						Tr
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Minerales Pesados	Tr		Tr	Tr	Tr	0.3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS						
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento						
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)						
Chert						
Cemento Fosfático						Tr
Barita			0.3		0.3	0.3
Hidrocarburos (?Bitumen)						
Carbonatos	0.0	0.0	1.3	2.0	15.3	0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	11.3	4.7	13.3	9.7	10.3	11.7
Opacos	6.7	2.0	1.3	0.7	0.3	0.7
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)						
No-Resoluble & Hematita	6.7	2.0	1.3	0.7	0.3	0.7
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	18.0	6.7	16.2	12.4	26.2	12.7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	12.0	7.4	8.6	2.7	18.2	1.3
% DE POROSIDAD TOTAL	3.0	3.7	3.7	0.3	2.6	0.3
POROSIDAD PRIMARIA	2.0	3.0	2.7	0.3	2.3	0.3
POROSIDAD SECUNDARIA	1.0	0.7	1.0	Tr	0.3	Tr

(continuación)

SECCIÓN CARTAGO - ALCALÁ						
Muestra ID	CA-JJ-023	CA-MR-111	CA-MR-174	CA-JJ-113	CA-JJ-140	CA-MR-187
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	545,5	616,5	740	1291	1345,5	1377
% DE MINERALES DETRÍTICOS						
Cuarzo	53,0	43,3	43,3	41,7	45,3	46,3
Monocristalino	50,7	38,0	42,0	39,7	41,3	45,0
Policristalino	2,3	5,3	1,3	2,0	4,0	1,3
Feldespatos	5,3	5,7	6,0	2,7	6,0	4,0
Potásico	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Plagioclasa	5,3	5,7	6,0	2,7	6,0	4,0
Fragmentos Líticos	28,0	34,3	30,7	40,3	29,7	32,7
Sedimentario	8,3	17,7	16,3	9,3	14,0	18,7
Chert (Cuarzo Microcristalino)						
Ígneo						
Metamórfico	12,7	10,3	6,7	23,7	7,0	6,0
Volcánico						
Indiferenciado	7,0	6,3	7,7	7,3	8,7	8,0
Mica	2,0	1,7	1,7	0,7	1,7	1,7
Moscovita	0,7	0,7	1,7	0,7	1,0	1,7
Biotita						
Clorita	1,3	1,0	Tr		0,7	Tr
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	0,7	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Arcillas heredables						
Glauconita						
Bioclastos						
Ooides						
Hornblenda						
Piroxeno (Ortho- Clino-)						
Material Carbonáceo	Tr					
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Minerales Pesados	Tr	Tr	0,3	0,3	Tr	0,3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS						
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento						
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)						
Chert						
Cemento Fosfático						
Barita	0,7		0,7		0,7	0,3
Hidrocarburos (?Bitumen)						
Carbonatos	1,3	1,0	4,0	1,7	2,7	2,0
Minerales Arcillosos Autigénicos	8,7	13,3	12,0	11,3	12,7	11,7
Opacos	0,3	0,7	1,3	1,3	1,0	1,0
Prita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)						
No-Resoluble & Hematita	0,3	0,7	1,3	1,3	1,0	1,0
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	11,0	15,0	18,0	14,3	17,1	15,0
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	1,7	12,0	11,3	9,2	10,7	5,9
% DE POROSIDAD TOTAL	0,0	2,3	0,7	0,6	0,0	1,3
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	2,0	0,7	0,3	Tr	1,0
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0,3	Tr	0,3	Tr	0,3

(continuación)

SECCIÓN CARTAGO - ALCALÁ										
Muestra N°	CA-MR-199	CA-JJ-165	CA-MR-209	CA-JJ-183	CA-MR-252	CA-JCC-017	CA-MR-260			
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita con Calcita	Arenita Calcárea	Arenita Calcárea	Arenita con Opacos	Conglomerado con Calcita	Arenita con Calcita			
Metro (m)	1399	1438,5	1453	1537	1631,5	1698,5	1713			
% DE MINERALES DETRÍTICOS								Min	Max	Prom.
Cuarzo	43,7	41,3	32,3	27,0	41,3	30,0	37,3	27,0	87,7	45,6
Monocristalino	43,0	38,0	20,0	27,0	37,0	15,3	34,0	15,3	85,7	41,5
Policristalino	0,7	3,3	12,3	Tr	4,3	14,7	3,3	0,7	14,7	4,3
Feldespatos	0,7	1,3	0,3	3,3	0,3	0,0	Tr	0,0	10,3	3,6
Potásico	Tr	Tr	Tr		Tr		Tr			
Plagioclasa	0,7	1,3	0,3	3,3	0,3		Tr	0,3	10,3	3,8
Fragmentos Líticos	45,0	35,3	36,0	34,0	36,0	58,3	45,0	4,7	58,3	31,7
Sedimentario	28,0	15,0	15,3	21,0	15,7	11,3	7,0	1,0	28,0	12,5
Chert (Cuarzo Microcristalino)										
Ígneo										
Metamórfico	5,0	12,3	12,7	5,7	8,3	25,3	24,7	1,7	25,3	10,9
Volcánico										
Indiferenciado	12,0	8,0	8,0	7,3	12,0	21,7	13,3	1,3	21,7	8,3
Mica	Tr	1,7	2,0	0,0	0,3	1,3	0,7	0,0	3,3	1,4
Moscovita	Tr	1,7	2,0		0,3	1,3	0,7	0,3	2,3	1,1
Biotita								0,3	0,3	0,3
Clorita								0,3	1,3	0,9
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	Tr				Tr	Tr		0,7	3,7	2,2
Arcillas heredables										
Glauconita										
Bioclastos										
Ooides										
Hornblenda										
Piroxeno (Ortho- Clino-)	0,3			0,7				0,3	0,7	0,4
Material Carbonáceo					Tr					
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	0,3	0,3	0,3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS										
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento										
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)										
Chert		2,3						2,3	2,3	2,3
Cemento Fosfático										
Barita			0,7					0,3	0,7	0,5
Hidrocarburos (?Bítumen)										
Carbonatos	2,0	7,0	15,7	31,7	4,3	5,7	3,0	0,0	31,7	5,3
Minerales Arcillosos Autigénicos	6,3	11,0	12,7	1,7	12,0	4,3	13,3	1,7	13,3	10,1
Opacos	2,0	Tr	0,3	1,7	5,7	0,0	0,7	0,0	6,7	1,5
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)					Tr					
No-resoluble y Hematita	2,0	Tr	0,3	1,7	5,7		0,7	0,3	6,7	1,6
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	10,3	20,3	29,4	35,1	22,0	10,3	17,0	6,7	35,1	17,2
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	5,6	10,6	1,6	29,7	12,0	7,6	5,7	1,3	29,7	9,1
% DE POROSIDAD TOTAL	2,6	0,0	0,6	0,0	0,3	0,3	2,0	0,0	3,7	1,3
POROSIDAD PRIMARIA	2,3	Tr	0,3	0,0	Tr	0,3	1,7	0,0	3,0	1,3
POROSIDAD SECUNDARIA	0,3	Tr	0,3	0,0	0,3	Tr	0,3	0,0	1,0	0,4

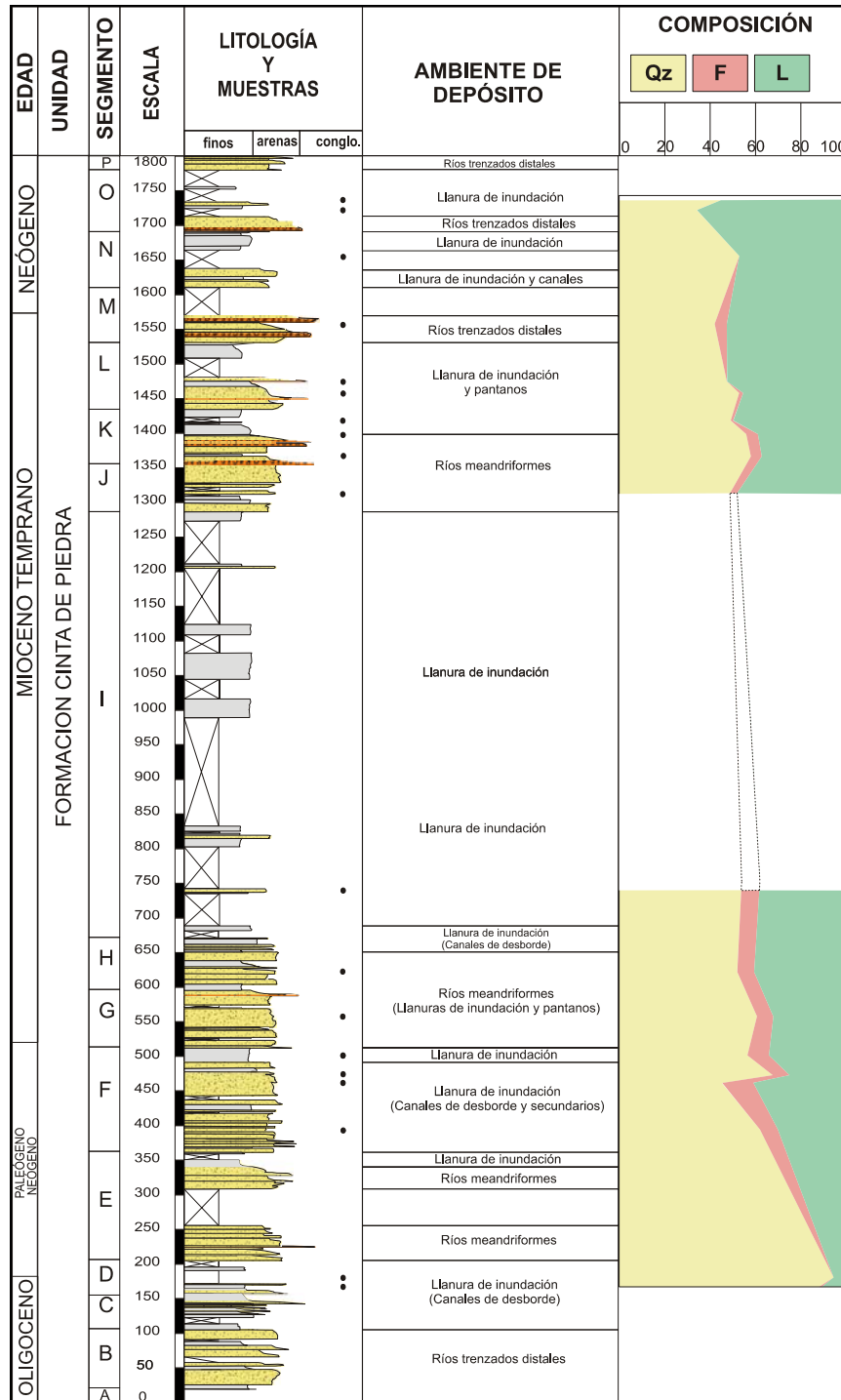


Figura 6-10. Perfil composicional en la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo dominante es el monocristalino (41,5% promedio) y en menor proporción el policristalino (4,1% promedio). En los feldspatos,

la plagioclasa constituye el 3,4%, sin registro de feldespatos potásicos. Los constituyentes principales de los líticos son: Sedimentario (12,5% promedio), metamórficos (10,9% promedio) y no diferenciados (8,3% promedio).

Otros constituyentes: Micas (moscovita promedio 1,3% y clorita promedio 0,3%), algunas muestras con matriz detrítica, trazas de piroxenos y minerales pesados.

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 2,0 y 13,0% con un promedio de 10,1%. Barita y chert diagenético están presentes en algunas muestras. Carbonatos (5,3% promedio) como calcita y siderita están presentes principalmente como relleno de poros y remplazamiento. Opacos diagenéticos no identificados oscilan entre 0-7% con un promedio de 1,5%.

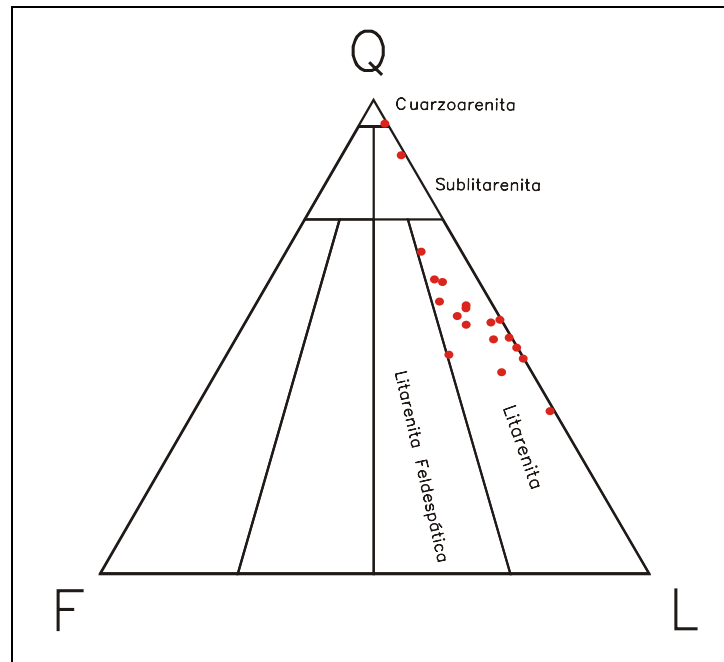


Figura 6-11. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), de la Formación Cinta de Piedra.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras de la Formación Cinta de Piedra varía entre 0,0 y 4,0% con un promedio de 1,3%, de las cuales la porosidad primaria es en promedio de 1% y la secundaria del 0,3% en promedio (Figura 6-12). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 1,0 y 30,0%, con un promedio de 9,1%.

Comentarios: Una de las características más importantes de la Sección Cartago-Alcalá es la tendencia a disminuir el contenido de cuarzo a expensas de los fragmentos líticos (al ascender estratigráficamente), mientras que el contenido de feldespato es variable (Figura 6-10). El aumento en el contenido de líticos sugiere un progresivo acercamiento

del área de aporte. Un aporte de rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas y volcánicas es sugerido.

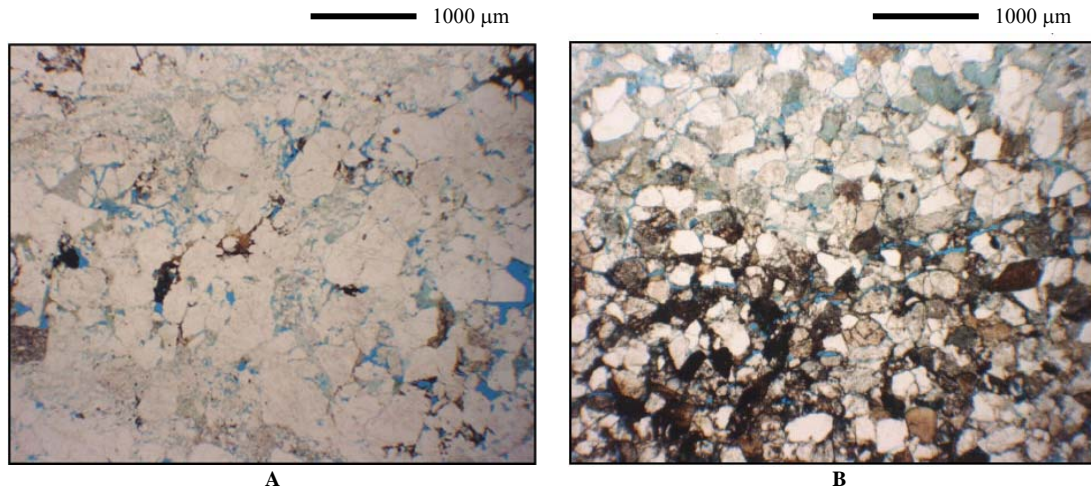


Figura 6-12. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas de la Formación Cinta de Piedra, A) Muestra CA-JC-005 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 3,7% y B) Muestra CA-MR-039 de litoarenita, con porosidad visual de 3,7%.

SECTOR CAUCA SUR

6.2.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO

6.2.2.1 Miembro Loma Larga

Del Miembro Loma Larga, de la Formación Chimborazo, se seleccionaron 13 muestras para análisis petrográfico todas ellas de la Sección La Cima (Figura 6-13, Tabla 6-5 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 35,0 y 81,3% con un promedio de 59,2%; feldespato que oscila entre 0,0 y 5,0% con un promedio de 1,4% y líticos que oscila entre 9,0 y 36,0% con promedio de 21,0% (Figura 6-13).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen ocho litoarenitas y cinco sublitoarenitas (Figura 6-14).

Mayores constituyentes: La variedad de cuarzo monocristalino posee un 51,7% en promedio y el cuarzo policristalino 7,5% en promedio. En valores promedio, el feldespato potásico posee 1,3%, mientras que la plagioclasa sólo tiene 0,1%. Los constituyentes principales en los líticos son: Sedimentario (6,6% promedio), chert (6,0% promedio) y no diferenciados (8,2% promedio).

Otros constituyentes: Contenido de micas (moscovita promedio 0,3%), algunas muestras con matriz detrítica (2,9 promedio), una muestra con cantidad significativa de material carbonáceo con valor de 9,7% y promedio de 1,6 %.

Constituyentes diagenéticos: Los minerales arcillosos diagenéticos oscilan entre 2,0 y 21,3% con un promedio de 11,9%. Carbonatos (0,2% promedio) como la dolomita, están presentes como reemplazamiento. Opacos diagenéticos no identificados con un promedio de 1,2%.

Tabla 6-5. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.

SECCIÓN LA CIMA y QUEBRADA LA CIMA						
Muestra ID	LC-CD-013	LC-CD-014	LC-CD-016	LC-CD-019	LC-CD-022	LC-JR-005
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Litoarenita	Sublitoarenita	Litoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	-2.7	6.8	26.3	83.3	116.1	200.8
% DE MINERALES DETRÍTICOS						
Cuarzo	66.7	35.0	68.7	61.0	81.3	67.0
Monocristalino	64.0	31.7	64.0	51.7	79.0	62.3
Policristalino	2.7	3.3	4.7	9.3	2.3	4.7
Feldespato	1.0	4.7	2.3	1.3	0.3	2.0
Potásico	Tr	4.0	2.3	1.3	0.3	2.0
Plagioclasa	1.0	0.7				
Fragmentos Líticos	13.0	31.0	14.7	26.3	9.3	19.0
Sedimentario	7.7	10.3	5.3	7.3	0.3	6.0
Chert (Cuarzo Microcristalino)	1.0	4.7	5.7	6.3	1.3	8.3
Igneo		1.0				
Metamórfico						
Volcánico						
Indiferenciado	4.3	15.0	3.7	12.7	7.7	4.7
Mica	2.0	0.0	1.0	Tr	0.3	Tr
Moscovita	2.0		1.0	Tr	0.3	Tr
Biotita						
Clorita						
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	Tr	9.3	4.3	1.0	Tr	2.0
Arcillas heredables						
Glauconita						
Bioclastos	Tr					
Ooides						
Hornblenda						
Piroxeno (Ortho- Clino-)						
Material Carbonáceo	9.7	3.7	0.7	2.0		1.3
Opacos Detríticos						
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS						
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento		Tr		Tr	0.3	
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)						
Chert						
Cemento Fosfático						
Barita						
Hidrocarburos (?Bítumen)						
Carbonatos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	2.0	12.7	8.3	8.3	6.7	7.7
Evaporitas	1.3	0.7	0.0	0.0	0.3	0.0
Opacos	4.3	3.0	Tr	Tr	1.3	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)	0.3					
No-Resoluble & Hematita	4.0	3.0	Tr	Tr	1.3	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	7.6	16.4	8.3	8.3	8.6	7.7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTA	4.3	4.2	0.3	0.6	7.7	1.3
% DE POROSIDAD TOTAL	Tr	0.9	Tr	0.3	4.7	Tr
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	0.5	Tr	0.3	3.4	Tr
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0.4	Tr	Tr	1.3	Tr

(continuación)

SECCIÓN LA CIMA y QUEBRADA LA CIMA										
Muestra N°	LC-CD-003	LC-CD-005	LC-CD-007	LC-CD-008	LC-JR-015	LC-JR-016	LC-JR-019			
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita			
Metro (m)	229,0	259,7	285,8	377,2	396,6	444,0	478,8			
% DE MINERALES DETRÍTICOS								Min	Max	Prom.
Cuarzo	55,7	48,3	56,7	60,7	50,0	59,7	58,7	35,0	81,3	59,2
Mono cristalino	35,7	26,0	50,0	52,0	45,7	53,0	57,0	26,0	79,0	51,7
Policristalino	20,0	22,3	6,7	8,7	4,3	6,7	1,7	1,7	22,3	7,5
Feldespatos	Tr	Tr	1,7	0,3	2,3	0,3	2,0	0,3	4,7	1,4
Potásico	Tr	Tr	1,7	0,3	2,3	0,3	2,0	0,3	4,0	1,3
Plagioclasa				Tr	Tr	Tr	Tr	0,7	1,0	0,1
Fragmentos Líticos	18,0	35,7	22,3	21,0	22,0	21,3	19,3	9,3	35,7	21,0
Sedimentario	2,7	8,7	3,3	6,3	9,7	8,0	10,3	0,3	10,3	6,6
Chert (Cuarzo Microcristalino)	5,3	15,0	9,7	4,7	6,3	6,3	3,7	1,0	15,0	6,0
Igneo	0,3	0,7						0,3	1,0	0,2
Metamórfico										
Volcánico								0,0	0,0	0,0
Indiferenciado	9,7	11,3	9,3	10,0	6,0	7,0	5,3	3,7	15,0	8,2
Mica	0,3	Tr	Tr	0,7	Tr	Tr	Tr	0,0	2,0	0,3
Moscovita	0,3	Tr	Tr	0,7	Tr	Tr	Tr	0,3	2,0	0,3
Biotita										
Clorita								0,0	0,0	0,0
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	2,7	0,7	1,0	2,0	7,7	4,3	2,3	0,7	9,3	2,9
Arcillas heredables										
Glauconita										
Bioclastos										
Ooides										
Horablenda										
Piroxeno (Ortho- Clino-)										
Material Carbonáceo		0,7	1,7			1,3		0,7	9,7	1,6
Opacos Detríticos								0,0	0,0	0,0
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS										
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento				0,3						
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)										
Chert										
Cemento Fosfático										
Barita										
Hidrocarburos (?Bitumen)										
Carbonatos	Tr	Tr	1,7	Tr	0,0	0,0	0,3	0,0	1,7	0,2
Minerales Arcillosos Autigénicos	21,3	13,3	14,3	14,3	17,3	13,0	15,3	2,0	21,3	11,9
Evaporitas	0,7	Tr	0,0	0,0	0,0	Tr	0,0	0,0	1,3	0,2
Opacos	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	Tr	2,0	0,7	4,3	1,2
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)										
No-Resoluble y Hematita	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7	Tr	2,0	0,7	4,0	1,2
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	23,3	14,6	16,7	15,3	18,0	13,0	17,6	7,6	23,3	13,5
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	7,8	3,2	6,0	6,9	3,9	4,2	17,2	0,3	17,2	5,2
% DE POROSIDAD TOTAL	1,9	0,6	0,3	1,9	1,9	2,5	8,2	0,3	8,2	1,8
POROSIDAD PRIMARIA	1,0	0,3	0,3	1,6	1,3	1,5	4,4	0,3	4,4	1,1
POROSIDAD SECUNDARIA	0,9	0,3	Tr	0,3	0,6	1,0	3,8	0,3	3,8	0,7

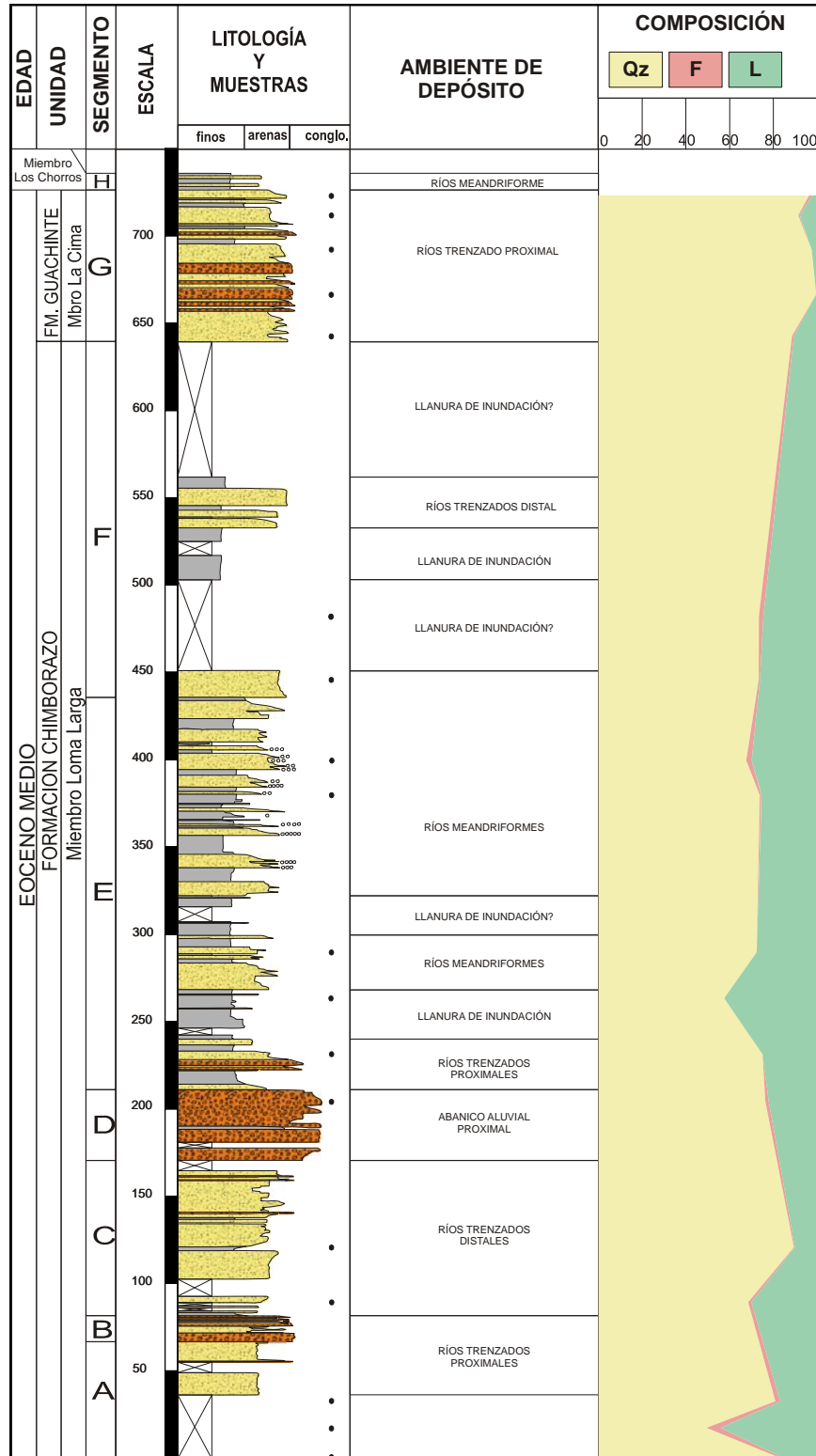


Figura 6-13. Perfil composicional en la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.

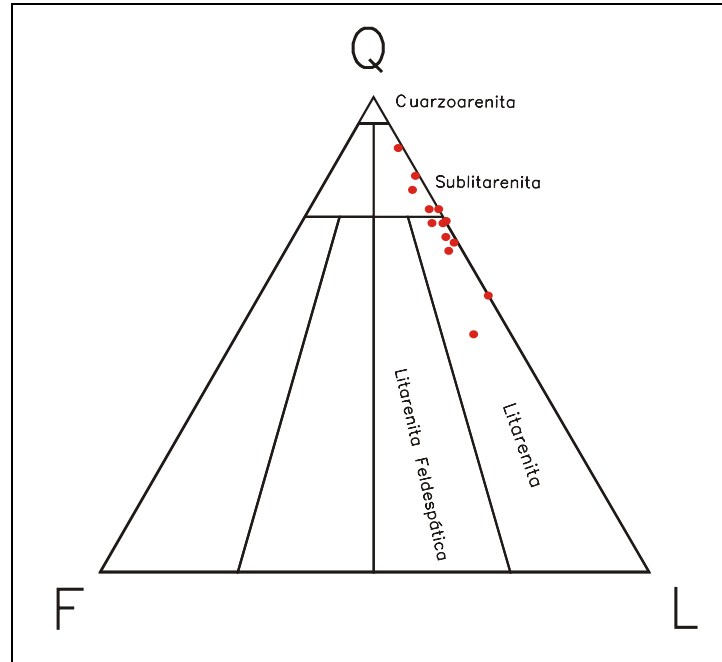


Figura 6-14. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo varía entre 0,3 y 8,2% con un promedio de 1,8%, de las cuales la porosidad primaria tiene un promedio de 1,1% y la porosidad secundaria 0,7% en promedio (Figura 6-15). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 0,3 y 17,2%, con un promedio de 5,2%.

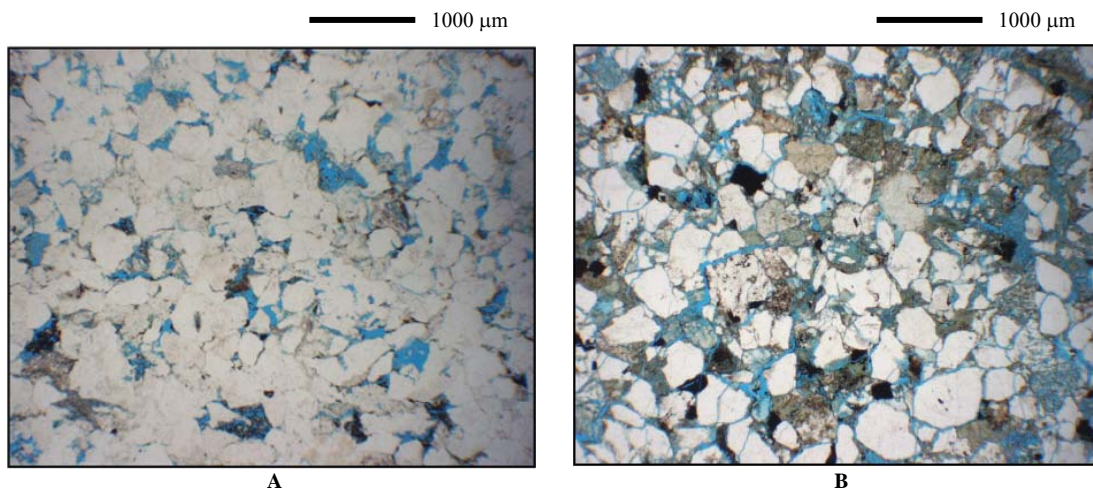


Figura 6-15. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo. A) Muestra LC-CD-022 de sublitoarenita, con una porosidad medida en sección delgada de 4,7%, y B) Muestra LC-JR-019 de litoarenita con una porosidad medida en sección delgada de 8,2%.

Comentarios: El contenido de cuarzo es fluctuante a través de la unidad, esto sugiere diferentes zonas de aporte; además, se observa un ligero y constante incremento del cuarzo al ascender estratigráficamente hasta llegar a rocas con predominio de cuarzoarenita, en el Miembro La Cima de la Formación Guachinte, lo que sugiere que la zona de aporte se aleja o cambia. El gran contenido de arcillas autigénicas sugiere aporte cercano de rocas compuestas por sedimentos finos arcillosos, algunos de estos sedimentos aportantes arcillosos son del cretáceo que aportan además foraminíferos re trabajados de esta edad.

6.2.3 FORMACIÓN GUACHINTE

6.2.3.1 Miembro La Cima

Del Miembro La Cima, se seleccionaron 6 muestras para análisis petrográfico, cinco de ellas ubicadas en la Sección La Cima (Figura 6-13) y una en la Sección Río Guachinte (Figura 6-16), (Tabla 6-6 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas de la Formación La Cima se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 81,0 y 93,3% con un promedio de 87,9%; el feldespato oscila entre 0,0 y 1,0% con un promedio de 0,6% y los líticos varían entre 0,3 y 10,0% con promedio de 4,4%, (Figura 6-16).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtiene un predominio de las cuarzoarenitas, con 4 cuarzoarenitas y 2 sublitoarenitas (Figura 6-17).

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo monocristalino tiene 84,9% (promedio) y en menor proporción, el cuarzo policristalino (3,0% promedio). En los feldespatos el promedio es 0,6% para el feldespato potásico. Los constituyente principales de los líticos son: sedimentarios (0,5% promedio), chert (1,2% promedio) y no diferenciados (2,8% promedio).

Otros constituyentes: Algunas muestras con matriz detrítica (varían entre 0,3 y 1,3%, con promedio de 0,5%), material carbonáceo y mica en trazas.

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 1,0 y 8,7% con un promedio de 5,2% y los opacos diagenéticos no identificados, oscilan entre 0,0 y 8,0% con un promedio de 1,4%.

Tabla 6-6. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Cima de la Formación Guachinte.

	SECCIÓN RÍO GUACHINTE	SECCIÓN LA CIMA							
Muestra N°	RG-DR-002	LC-CM-002	LC-CM-016	LC-CM-034	LC-CM-049	LC-CM-058			
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita			
Metro (m)	1.5	641.9	664.5	687.8	711.2	723.5			
% DE MINERALES DETRÍTICOS							Min	Max	Prom.
Cuarzo	93.0	81.0	87.7	93.3	83.0	89.3	81.0	93.3	87.9
Monocristalino	87.0	79.7	86.0	91.0	78.7	87.0	78.7	91.0	84.9
Policristalino	6.0	1.3	1.7	2.3	4.3	2.3	1.3	6.0	3.0
Feldespatos	1.0	0.7	Tr	0.0	0.3	1.3	0.0	1.3	0.6
Potásico	1.0	0.7	Tr		0.3	1.3	0.3	1.3	0.6
Plagioclasa							0.0	0.0	0.0
Fragmentos Líticos	4.0	10.0	0.3	2.3	7.7	2.0	0.3	10.0	4.4
Sedimentario		0.7	0.3		1.7		0.3	1.7	0.5
Chert (Cuarzo Microcristalino)	1.0	1.3		Tr	4.0	0.7	0.7	4.0	1.2
Igneo									
Metamórfico									
Volcánico									
Indiferenciado	3.0	8.0	Tr	2.3	2.0	1.3	1.3	8.0	2.8
Mica	0.0	Tr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Moscovita		Tr							
Biotita									
Clorita									
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	1.0	Tr	1.3		0.3	0.3	0.3	1.3	0.5
Arcillas heredables	Tr								
Glauconita									
Bioclastos									
Ooides									
Hornblenda									
Piroxeno (Ortho- Clino-)									
Material Carbonáceo			Tr	Tr		0.3	0.3	0.3	0.1
Opacos Detríticos									
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr		Tr	Tr	0.0	0.0	0.0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS									
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr	Tr							
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)									
Chert									
Cemento Fosfático									
Barita									
Hidrocarburos (?Bitumen)									
Carbonatos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	1.0	8.0	2.7	4.3	8.7	6.7	1.0	8.7	5.2
Opacos	Tr	0.3	8.0	0.0	Tr	Tr	0.0	8.0	1.4
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)									
No-Resoluble y Hematita	Tr	0.3	8.0		Tr	Tr	0.3	8.0	1.4
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	1.0	8.3	10.7	4.3	8.7	6.7	1.0	10.7	6.6
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	3.3	6.0	12.3	20.7	7.3	7.9	3.3	20.7	9.6
% DE POROSIDAD TOTAL	3.0	0.0	1.6	16.4	0.6	6.2	0.0	16.4	4.6
POROSIDAD PRIMARIA	2.3	Tr	0.6	12.4	0.6	5.2	0.6	12.4	3.5
POROSIDAD SECUNDARIA	0.7	Tr	1.0	4.0	Tr	1.0	0.7	4.0	1.1

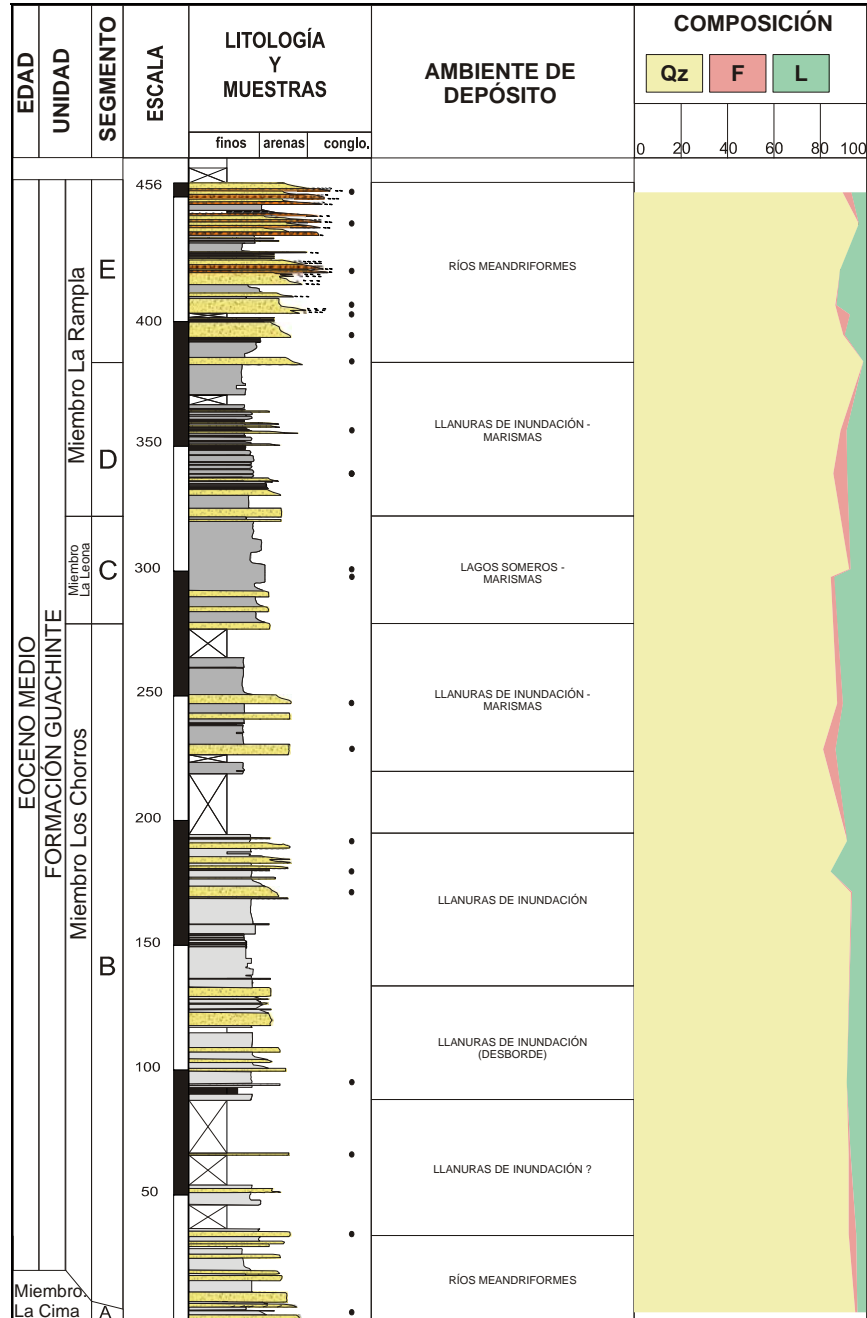


Figura 6-16. Perfil composicional en la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.

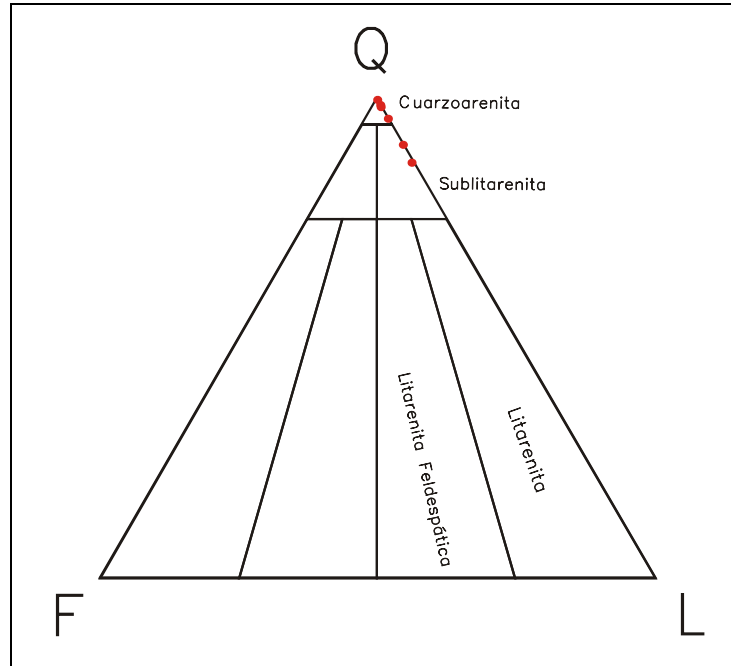


Figura 6-17. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Cima de la Formación Guachinte.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro La Cima varían entre 0,0 y 16,4% con un promedio de 4,6%, de las cuales la porosidad primaria tiene 3,5% en promedio y la porosidad secundaria 1,1% en promedio (Figura 6-18). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 3,3 y 20,7%, con un promedio de 9,6% (Figura 6-18).

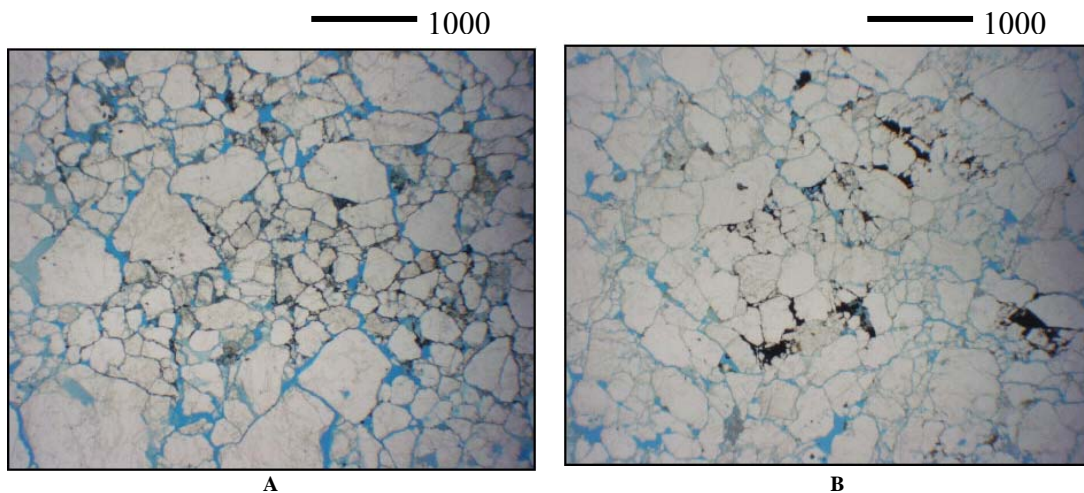


Figura 6-18. Secciones delgadas en nicols paralelos de las arenitas del Miembro La Cima de la Formación Guachinte. A) Muestra LC-CM-034 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 16,4%, y B) Muestra LC-CM-058 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 6,2%.

Comentarios: El aumento del porcentaje, casi exclusiva, de cuarzo monocristalino con respecto a la unidad infrayacente (Miembro Loma Larga), denota un posible cambio en la zona de aporte. La porosidad está afectada por la cementación alta, limitando su propiedad de roca reservorio.

6.2.3.2 Miembro Los Chorros

Para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte se seleccionaron 8 muestras para análisis petrográfico en la Sección Río Guachinte (Figura 6-16), (Tabla 6-7 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 73,7 y 89,3%, con un promedio de 82,5%; feldespato que varía entre trazas y 4,7% con un promedio de 1,4% y líticos que oscilan entre 3,7 y 13,7% con promedio de 8,6% (Figura 6-16).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen ocho sublitoarenitas (Figura 6-19).

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo monocristalino es el más abundante con 81,2% (promedio) y es menos frecuente el cuarzo policristalino (1,3% promedio). En los feldespatos el tipo potásico constituye el 1,4%, sin registro de plagioclasa. Los constituyentes principales de los líticos son: no diferenciados (5,7% promedio), chert (2,3% promedio) y líticos sedimentarios (0,6% promedio).

Otros constituyentes: Algunas muestras con matriz detrítica con valores que varían entre 0,7 y 10,3%, (3,6% en promedio), material carbonoso de 0,0% hasta 5,7%. Micas no se observan.

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 1,0 y 5,0% con un promedio de 2,5%. No se observaron carbonatos diagenéticos. Se hallan opacos diagenéticos no determinados con un promedio de 0,3%.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte varía entre 1,3 y 9,6% con un promedio de 4,4%, correspondiendo a porosidad primaria un promedio de 3,2% y a porosidad secundaria 1,3% en promedio (Figura 6-20). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 2 y 10,6% con un promedio de 6,6%.

Tabla 6-7. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.

SECCIÓN RÍO GUACHINTE				
Muestra ID	RG-002	RG-009	RG-015	RG-JJ-038
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	34.8	66.8	94.4	169.0
% DE MINERALES DETRÍTICOS				
Cuarzo	77.0	89.3	86.7	86.7
Monocristalino	75.0	87.0	83.0	86.7
Policristalino	2.0	2.3	3.7	Tr
Feldespatos	2.7	1.0	Tr	0.7
Potásico	2.7	1.0	Tr	0.7
Plagioclasa				
Fragmentos Líticos	3.7	6.7	8.0	5.7
Sedimentario	0.7	1.0	Tr	0.7
Chert (Cuarzo Microcristalino)	0.3	3.7	2.0	1.3
Ígneo				
Metamórfico				
Volcánico				
Indiferenciado	2.7	2.0	6.0	3.7
Mica	0.0	0.0	0.0	0.0
Moscovita				
Biotita				
Clorita				
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	10.3	1.7	1.0	5.7
Arcillas heredables				
Glaucanita				
Bioclastos				
Oóides				
Hornblenda				
Piroxeno (Ortho- Clino-)				
Material Carbonáceo	5.7		0.3	
Opacos Detríticos				
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS				
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento		Tr	Tr	Tr
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)				
Chert				
Cemento Fosfático				
Barita				
Hidrocarburos (?Bitumen)			Tr	Tr
Carbonatos	0.0	0.0		0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	Tr	1.3	4.0	1.3
Opacos	0.7	Tr	Tr	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)				
No-Resoluble & Hematita	0.7	Tr	Tr	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	0.7	1.3	4.0	1.3
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	2.0	2.3	6.2	8.1
% DE POROSIDAD TOTAL	1.3	1.3	3.5	7.1
POROSIDAD PRIMARIA	1.0	1.0	2.5	4.1
POROSIDAD SECUNDARIA	0.3	0.3	1.0	3.0

(continuación)

SECCIÓN RÍO GUACHINTE							
Muestra N°	RG-JJ-044	RG-JJ-056	RG-DR-064	RG-DR-073			
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita			
Metro (m)	177,2	191,0	228,5	247,0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS					Min	Max	Prom.
Cuarzo	73,7	85,3	76,0	85,3	73,7	89,3	82,5
Monocristalino	72,7	85,3	75,3	84,3	72,7	87,0	81,2
Policristalino	1,0	Tr	0,7	1,0	0,7	3,7	1,3
Feldespatos	Tr	Tr	4,7	2,3	0,7	4,7	1,4
Potásico	Tr	Tr	4,7	2,3	0,7	4,7	1,4
Plagioclasa					0,0	0,0	0,0
Fragmentos Líticos	13,7	7,7	13,0	10,0	3,7	13,7	8,6
Sedimentario	1,3	Tr	1,0	Tr	0,7	1,3	0,6
Chert (Cuarzo Microcristalino)	3,7	3,7	2,7	1,0	0,3	3,7	2,3
Ígneo							
Metamórfico							
Volcánico							
Indiferenciado	8,7	4,0	9,3	9,0	2,0	9,3	5,7
Mica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moscovita							
Biotita							
Clorita							
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	7,0	0,7	1,7	1,0	0,7	10,3	3,6
Arcillas heredables							
Glauconita							
Bioclastos							
Ooides							
Hornblenda							
Piroxeno (Ortho- Clino-)							
Material Carbonáceo	1,0	1,0			0,3	5,7	1,0
Opacos Detríticos					0,0	0,0	0,0
Minerales Pesados	Tr	Tr	0,3	Tr	0,3	0,3	0,0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS							
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr	Tr	Tr	Tr			
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)							
Chert							
Cemento Fosfático							
Barita							
Hidrocarburos (?Bitumen)	Tr		Tr	Tr			
Carbonatos	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
Minerales Arcillosos Antigénicos	4,7	5,3	2,0	1,3	1,3	5,3	2,5
Opacos	Tr	Tr	2,0	0,0	0,0	2,0	0,3
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)							
No-Resoluble y Hematita	Tr	Tr	2,0		0,7	2,0	0,3
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	4,7	5,3	4,3	1,3	0,7	5,3	2,9
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN							
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	7,6	9,2	6,6	10,6	2,0	10,6	6,6
% DE POROSIDAD TOTAL	3,9	5,9	2,9	9,6	1,3	9,6	4,4
POROSIDAD PRIMARIA	2,9	4,9	1,5	7,3	1,0	7,3	3,2
POROSIDAD SECUNDARIA	1,0	1,0	1,4	2,3	0,3	3,0	1,3

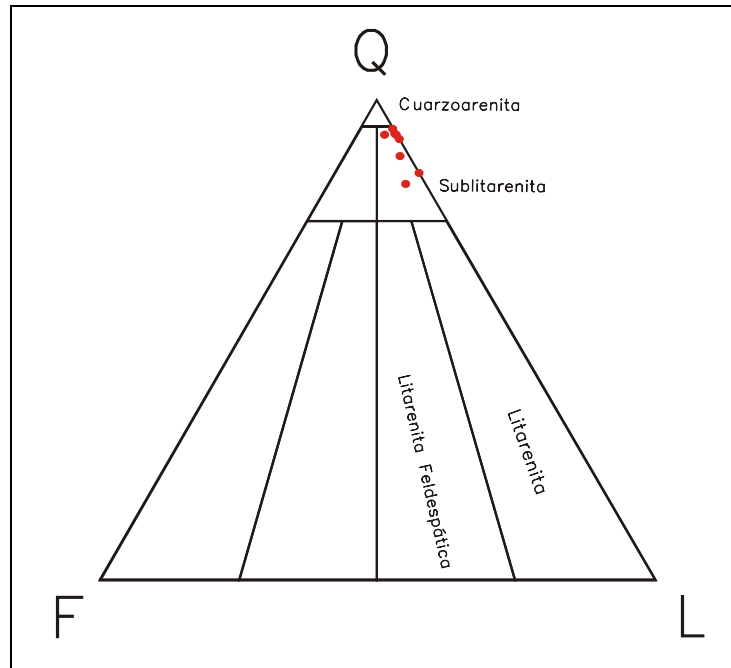


Figura 6-19. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte

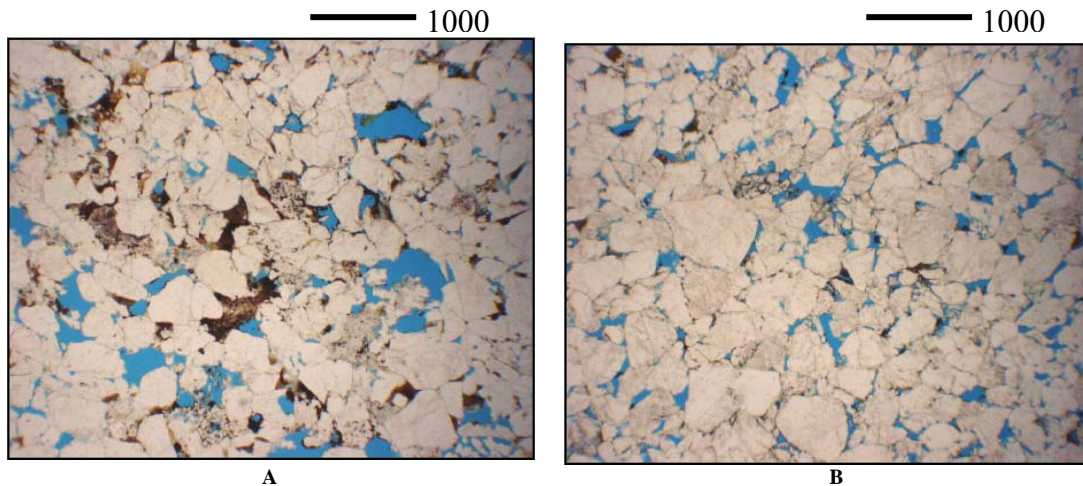


Figura 6-20. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-JJ-038 de sublitarenita, con porosidad visual de 7,1%, y B) Muestra RG-DR-073 de sublitarenita con una porosidad visual de 9,6%.

Comentarios: En el Miembro Los Chorros se observan fluctuaciones en la madurez composicional (Figura 6-16). El ambiente de depósito (llanura de inundación) supedita bajas porosidades iniciales, en las arenitas.

6.2.3.3 Miembro La Leona

Del Miembro La Leona de la Formación Guachinte, se seleccionaron 2 muestras para análisis petrográfico todas ellas de la Sección Río Guachinte (Figura 6-16), (Tabla 6-8 y Anexo 11).

Tabla 6-8. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Leona de la Formación Guachinte.

SECCIÓN RÍO GUACHINTE					
Muestra N°	RG-RR-003	RG-RR-004			
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita Limosa			
Metro (m)	297.0	300.0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS			Min	Max	Prom.
Cuarzo	71.3	72.3	71.3	72.3	71.8
Monocristalino	70.3	72.0	70.3	72.0	71.2
Policristalino	1.0	0.3	0.3	1.0	0.7
Feldespatos	1.3	0.3	0.3	1.3	0.8
Potásico	1.3	0.3	0.3	1.3	0.8
Plagioclasa					
Fragmentos Líticos	11.7	5.7	5.7	11.7	8.7
Sedimentario	2.0	2.7	2.0	2.7	2.4
Chert (Cuarzo Microcristalino)	2.7	0.3	0.3	2.7	1.5
Igneo					
Metamórfico					
Volcánico					
Indiferenciado	7.0	2.7	2.7	7.0	4.9
Mica	0.0	2.0	0.0	2.0	1.0
Moscovita		1.7	1.7	1.7	0.9
Biotita			0.0	0.0	0.0
Clorita		0.3	0.3	0.3	0.2
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	9.7	12.7	9.7	12.7	11.2
Arcillas heredables					
Glauconita		1.7	1.7	1.7	0.9
Bioclastos					
Ooides					
Horablenda					
Piroxeno (Ortho- Clino-)					
Material Carbonáceo	1.7	2.0	1.7	2.0	1.9
Opacos Detríticos			0.0	0.0	0.0
Minerales Pesados	Tr	0.3	0.3	0.3	0.2
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS					
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr				
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)					
Chert					
Cemento Fosfático					
Barita					
Hidrocarburos (?Bítumen)					
Carbonatos	0.0	0.3	0.0	0.3	0.2
Minerales Arcillosos Autigénicos	4.4	0.6	0.6	4.4	2.5
Opacos	Tr	2.0	2.0	2.0	1.0
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)		1.3	1.3	1.3	0.7
No-Resoluble y Hematita	Tr	0.7	0.7	0.7	0.4
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	4.4	2.9	2.9	4.4	3.7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	3.3	7.9	3.3	7.9	5.6
% DE POROSIDAD TOTAL	2.6	5.6	2.6	5.6	4.1
POROSIDAD PRIMARIA	2.0	4.3	2.0	4.3	3.2
POROSIDAD SECUNDARIA	0.6	1.3	0.6	1.3	1.0

Composición principal: Las arenitas del Miembro La Leona de la Formación Guachinte se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 71,3 y 72,3% con un promedio de 71,8%; feldespatos que oscila entre 0,3 y 1,3% con un promedio de 0,8% y líticos que oscila entre 5,7 y 11,7% con promedio de 8,7% (Figura 6-16).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtiene dos sublitoarenita (Figura 6-21).

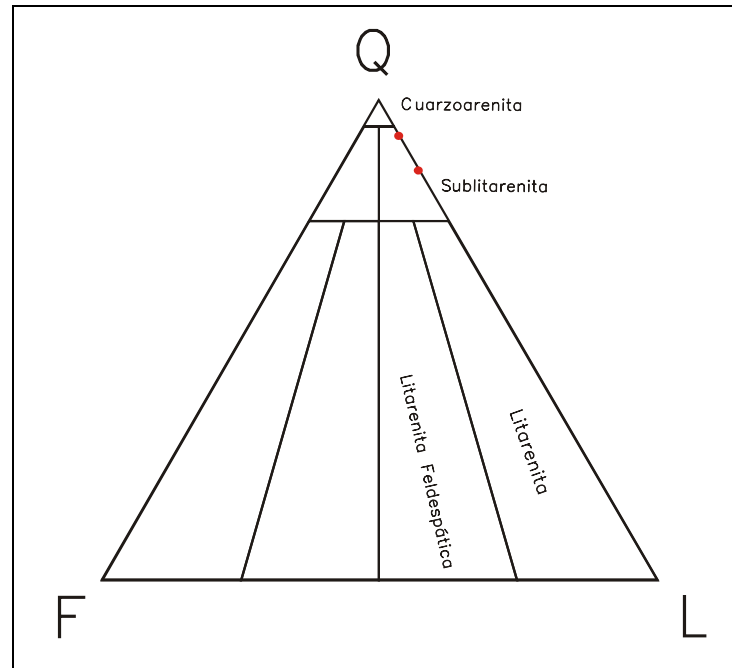


Figura 6-21. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.

Mayores constituyentes: La variedad de cuarzo dominante es el monocristalino (71,2% promedio) y en mínimo proporción cuarzo policristalino (0,7% promedio). En los feldespatos el tipo potásico constituye el 0,8%; sin registro de plagioclasa. Los constituyentes principales de los líticos son: no diferenciados 4,9% (promedio), sedimentarios 2,4% (promedio) y chert 1,5% (promedio).

Otros constituyentes: Matriz detrítica (11,2% promedio), escasas micas (moscovita promedio 0,9% y clorita promedio 0,2%), glauconita (1,7% promedio), material carbonáceo (1,9% promedio) y minerales pesados (0,2% promedio).

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos en promedio de 2,5%; carbonatos 0,2% (promedio) como reemplazamiento; opacos diagenéticos como piritita 0,7% (promedio) y otros no identificados con un promedio de 0,4%.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro La Leona varía entre 2,6 y 5,6% con un promedio de 4,1%, de la cual la porosidad primaria tiene en promedio 3,2% y una porosidad secundaria del 1,0% en promedio (Figura 6-22). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 3,3 y 7,9%, con un promedio de 5,6%.

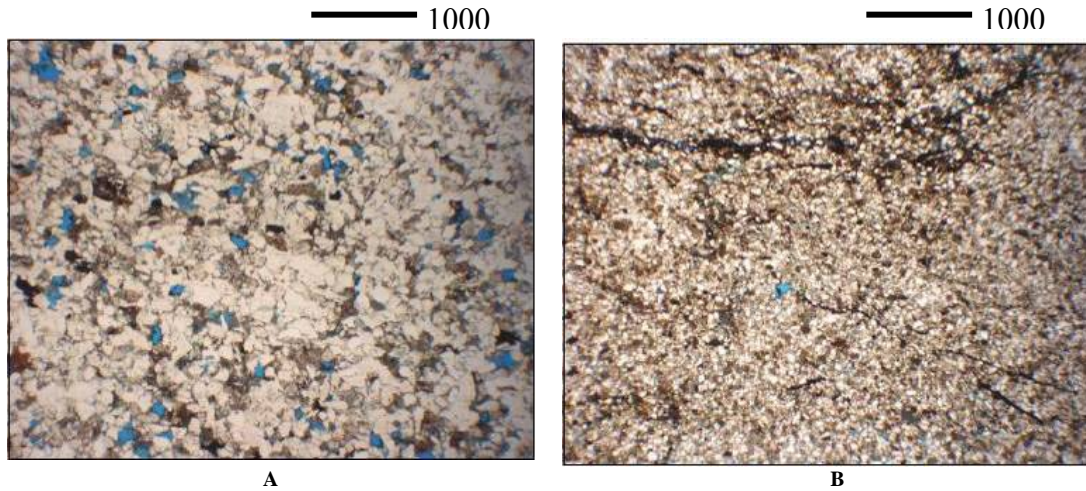


Figura 6-22. Secciones delgadas en nicelos paralelos de las arenitas del Miembro La Leona de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-RR-003 de sublitoarenita, con porosidad visual de 2,6%, y B) Muestra RG-RR-004B de sublitoarenita con una porosidad visual de 5,6%.

Comentarios: El bajo contenido de líticos y el aumento en la matriz detrítica, sugiere procesos erosivos.

6.2.3.4 Miembro La Rampla

Del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte, se seleccionaron 16 muestras para análisis petrográfico, discriminadas así: En la Sección Río Guachinte, 9 (Figura 6-16), en la Sección Río Guachinte Norte, 5 (Figura 6-23) y en la Sección Río Guachinte Techo, 2 (Figura 6-24), (Tabla 6-9 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas de la Formación La Rampla se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 58,7 y 95,0% con un promedio de 78,9%; el feldespato oscila entre trazas y 4,0% con un promedio de 1,0% y líticos que oscilan entre trazas y 10,0% con promedio de 5,9% (Figura 6-16 y Figura 6-23).

Clasificación de arenitas: Al graficar las 16 arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen 10 sublitoarenitas y 6 cuarzoarenitas (Figura 6-25).

Mayores constituyentes: El principal constituyente es el cuarzo monocristalino (72,2% promedio) y menos frecuente el policristalino (6,7% promedio). En los feldespatos, el potásico constituye el 1,0%, sin registro de plagioclasa. Los constituyentes principales de los líticos son: No diferenciados (3,2% promedio), sedimentarios (0,9% promedio) y chert (0,9% promedio).

Tabla 6-9. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.

SECCIÓN RÍO GUACHINTE					
Muestra ID	RG-DR-100	RG-DR-112	RG-RR-026	RG-RR-030	RG-RR-035
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita Limosa	Arenita	Arenita Carbonosa	Arenita	Arenita
Metro (m)	338.0	356.0	383.4	394.2	405.5
% DE MINERALES DETRÍTICOS					
Cuarzo	58.7	81.7	74.0	80.0	70.3
Monocristalino	58.7	79.0	73.3	76.3	40.0
Policristalino	Tr	2.7	0.7	3.7	30.3
Feldespato	4.0	2.3	Tr	0.7	3.7
Potásico	4.0	2.3	Tr	0.7	3.7
Plagioclasa		Tr			Tr
Fragmentos Líticos	5.7	8.3	1.3	9.0	6.0
Sedimentario	1.0	1.3	0.3	0.3	1.0
Chert (Cuarzo Microcristalino)	Tr	2.7	0.3	5.0	3.7
Ígneo					
Metamórfico					
Volcánico					
Indiferenciado	4.7	4.3	0.7	3.7	1.3
Mica	1.7	0.0	0.3	1.0	2.3
Moscovita	1.7		0.3	1.0	2.3
Biotita					
Clorita					
Matriz Detritica / Arcillas Intergranulares	15.7	2.3	3.3	4.3	12.0
Arcillas heredables					
Glauconita					
Bioclastos					
Ooídos					
Hornblenda					
Piroxeno (Ortho- Clino-)					
Material Carbonáceo	12.3	Tr	20.7		
Opacos Detríticos					
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS					
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento				Tr	
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)					
Chert					
Cemento Fosfático					
Barita					
Hidrocarburos (?Bitumen)					
Carbonatos	0.0	0.0	0.0	Tr	0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	1.0	2.3	0.3	5.0	5.7
Opacos	1.0	3.0	Tr	Tr	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)		3.0			
No-Resoluble & Hematita	1.0	Tr	Tr	Tr	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	2.0	5.3	0.3	5.0	5.7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	1.4	14.0	1.9	12.2	6.0
% DE POROSIDAD TOTAL	0.1	9.0	1.9	8.5	1.3
POROSIDAD PRIMARIA	0.1	4.0	1.9	5.0	0.7
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	5.0	Tr	3.5	0.6

(continuación)

SECCIÓN RÍO GUACHINTE				
Muestra ID	RG-RR-036	RG-DR-127	RG-DR-140	RG-DR-147
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	407,3	421,5	440,8	451,5
% DE MINERALES DETRÍTICOS				
Cuarzo	65,3	77,0	89,7	78,0
Monocristalino	62,3	72,3	84,0	71,7
Policristalino	3,0	4,7	5,7	6,3
Feldespatos	0,3	Tr	Tr	3,7
Potásico	0,3	Tr	Tr	3,7
Plagioclasa				
Fragmentos Líticos	10,0	10,0	3,6	5,7
Sedimentario	2,0	2,0	0,3	1,7
Chert (Cuarzo Microcristalino)	1,3	1,3	2,3	0,3
Ígneo				
Metamórfico				
Volcánico				
Indiferenciado	6,7	6,7	1,0	3,7
Mica	1,0	0,7	Tr	Tr
Moscovita	1,0	0,7	Tr	Tr
Biotita				
Clorita				
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	6,0	4,3	Tr	Tr
Arcillas heredables				
Glaucanita				
Bioclastos	Tr			
Oxidos				
Hornblenda				
Piroxeno (Ortho- Clino-)				
Material Carbonáceo	1,3	0,7		
Opacos Detríticos				
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS				
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr	1,0	Tr	Tr
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)				
Chert				
Cemento Fosfático				
Barita				
Hidrocarburos (?Bitumen)			Tr	
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerales Arcillosos Autigénicos	2,0	6,3	5,3	12,7
Opacos	14,0	Tr	1,3	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)	4,0	Tr		
No-Resoluble & Hematita	10,0	Tr	1,3	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	16,0	7,3	6,6	12,7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	15,2	4,6	5,5	10,3
% DE POROSIDAD TOTAL	0,9	1,3	0,9	0,9
POROSIDAD PRIMARIA	0,9	0,7	0,6	0,6
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0,6	0,3	0,3

(continuación)

	SECCIÓN RÍO GUACHINTE NORTE					SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO				
Muestra N°	RGN-JJ-016	RGN-JJ-037	RGN-JJ-036	RGN-JJ-034	RGN-JJ-060	RGT-RR-078	RGT-DR-166			
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita Carbonosa	Arenita	Arenita	Arenita			
Metro (m)	21,0	36,5	39,5	43,5	97,0	43,6	77,0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS								Min	Max	Prom.
Cuarzo	90,0	95,0	84,7	74,3	80,0	69,7	94,0	58,7	95,0	78,9
Monocristalino	70,3	91,7	78,0	72,0	73,3	62,7	89,0	40,0	91,7	72,2
Policristalino	19,7	3,3	6,7	2,3	6,7	7,0	5,0	0,7	30,3	6,7
Feldespato	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	1,0	0,3	4,0	1,0
Potásico	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	1,0	0,3	4,0	1,0
Plagioclasa										
Fragmentos Líticos	1,3	1,3	8,0	3,3	8,3	8,3	3,7	1,3	10,0	5,9
Sedimentario	Tr	Tr	0,7	Tr	2,7	0,7	0,3	2,7	0,9	
Chert (Cuarzo Microcristalino)	Tr	0,3	3,0	0,3	1,3	5,3	2,0	0,3	5,3	1,8
Igneo										
Metamórfico										
Volcánico										
Indiferenciado	1,3	1,0	4,3	3,0	4,3	2,3	1,7	0,7	6,7	3,2
Mica	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	2,3	0,4
Moscovita	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr		0,3	2,3	0,4
Biotita										
Clorita										
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	2,0	Tr	1,3	Tr	3,0	6,3	Tr	1,3	15,7	3,8
Arcillas heredables										
Glauconita										
Biochastos										
Ooides										
Hornblenda										
Piroxeno (Ortho- Clino-)										
Material Carbonáceo	1,7			1,7	Tr	1,7		0,7	20,7	2,5
Opacos Detríticos								0,0	0,0	0,0
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS										
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	1,0	1,0	0,1
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)										
Chert										
Cemento Fosfático										
Barita										
Hidrocarburos (?Bitumen)										
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Minerales Arcillosos Autigénicos	5,0	3,7	5,7	2,7	3,7	8,6	1,3	0,3	12,7	4,5
Opacos	Tr	Tr	0,3	18,0	5,0	5,3	Tr	0,3	18,0	3,0
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)				Tr	Tr			3,0	4,0	0,4
No-Resoluble y Hematita	Tr	Tr	0,3	18,0	5,0	5,3	Tr	0,3	18,0	2,6
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	5,0	3,7	6,0	20,7	8,7	13,9	1,3	0,3	20,7	7,5
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	4,0	6,6	8,2	19,3	7,6	14,2	5,1	1,4	19,3	8,5
% DE POROSIDAD TOTAL	0,3	2,9	3,2	0,6	0,3	2,9	4,1	0,1	9,0	2,4
POROSIDAD PRIMARIA	0,3	2,3	2,0	0,6	0,3	1,9	2,6	0,1	5,0	1,5
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0,6	1,2	Tr	Tr	1,0	1,5	0,3	5,0	0,9

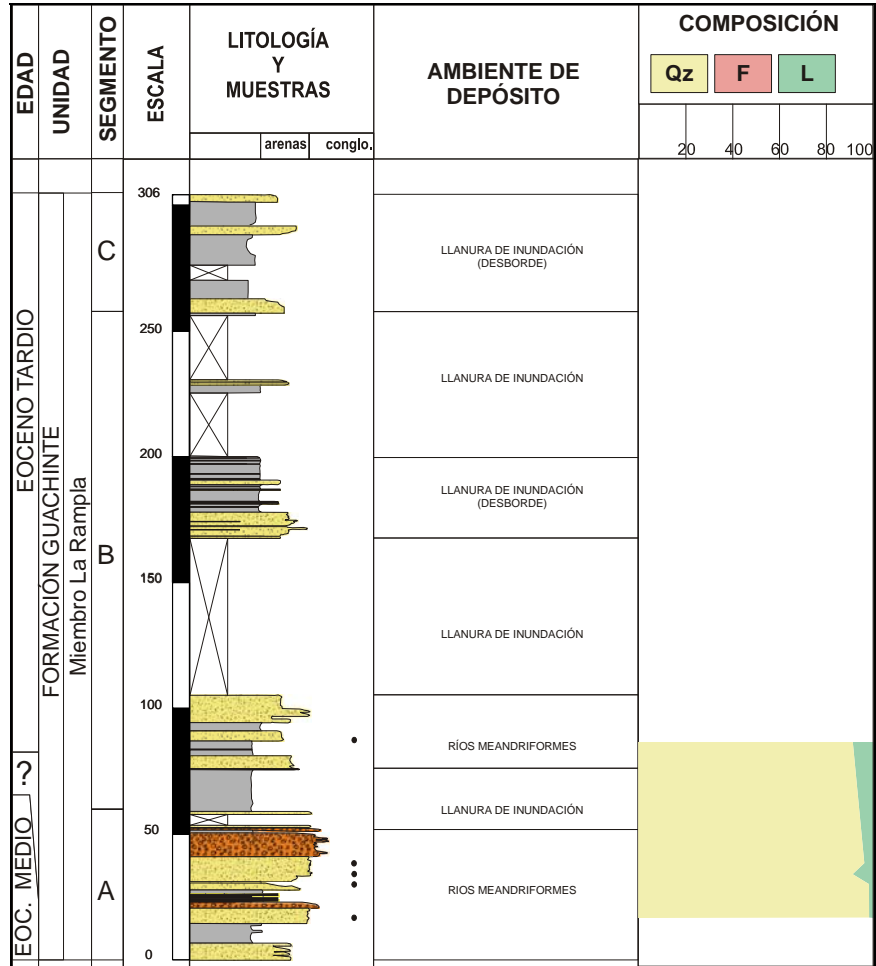


Figura 6-23. Perfil composicional en la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.

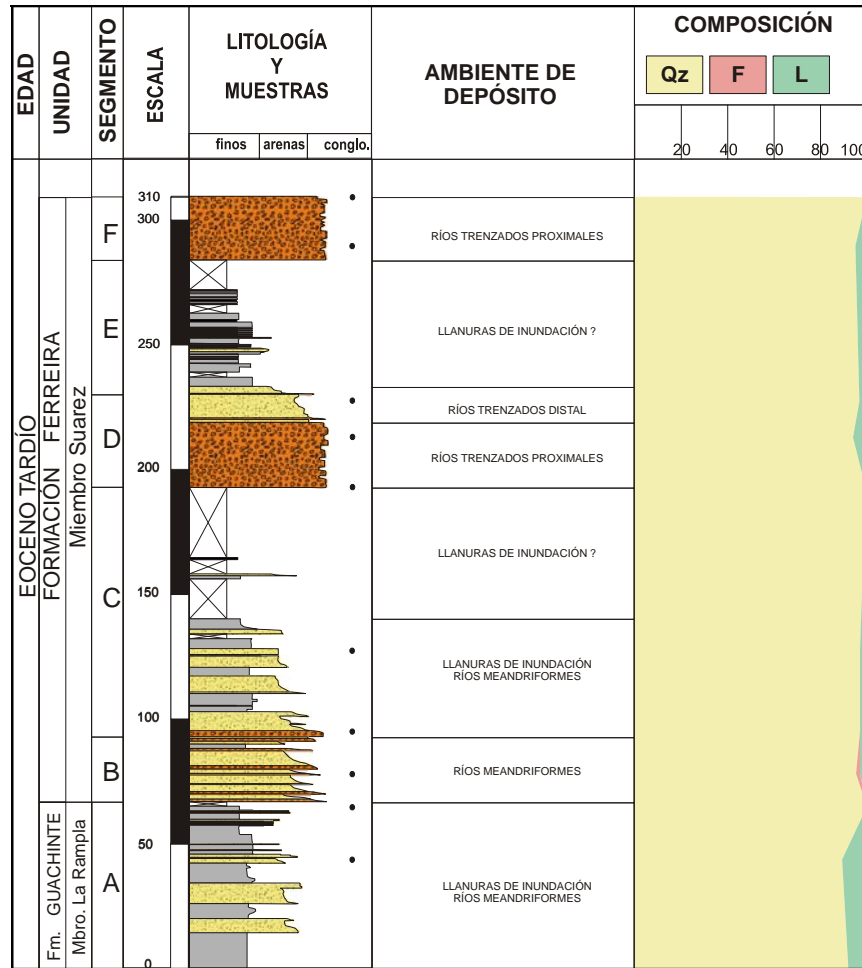


Figura 6-24. Perfil composicional en la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

Otros constituyentes: Micas (moscovita promedio 0,4%), algunas muestras con matriz detrítica (3,8%) y material carbonoso (2,5%).

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 1,3 y 8,6% con un promedio de 4,5%. Opacos diagenéticos no identificados que oscilan entre trazas y 18,0% con un promedio de 3,0% y algunas muestras con sobrecrecimiento de cuarzo <1,0%.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte, varía entre 0,1 y 9,0% con un promedio de 2,4%, de las cuales la porosidad primaria tiene en promedio 1,5% y la porosidad secundaria 0,9 en promedio (Figura 6-26). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 1,4 y 19,3% con un promedio de 8,5%.

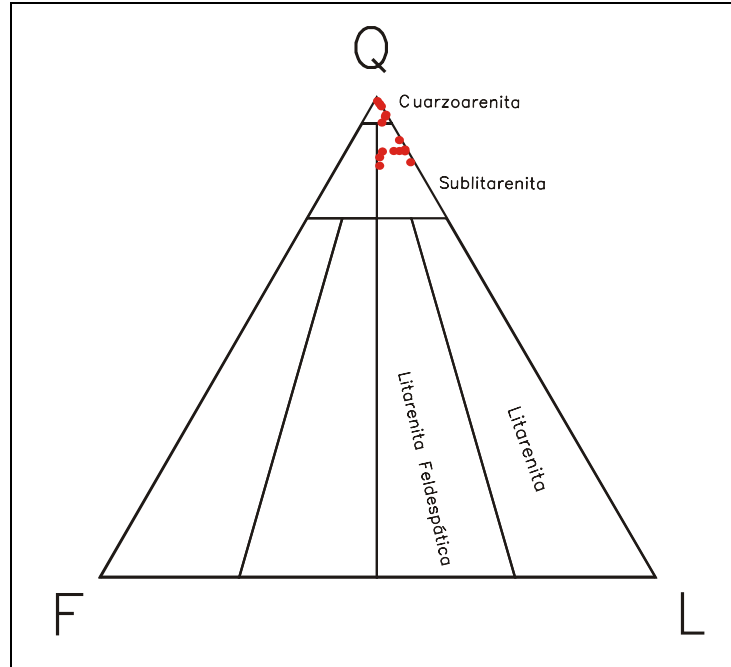


Figura 6-25. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.

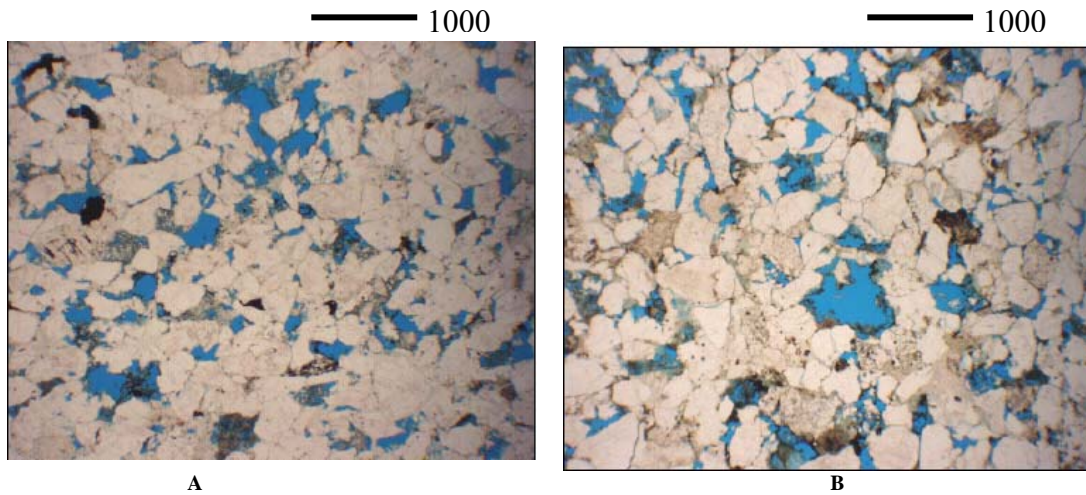


Figura 6-26. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte. A) Muestra RG-DR-112 de sublitoarenita, con porosidad visual de 9,1%, y B) Muestra RG-RR-030 de sublitoarenita con una porosidad visual de 8,5%.

Comentarios: El aumento en el contenido de cuarzo metamórfico y la disminución en el contenido de líticos, evidencia un cambio en la zona de aporte, el sobrecrecimiento de cuarzo sugiere procesos diagenéticos que pueden afectar la porosidad en las arenitas.

6.2.4 FORMACIÓN FERREIRA

6.2.4.1 Miembro Suárez

Del Miembro Suárez de la Formación Ferreira, se seleccionaron 8 muestras para análisis petrográfico todas ellas de la Sección Guachinte Techo (Figura 6-24), (Tabla 6-10 y Anexo 11).

Tabla 6-10. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Suárez de la Formación Ferreira.

SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO				
Muestra ID	RGT-DR-169	RGT-RR-083	RGT-RR-101	RGT-RR-103
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	77.0	94.0	126.5	194.5
% DE MINERALES DETRÍTICOS				
Cuarzo	99.7	87.7	89.3	97.7
Monocristalino	72.0	79.7	82.0	6.0
Policristalino	27.7	8.0	7.3	91.7
Feldespatos	Tr	Tr	Tr	Tr
Potásico	Tr	Tr	Tr	Tr
Plagioclasa				
Fragmentos Líticos	Tr	3.3	3.0	0.3
Sedimentario		0.3		0.3
Chert (Cuarzo Microcristalino)	Tr	1.7	1.7	
Igneo				
Metamórfico				
Volcánico				
Indiferenciado	Tr	1.3	1.0	0.3
Mica	Tr	Tr	Tr	0.3
Moscovita	Tr	Tr	Tr	0.3
Biotita				
Clorita				
Matriz Detritica / Arcillas Intergranulares	Tr	1.7	Tr	Tr
Arcillas heredables				
Glaucionita				
Bioclastos				
Ooides				
Hornblenda				
Piroxeno (Ortho- Clino-)				
Material Carbonáceo		1.7	1.3	
Opacos Detriticos				
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS				
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr	Tr	Tr	Tr
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)				
Chert				
Cemento Fosfático				
Barita				
Hidrocarburos (?Bitumen)				
Carbonatos	0.0	0.0	0.0	0.0
Minerales Arcillosos Autigénicos	0.3	5.7	6.3	1.3
Opacos	Tr	Tr	Tr	0.3
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)				
No-Resoluble & Hematita	Tr	Tr	Tr	0.3
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	0.3	5.7	6.3	1.6
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTA	0.6	3.6	5.6	1.2
% DE POROSIDAD TOTAL	0.3	0.6	1.6	0.3
POROSIDAD PRIMARIA	0.3	0.3	1.0	0.3
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0.3	0.6	Tr

(continuación)

<i>SECCIÓN RÍO GUACHINTE TECHO</i>							
Muestra N°	RGT-RR-114	RGT-RR-120	RGT-RR-127	RGT-RR-139			
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita			
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita con Guijas de Cuarzo			
Metro (m)	212,0	227,0	287,0	309,5			
% DE MINERALES DETRÍTICOS							
Cuarzo	91,0	85,3	87,7	97,3	85,3	99,7	92,0
Monocristalino	65,7	81,0	83,0	97,3	6,0	97,3	70,8
Policristalino	25,3	4,3	4,7	Tr	4,3	91,7	21,1
Feldespatos	Tr	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0	0,0
Potásico	Tr	Tr	Tr				
Plagioclasa							
Fragmentos Líticos	6,3	3,3	4,3	0,0	0,0	6,3	2,6
Sedimentario		0,3	0,7		0,3	0,7	0,2
Chert (Cuarzo Microcristalino)	4,0	2,0	1,3		1,3	4,0	1,3
Ígneo							
Metamórfico							
Volcánico							
Indiferenciado	2,3	1,0	2,3		0,3	2,3	1,0
Mica	0,0	0,3	Tr	0,0	0,0	0,3	0,1
Moscovita		0,3	Tr		0,3	0,3	0,1
Biotita							
Clorita							
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	0,3	Tr	Tr		0,3	1,7	0,3
Arcillas heredables							
Glauconita							
Bioclastos							
Ooides							
Hornblenda							
Piroxeno (Ortho- Clino-)							
Material Carbonáceo		3,0			1,3	3,0	0,8
Ópacos Detríticos							
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr		0,0	0,0	0,0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS							
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento			0,3	2,7	0,3	2,7	0,4
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)							
Chert							
Cemento Fosfático							
Barita							
Hidrocarburos (?Bitumen)							
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0			
Minerales Arcillosos Autigénicos	2,3	8,0	7,7	0,0	0,0	8,0	4,0
Ópacos	Tr	Tr	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)							
No-Resoluble y Hematita	Tr	Tr			0,3	0,3	0,0
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	2,3	8,0	8,0	2,7	0,3	8,0	4,4
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	2,6	6,2	8,2	2,7	0,6	8,2	3,8
% DE POROSIDAD TOTAL	0,6	1,9	2,9	0,0	0,0	2,9	1,0
POROSIDAD PRIMARIA	0,6	1,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0,9	0,9	Tr	0,3	0,9	0,3

Composición principal: Las arenitas del Miembro Suárez de la Formación Ferreira se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 85,3 y 99,7% con un promedio de 92,0%; el feldespato varía entre 0,0% y trazas; los líticos oscilan entre trazas y 6,3% con promedio de 2,6% (Figura 6-24).

Clasificación de arenitas: Al graficar las 8 arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se observa un predominio en cuarzoarenita, en donde se obtienen siete cuarzoarenitas y una sublitoarenita (Figura 6-27).

Mayores constituyentes: El principal constituyente es el cuarzo monocristalino (70,8% promedio) y en menor proporción el policristalino (21,1% promedio). El feldespato

potásico sólo está en trazas. Los líticos están constituidos por: chert (1,3%), no diferenciados (1,0% promedio) y sedimentarios (0,2% promedio).

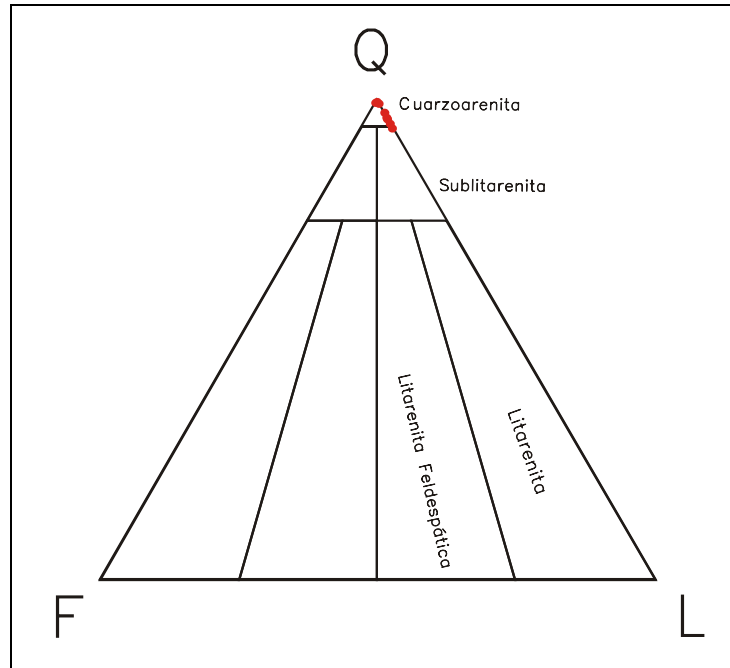


Figura 6-27. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Suárez de la Formación Ferreira.

Otros constituyentes: Material carbonáceo (0,8%), algunas muestras con matriz detrítica (0,3%) y escasas micas (0,1%).

Constituyentes diagenéticos: Minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 0,0 y 8,0% y sobrecrecimientos de cuarzo de 0,4% (promedio).

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Suárez de la Formación Ferreira varía entre 0,0 y 2,9% con un promedio de 1,0%, de las cuales la porosidad primaria tiene un promedio de 0,7% y la porosidad secundaria 0,3% (promedio), (Figura 6-28). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 0,6 y 8,2% con un promedio de 3,8%.

Comentarios: Un aumento en el contenido de cuarzo metamórfico y la disminución en el contenido de líticos, en el Miembro Suárez de la Formación Ferreira, evidencia un cambio en la zona de aporte; el sobrecrecimiento de cuarzo sugiere procesos diagenéticos que pueden afectar la porosidad de las arenitas.

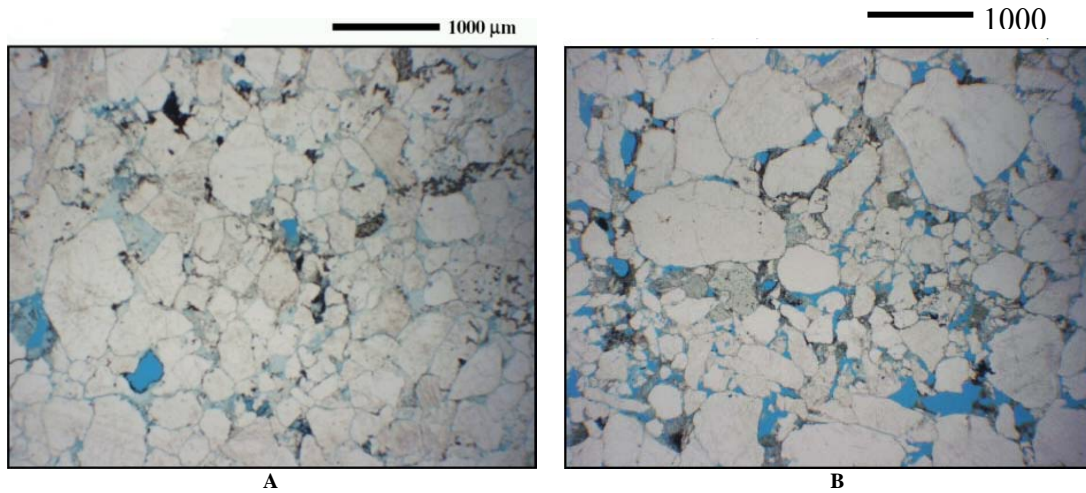


Figura 6-28. Secciones delgadas en niculos paralelos de las arenitas del Miembro Suárez de la Formación Ferreira. A) Muestra RGT-RR-120 de cuarzoarenita, con porosidad visual de 1,9%, y B) Muestra RGT-RR-127 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 2,9%.

SECTOR PATÍA

6.2.5 GRUPO DIABÁSICO

Se analizó una muestra de la Sección Río Esmita (Figura 6-29), la cual se clasificó como Hornfelsa (Anexo 11). La muestra está constituida por andalusita (35,7%), plagioclasa (29,3%), sanidina 7,0%, cordierita (2,0%) y moscovita (2,0%) todo dentro de una matriz de vidrio (15,0%); también calcita (3,0%) rellenando fracturas, zeolitas (1,0%) y arcillas indeterminadas (5,0%).

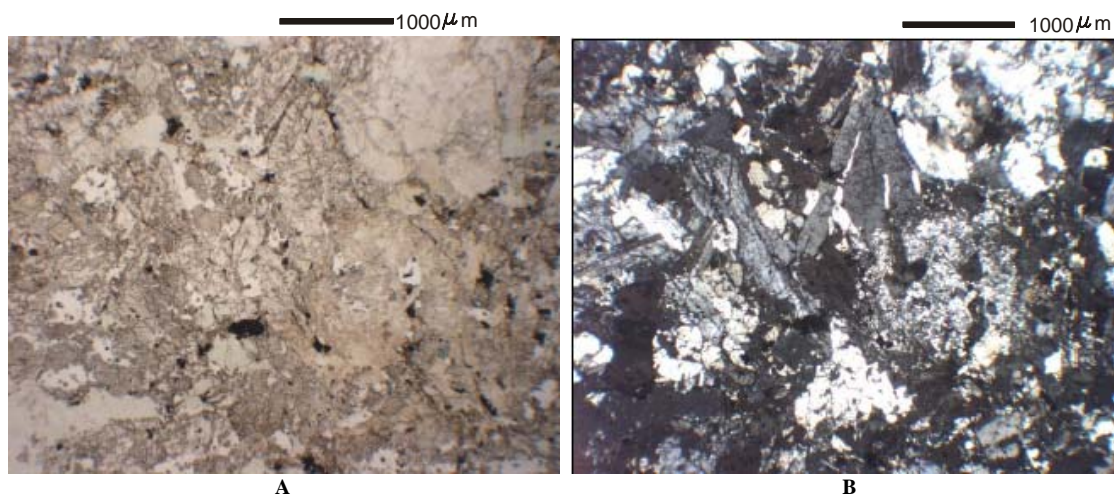


Figura 6-29. Sección delgada del Grupo Diabásico (muestras RE-RR-002).

6.2.6 FORMACIÓN PEÑA MORADA.

6.2.6.1 MIEMBRO CONGLOMERÁTICO

Del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada se seleccionaron dos muestras para análisis petrográfico en la Sección Río Esmita (Tabla 6-11 y Anexo 11).

Tabla 6-11. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada.

Muestra N°	SECCIÓN RÍO ESMITA		Min	Max	Prom.
	RE-JR-050	RE-JR-052			
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita	Litoarenita			
Litología Dominante	Arenita conglomerática	Arenita			
Metro (m)	88.8	92.0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS					
Cuarzo	9.0	2.7	2.7	9.0	5.9
Monocristalino	9.0	2.7	2.7	9.0	5.9
Policristalino					
Feldespato	0.7	0.3	0.3	0.7	0.5
Potásico					
Plagioclasa	0.7	0.3	0.3	0.7	0.5
Fragmentos Líticos	80.3	82.4	80.3	82.4	81.4
Sedimentario	68.0	82.4	68.0	82.4	75.2
Chert (Cuarzo Microcristalino)					
Ígneo					
Metamórfico					
Volcánico					
Indiferenciado	12.3		12.3	12.3	6.2
Mica	0.0	0.3	0.0	0.3	0.2
Moscovita		0.3	0.3	0.3	0.2
Biotita					
Clorita					
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	8.3	4.3	4.3	8.3	6.3
Arcillas heredables					
Glauconita					
Bioclastos					
Ooides					
Hornblenda					
Piroxeno (Ortho- Clino-)					
Material Carbonáceo	0.7	3.0	0.7	3.0	1.9
Opacos Detríticos	0.7	2.0	0.7	2.0	1.4
Minerales Pesados	0.3		0.3	0.3	0.2
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS					
Carbonatos	0.0	0.0			
Minerales Arcillosos Autigénicos	0.0	0.0			
Evaporites	0.0	0.0			
Opacos	0.0	0.0			
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	0.0	0.0			
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTAC	0.0	0.0			
% DE POROSIDAD TOTAL	0.0	0.0			
POROSIDAD PRIMARIA	0.0	0.0			
POROSIDAD SECUNDARIA	0.0	0.0			

Composición principal: Las arenitas del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada se componen de cuarzo que varía entre 2,7 y 9,0%, con un promedio de 5,9%; feldespato que varía entre 0,3 y 0,7% con un promedio de 0,5% y líticos con promedio de 81,4% (Figura 6-30 y Figura 6-31).

Clasificación de arenitas: Las dos muestras analizadas corresponden a litoarenitas.

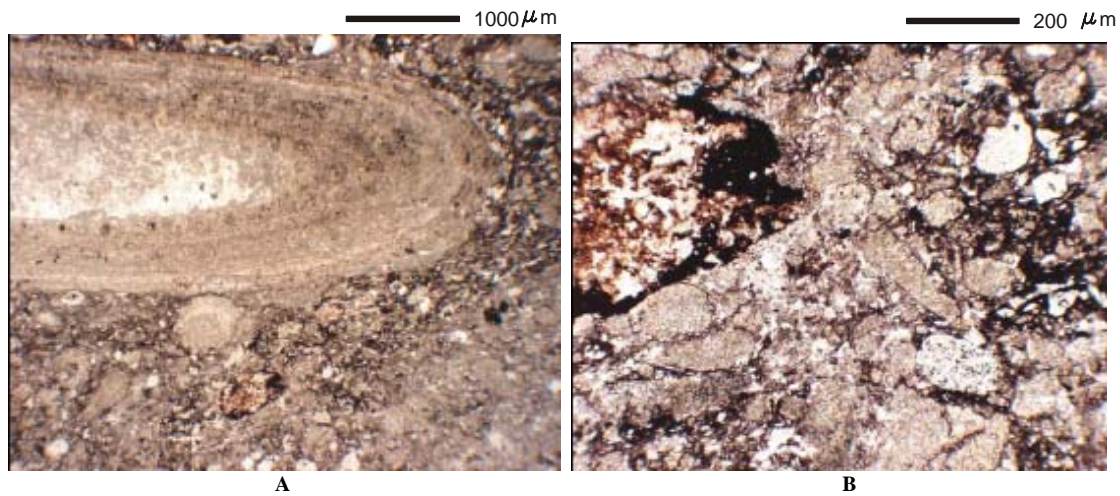


Figura 6-30. Secciones delgadas en nicoles paralelos del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada (muestras RE-JR-050).

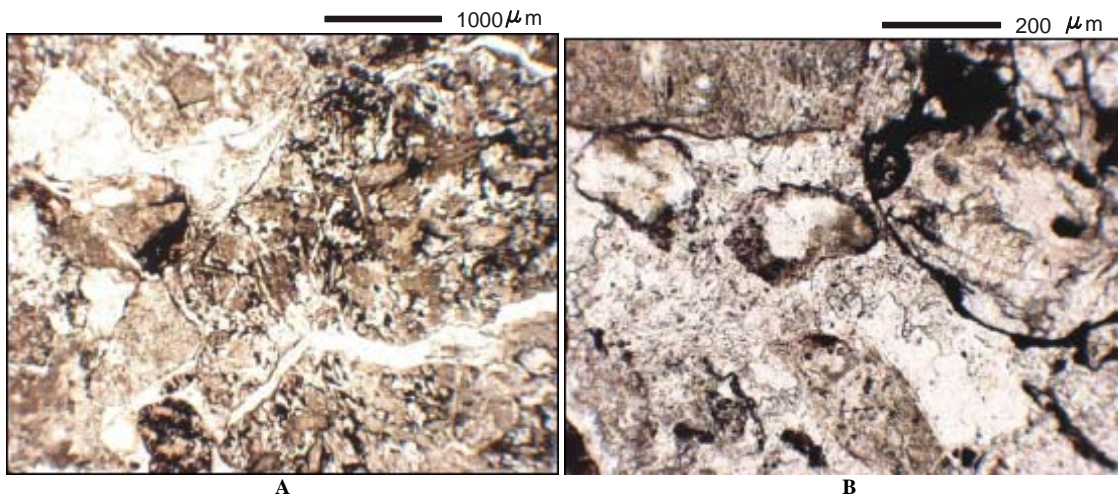


Figura 6-31. Secciones delgadas en nicoles paralelos del Miembro Conglomerático de la Formación Peña Morada (muestras RE-JR-052)

Mayores constituyentes: El cuarzo es solo monocristalino y está presente con 5,9% (promedio). En los feldespatos el único tipo presente es la plagioclasa (0,5% promedio). Los principales constituyentes de los líticos son: sedimentarios de micrita (75,2% promedio) y líticos no diferenciados (6,2% promedio).

Otros constituyentes: Mica (0,2% promedio), matriz detrítica (6,3% promedio) material carbonáceo (1,9% promedio), opacos detríticos (1,4% promedio) y minerales pesados (0,2%). Minerales diagenéticos no están presentes.

Porosidad: No se detectó porosidad visual primaria ni secundaria.

Comentarios: Las muestras analizadas corresponden a la base del Miembro Conglomerático y sugiere la erosión de la unidad inferior, Miembro Calcáreo. De acuerdo a la descripción macroscópica hay una mayor proporción de rocas volcánicas (basaltos y diabasas) dentro de los clastos conglomeráticos y menor proporción, dentro de las lodolitas arenosas y arenitas.

6.2.7 FORMACIÓN MOSQUERA

De la Formación Mosquera se seleccionaron 15 muestras para análisis petrográfico, discriminadas así: en la sección El Boquerón 3 (Figura 6-32), en la Sección Río Esmita (Sector Fm Mosquera) 1, en la Sección Quebrada La Despensa 5 (Figura 6-33) y en la Sección Quebrada Guanabanal 6 (Figura 6-34), (Tabla 6-12 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas de la Formación Mosquera se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 66 y 89% con promedio de 81,1%, feldespato que oscila entre 0 y 2%, con promedio de 0,4% y líticos que oscilan entre 0 y 9% con promedio de 3,2% (Figura 6-32, Figura 6-33 y Figura 6-34).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtiene un predominio en las cuarzoarenitas, con 11 cuarzoarenitas y 4 sublitoarenitas (Figura 6-35).

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo dominante es el monocristalino (67,0% promedio) con menor proporción de cuarzo policristalino (14,1% promedio). En los feldespatos la plagioclasa tiene 0,3% en promedio y el feldespato potásico representa sólo el 0,1% en promedio. Los principales constituyentes de los líticos son: metamórficos (1,1% promedio), no diferenciados (0,9% promedio), sedimentarios (0,6% promedio), chert (0,4% promedio) y volcánico (0,2%).

Otros constituyentes: Micas (moscovita, promedio 0,5%), algunas muestras con matriz detrítica (0,3% promedio), bioclastos (0,2% promedio), material carbonáceo (0,1% promedio) y opacos detríticos (0,1% promedio).

Constituyentes diagenéticos: Los minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 0,7 y 14,3% con un promedio de 8,7%; los carbonatos varían entre 0,0 y 19,0% con un promedio de 3,1%, y están presentes como relleno de poros y reemplazamiento; los opacos diagenéticos no identificados oscilan entre 0,7 y 11,0% con un promedio de 2,0 %; barita entre 0,3 y 0,7 %; sobrecrecimiento de cuarzo entre 0,7 y 1,3 con promedio de 0,2%.

Tabla 6-12. Resultados de análisis de petrografía para la Formación Mosquera.

Muestra ID	SECCIÓN EL BOQUERÓN			SECCIÓN RIO ESMITA (Sector Fm. Mosquera)
	EB-ER-013	EB-RR-007	EB-RR-020	RE-CD-008
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	73.5	126.3	157.5	33.0
% DE MINERALES DETRÍTICOS				
Cuarzo	85.3	81.0	85.0	86.0
Monocristalino	78.0	73.3	72.0	84.0
Policristalino	7.3	7.7	13.0	2.0
Feldespatos	2.3	Tr	Tr	0.7
Potásico	Tr			Tr
Plagioclasa	2.3	Tr	Tr	0.7
Fragmentos Líticos	2.0	2.3	4.0	2.7
Sedimentario	Tr	0.3	Tr	
Chert (Cuarzo Microcristalino)				
Igneo				
Metamórfico	1.3	1.7	3.0	2.7
Volcánico				
Indiferenciado	0.7	0.3	1.0	
Mica	0.7	0.3	Tr	2.7
Moscovita	0.7	0.3	Tr	2.7
Biotita				
Clorita				
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares		Tr	Tr	
Arcillas heredables				
Glauconita				
Bioclastos				
Oóides				
Hornblenda				
Piroxeno (Ortho- Clino-)				
Material Carbonáceo				
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	
Minerales Pesados			0.3	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS				
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento				
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)				
Chert				
Cemento Fosfático				
Barita		0.3		0.7
Hidrocarburos (?Bitumen)		Tr		
Carbonatos	0.0	0.0	0.0	0.3
Minerales Arcillosos Autigénicos	9.0	11.3	9.7	7.0
Opacos	0.7	4.7	1.0	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)				
No-Resoluble & Hematita	0.7	4.7	1.0	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	9.7	16.3	10.7	8.0
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	17.2	18.1	21.0	0.7
% DE POROSIDAD TOTAL	8.5	6.4	14.0	0.0
POROSIDAD PRIMARIA	8.0	5.7	13.7	0.0
POROSIDAD SECUNDARIA	0.5	0.7	0.3	0.0

(continuación)

SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL						
Muestra ID	QG-RR-002	QG-RR-011	QG-RR-012	QG-RR-016A	QG-RR-036	QG-RR-043
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita Limosa	Arenita
Metro (m)	4,5	28,5	29,5	49,5	151,4	185,0
% DE MINERALES DETRÍTICOS						
Cuarzo	87,7	80,7	87,7	86,0	70,0	74,7
Monocristalino	48,0	37,0	81,0	33,3	68,3	65,7
Policristalino	39,7	43,7	6,7	52,7	1,7	9,0
Feldespatos	Tr	0,7	Tr	Tr	1,0	0,3
Potásico	Tr	0,7	Tr	Tr		0,3
Plagioclasa					1,0	
Fragmentos Líticos	Tr	2,7	2,3	5,6	2,0	9,3
Sedimentario	Tr	2,0	Tr	Tr	1,3	2,0
Chert (Cuarzo Microcristalino)			0,3	3,3		3,0
Igneo						
Metamórfico						
Volcánico						
Indiferenciado	Tr	0,7	2,0	2,3	0,7	4,3
Mica	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	0,0
Moscovita			0,7		0,7	
Biotita						
Clorita						
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	1,0	Tr	Tr	Tr	3,0	Tr
Arcillas heredables						
Glauconita						
Bioclastos					2,3	
Ooides						
Hornblenda						
Piroxeno (Ortho- Clino-)						
Material Carbonáceo	0,7		Tr			0,7
Opacos Detríticos						
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS						
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	1,3	1,0				0,7
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)						
Chert						
Cemento Fosfático						
Barita						
Hidrocarburos (?Bitumen)						
Carbonatos	1,7	2,7	1,7	1,7	19,0	2,7
Minerales Arcillosos Autigénicos	7,0	11,0	7,3	2,3	0,7	11,7
Evaporitas	0,0	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0
Opacos	0,7	Tr	Tr	4,7	1,3	Tr
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)					1,0	
No-Resoluble & Hematita	0,7	Tr	Tr	4,7	0,3	Tr
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	10,7	16,0	9,3	8,7	21,0	15,1
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	10,9	12,5	8,5	8,7	3,0	15,3
% DE POROSIDAD TOTAL	3,2	0,9	3,2	0,3	0,0	9,6
POROSIDAD PRIMARIA	2,0	0,6	2,0	0,3	0,0	2,5
POROSIDAD SECUNDARIA	1,2	0,3	1,2	Tr	0,0	7,1

(continuación)

SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA								
Muestra N°	QD-ER-008	QD-ER-010	QD-ER-030	QD-RR-008	QD-RR-011			
Clasificación (Folk, 1980)	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita			
Litología Dominante	Arenita Calcárea	Arenita	Arenita Orgánica	Arenita	Arenita			
Metro (m)	20,5	24,8	61,0	106,0	168,0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS						Min	Max	Prom.
Cuarzo	66,0	89,0	77,0	82,3	77,7	66,0	89,0	81,1
Monocristalino	62,3	84,7	67,0	79,0	71,0	33,3	84,7	67,0
Policristalino	3,7	4,3	10,0	3,3	6,7	1,7	52,7	14,1
Feldespatos	Tr	0,0	0,0	Tr	1,0	0,0	2,3	0,4
Potásico					Tr	0,3	0,7	0,1
Plagioclasa	Tr			Tr	1,0	0,7	2,3	0,3
Fragmentos Líticos	3,7	0,3	0,7	6,3	4,0	0,3	9,3	3,2
Sedimentario	Tr		Tr	0,7	3,0	0,3	3,0	0,6
Chert (Cuarzo Microcristalino)						0,3	3,3	0,4
Igneo								
Metamórfico	1,0	0,3	0,7	4,3	1,0	0,3	4,3	1,1
Volcánico	2,7					2,7	2,7	0,2
Indiferenciado	Tr		Tr	1,3	Tr	0,3	4,3	0,9
Mica	1,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	2,7	0,5
Moscovita	1,0				1,7	0,3	2,7	0,5
Biotita								
Clorita								
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares		Tr		Tr	Tr	1,0	3,0	0,3
Arcillas heredables								
Glauconita								
Bioclastos						2,3	2,3	0,2
Ooides								
Hornblenda	0,3					0,3	0,3	0,0
Piroxeno (Ortho- Clino-)								
Material Carbonáceo						0,7	0,7	0,1
Opacos Detríticos	Tr	2,0	Tr	Tr	Tr	2,0	2,0	0,1
Minerales Pesados	Tr		Tr	Tr	Tr	0,3	0,3	0,0
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS								
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento						0,7	1,3	0,2
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)								
Chert								
Cemento Fosfático								
Barita	0,3				0,3	0,3	0,7	0,1
Hidrocarburos (?Bitumen)								
Carbonatos	15,7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	19,0	3,1
Minerales Arcillosos Autigénicos	12,3	7,0	11,4	8,3	14,3	0,7	14,3	8,7
Evaporitas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,1
Opacos	0,7	1,7	11,0	3,0	Tr	0,7	11,0	2,0
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)						1,0	1,0	0,1
No-Resoluble y Hematita	0,7	1,7	11,0	3,0	Tr	0,3	11,0	1,9
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	29,0	8,7	22,4	11,3	15,6	8,0	29,0	14,2
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	19,7	5,7	20,9	12,9	6,2	0,7	21,0	12,1
% DE POROSIDAD TOTAL	0,0	3,7	1,9	6,3	1,6	0,0	14,0	4,0
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	1,0	1,9	5,3	1,3	0,0	13,7	3,0
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	2,7	Tr	1,0	0,3	0,0	7,1	1,0

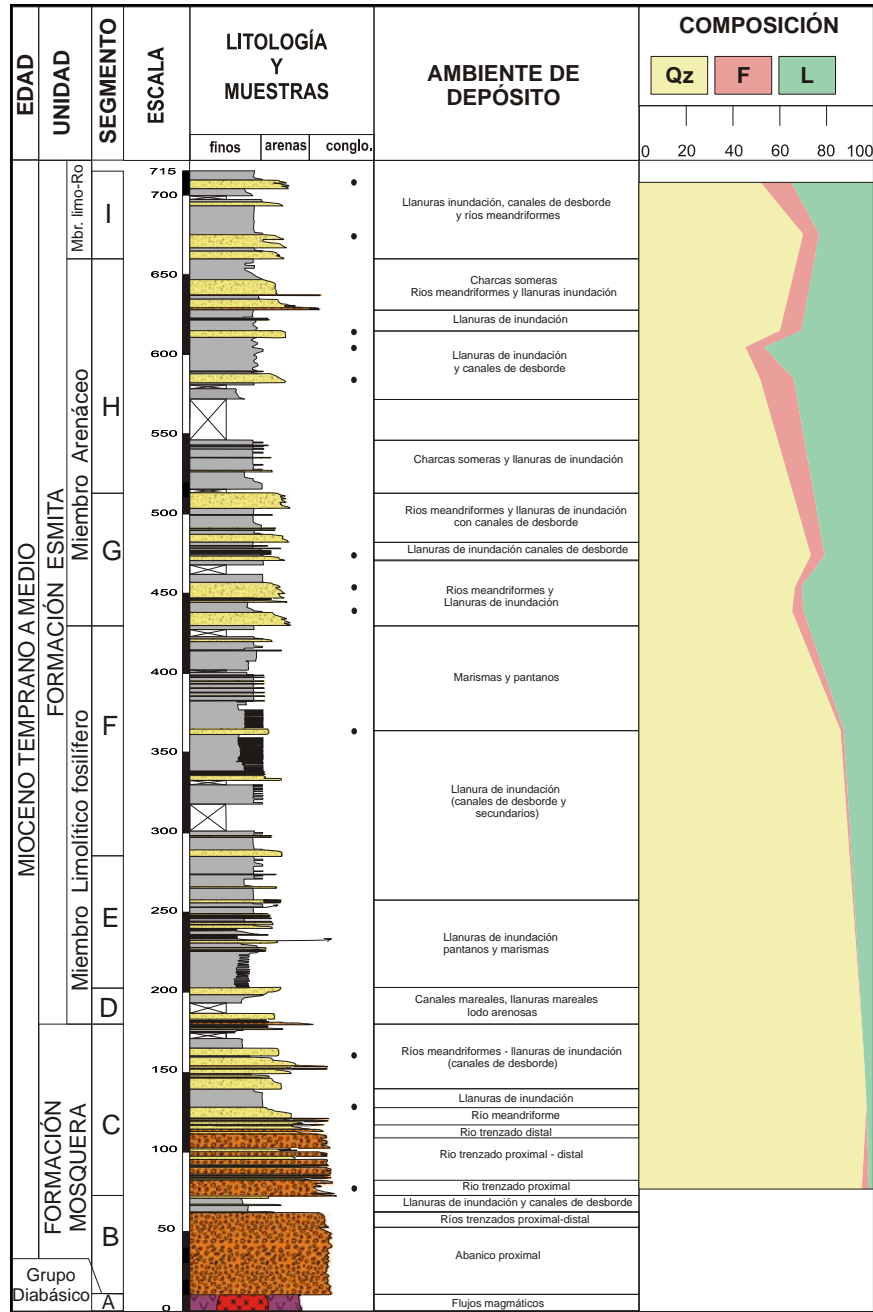


Figura 6-32. Perfil composicional en la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limilítico Fossilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

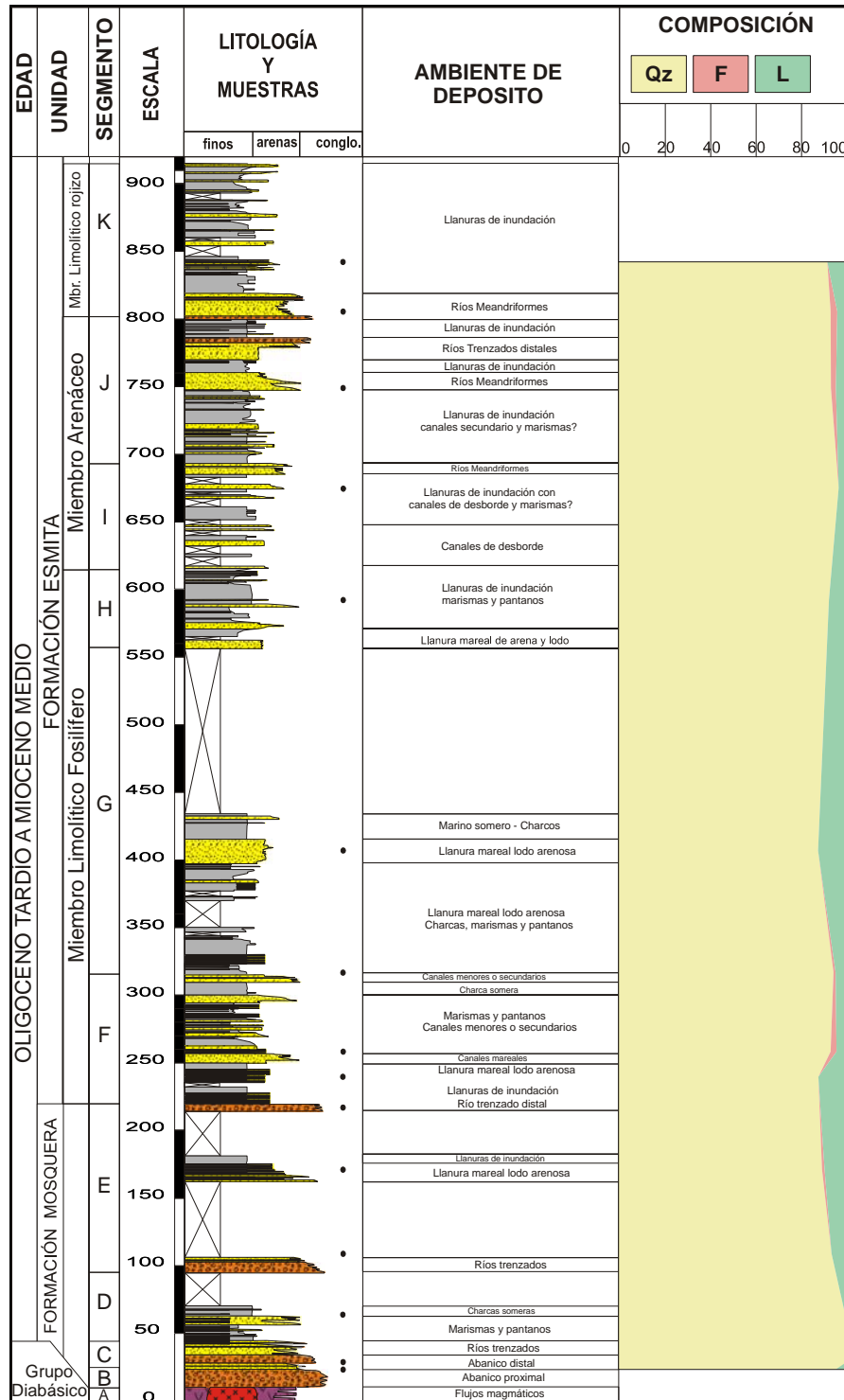


Figura 6-33. Perfil composicional de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

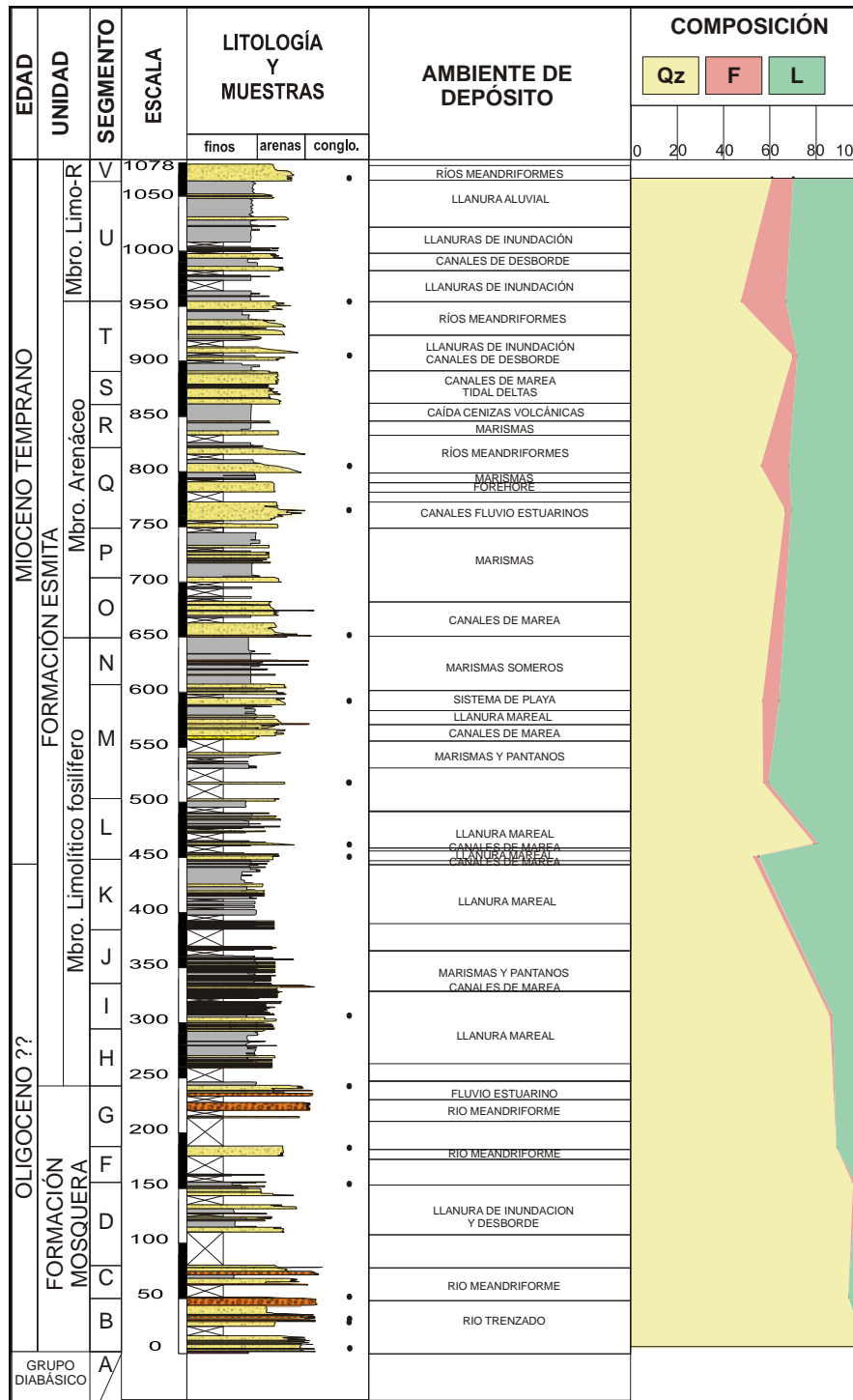


Figura 6-34. Perfil composicional de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras de la Formación Mosquera varía entre 0 y 14,0 % con un promedio de 4,0%, siendo la porosidad primaria de 3% en promedio y la porosidad secundaria del 1% en promedio (Figura 6-36). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 0,7 y 21,0% con un promedio de 12,1%.

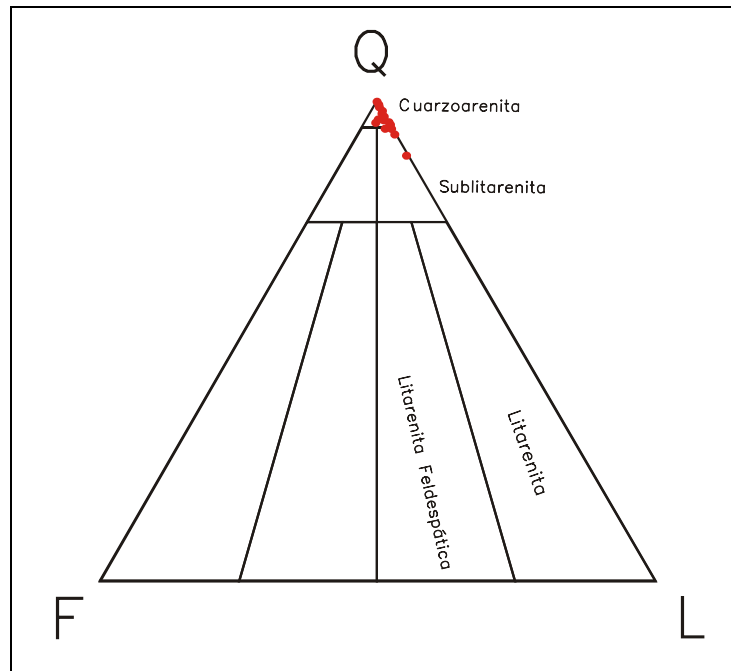


Figura 6-35. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), de la Formación Mosquera.

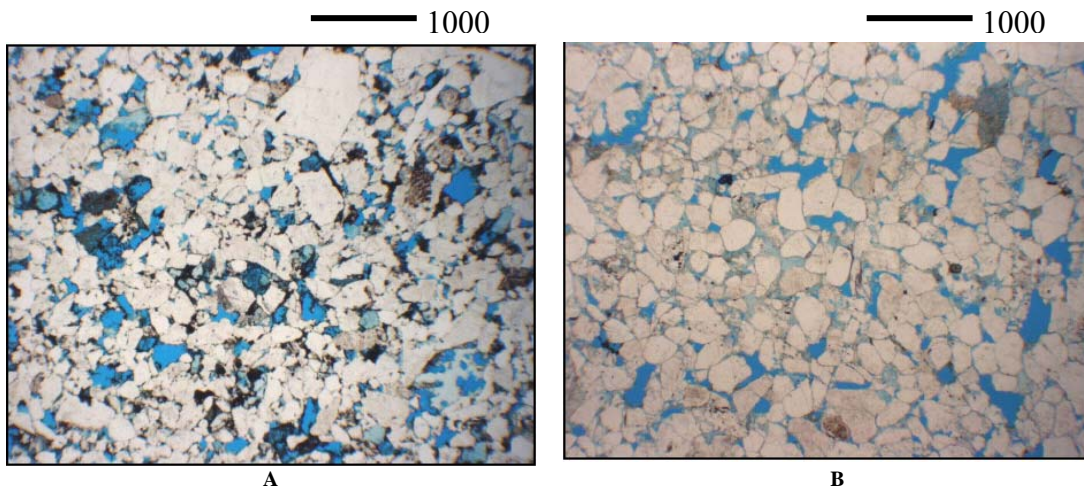


Figura 6-36. Secciones delgadas en nicoles paralelos de las arenitas de la Formación Mosquera. A) Muestra QG-RR-043 de sublitoarenita, con porosidad visual de 9,6%, y B) Muestra EB-RR-020 de cuarzoarenita con una porosidad visual de 14,0%.

Comentarios: Unidad con alto contenido de cuarzo policristalino, buena porosidad inicial, afectada por arcillas diagenéticas y cementación.

6.2.8 FORMACIÓN ESMITA

6.2.8.1 Miembro Limolítico Fosilífero

Del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita, se seleccionaron 10 muestras para análisis petrográfico, discriminadas así: en la Sección El Boquerón, 1 (Figura 6-32), en la Sección Quebrada La Despensa, 4 (Figura 6-33) y en la Sección Quebrada Guanabanal, 5 (Figura 6-34), (Tabla 6-13 y Anexo 11).

Tabla 6-13. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.

Muestra ID	SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL				
	QG-JE-022	QG-RD-020	QG-RD-023	QG-JE-052	QG-JE-061
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Litoarenita	Sublitoarenita	Litoarenita	Litoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	302.0	448.8	460.2	517.0	588.7
% DE MINERALES DETRÍTICOS					
Cuarzo	70.7	44.0	58.7	44.3	43.7
Monocristalino	70.0	40.7	54.7	44.0	40.0
Policristalino	0.7	3.3	4.0	0.3	3.7
Feldespatos	0.7	2.0	1.3	1.3	5.3
Potásico	0.7	1.3	Tr	Tr	Tr
Plagioclasa		0.7	1.3	1.3	5.3
Fragmentos Líticos	10.7	37.6	14.3	32.7	27.7
Sedimentario	4.7	22.3	2.3	4.7	12.7
Chert (Cuarzo Microcristalino)	1.0	4.0	4.7	4.3	5.3
Igneo					
Metamórfico					
Volcánico					
Indiferenciado	5.0	11.3	7.3	23.7	9.7
Mica	4.0	1.7	0.7	2.3	
Moscovita	4.0	1.7	0.7	2.3	0.7
Biotita					
Clorita					
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	0.7	Tr	Tr	1.3	Tr
Arcillas heredables					
Glauconita					
Bioclastos	Tr			1.3	
Ooïdes					
Hornblenda					
Piroxeno (Ortho- Clino-)					
Material Carbonáceo	Tr	Tr			
Ópacos Detríticos					
Minerales Pesados	Tr	Tr	Tr	Tr	0.3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS					
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento					
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)					
Chert					
Cemento Fosfático					
Barita					
Hidrocarburos (?Bitumen)					
Carbonatos	11.3	6.7	21.3	15.3	17.7
Minerales Arcillosos Autigénicos	2.3	8.0	3.0	0.7	4.7
Ópacos	0.7	Tr	0.7	0.7	0.7
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)	Tr				
No-Resoluble & Hematita	0.7	Tr	0.7	0.7	0.7
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	14.3	14.7	25.0	16.7	23.1
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTA	1.0	0.0	2.0	4.0	10.7
% DE POROSIDAD TOTAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
POROSIDAD PRIMARIA	0.0	0.0	Tr	0.0	0.3
POROSIDAD SECUNDARIA	0.0	0.0	Tr	0.0	Tr

(continuación)

Muestra N°	SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA				SECCIÓN EL BOQUERÓN	Min	Max	Prom.
	QD-RR-025	QD-RR-034	QD-RR-044	QD-RR-074	EB-ER-074			
Clasificación (Folk, 1980)	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita			
Litología Dominante	Arenita con Siderita	Arenita Calcárea	Arenita	Arenita con Calcita	Arenita			
Metro (m)	236,5	254,2	313,5	403,0	363,0			
% DE MINERALES DETRÍTICOS								
Cuarzo	66,0	68,0	86,7	69,3	77,7	43,7	86,7	62,9
Monocristalino	61,3	63,3	74,7	67,0	73,0	40,0	74,7	58,9
Policristalino	4,7	4,7	12,0	2,3	4,7	0,3	12,0	4,0
Feldespato	0,3	1,7	0,7	0,3	1,3	0,3	5,3	1,5
Potásico		Tr		Tr		0,7	1,3	0,2
Plagioclasa	0,3	1,7	0,7	0,3	1,3	0,3	5,3	1,3
Fragmentos Líticos	9,3	3,7	5,3	10,3	11,3	3,7	37,6	16,3
Sedimentario	5,7	0,7	1,3	0,7	3,7	0,7	22,3	5,9
Chert (Cuarzo Microcristalino)						1,0	5,3	1,9
Igneo								
Metamórfico	1,3	2,0	2,3	8,3	6,3	1,3	8,3	2,0
Volcánico								0,0
Indiferenciado	2,3	1,0	1,7	1,3	1,3	1,0	23,7	6,5
Mica	1,3	Tr	Tr	2,7	2,7	0,7	4,0	1,5
Moscovita	1,3	Tr	Tr	2,7	2,7	0,7	4,0	1,6
Biotita								
Clorita								
Matriz Detritica / Arcillas Intergranulares	Tr	Tr		Tr	Tr	0,7	1,3	0,2
Arcillas heredables								
Glauconita								
Bioclastos						1,3	1,3	0,1
Ooides								
Hornblenda								
Piroxeno (Ortho- Clino-)	0,3					0,3	0,3	0,0
Material Carbonáceo	Tr			Tr				
Opacos Detriticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Minerales Pesados	Tr	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,7	0,2
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS								
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento								
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)								
Chert								
Cemento Fosfático								
Barita				0,7		0,7	0,7	0,1
Hidrocarburos (?Bitumen)								0,0
Carbonatos	10,7	25,7	3,3	7,7	0,0	0,0	25,7	12,0
Minerales Arcillosos Autigénicos	8,3	Tr	3,3	6,7	3,7	0,7	8,3	4,1
Opacos	3,7	Tr	0,3	1,7	3,0	0,3	3,7	1,2
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)								
No-Resoluble y Hematita	3,7	Tr	0,3	1,7	3,0	0,3	3,7	1,2
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	22,7	26,4	6,9	16,8	6,7	6,7	26,4	17,3
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	9,4	26,4	6,2	11,1	8,3	0,0	26,4	7,9
% DE POROSIDAD TOTAL	Tr	Tr	0,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,6
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	Tr	Tr	Tr	4,3	0,0	4,3	0,5
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	Tr	0,3	Tr	1,0	0,0	1,0	0,1

Composición principal: Las arenitas del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 43,7 y 86,7% con un promedio de 62,9%; feldespato que oscila entre 0,3 y 5,3% con un promedio de 1,5% y líticos que oscila entre 3,7 y 37,6% con promedio de 16,3% (Figura 6-32, Figura 6-33, Figura 6-34).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen 7 sublitoarenitas y 3 litoarenitas (Figura 6-37).

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo más abundante es el monocristalino (58,9% promedio) y menos frecuente el cuarzo policristalino (4,0% promedio). En los

feldespatos el principal tipo presente es la plagioclasa (1,3% en promedio) y en menor proporción el feldespato potásico (0,2% promedio). Los principales constituyentes de los líticos son: no diferenciados (6,5% promedio), sedimentarios (5,9% promedio), metamórficos (2,0% en promedio) y chert (1,9% promedio).

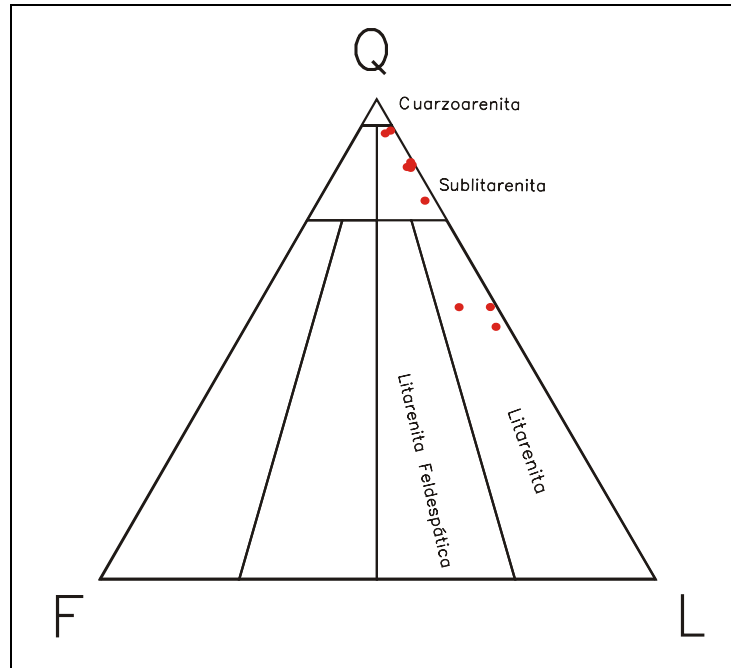


Figura 6-37. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.

Otros constituyentes: Micas (moscovita, promedio 1,6%), algunas muestras con matriz detrítica (0,2% promedio), minerales pesados (0,2% promedio), bioclastos (0,1% promedio).

Constituyentes diagenéticos: El contenido de carbonatos varía entre 0,0 y 25,7%, con un promedio de 12,0%, están representados por calcita y siderita como relleno de poros y reemplazamiento; minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 0,7 y 8,3%, con un promedio de 4,1%; opacos diagenéticos no identificados con un promedio de 1,2%; barita diagenética está presente en algunas muestras, en cantidad < 1,0%.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita varía entre 0 y 5,3% con un promedio de 0,6%, de las cuales la porosidad primaria tiene en promedio 0,5% y una porosidad secundaria de 0,1% en promedio (Figura 6-38). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 0,0 y 26,4% con un promedio de 7,9%.

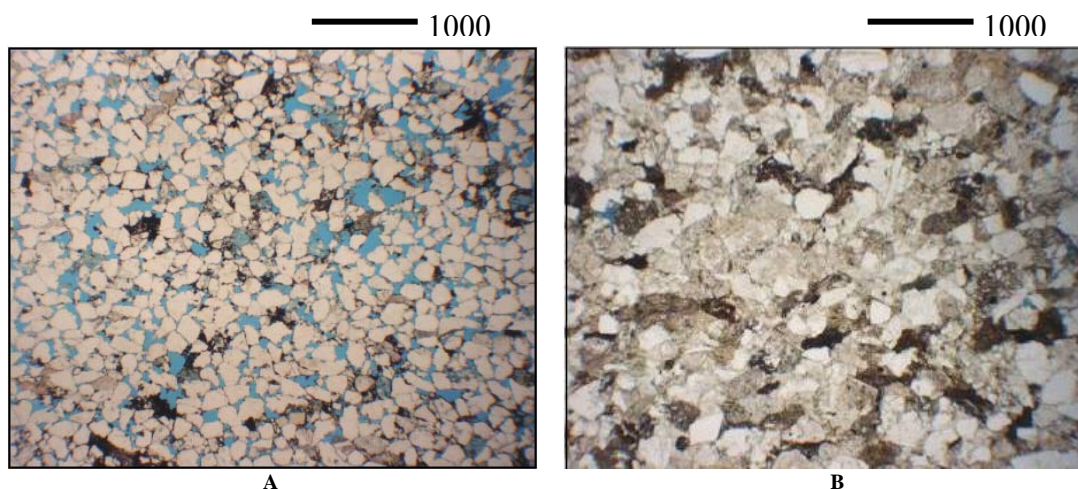


Figura 6-38. Secciones delgadas en nicoles cruzados de las arenitas del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita. A) Muestra EB-ER-074 de sublitoarenita, con porosidad visual de 5,3%, y B) Muestra QG-JE-061 de litoarenita con una porosidad visual de 0,3%.

Comentarios: Aumento notoriamente del contenido de líticos con respecto a la Formación Mosquera, lo cual sugiere un acercamiento al área de aporte.

6.2.8.2 Miembro Arenáceo

Del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita, se seleccionaron 12 muestras para análisis petrográfico, discriminadas así: en la sección El Boquerón 6 (Figura 6-32), en la Sección Quebrada La Despensa, 3 (Figura 6-33) y en la Sección Quebrada Guanabanal, 3 (Figura 6-34), (Tabla 6-14 y Anexo 11).

Composición principal: Las arenitas del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 33,7 y 87,7% con un promedio de 55,1%; feldespato que varía entre 1,7 y 11,7%, promedio de 3,7% y líticos que oscilan entre 3,7 y 38,7%, , promedio de 19,0% (Figura 6-32, Figura 6-33, Figura 6-34).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen 7 litoarenitas, 1 cuarzoarenita, 2 sublitoarenitas y 2 litoarenitas feldespáticas (Figura 6-39).

Mayores constituyentes: El tipo de cuarzo más frecuentes es el monocristalino (50,6% promedio) con menor proporción del policristalino (4,5% promedio). En los feldespatos, la plagioclasa contiene 3,7%. Sin registro de feldespato potásico. Los principales constituyentes de los líticos son: metamórficos (6,9% promedio), no diferenciados (6,5% promedio), sedimentarios (5,0% promedio) y volcánicos (0,5% promedio).

Otros constituyentes: Matriz detrítica (2,5% promedio), micas (moscovita, promedio 2,2% y clorita, promedio 0,1%), hornblenda (0,7% promedio), minerales pesados (0,3% promedio) y piroxenos (0,1% promedio).

Constituyentes diagenéticos: Los minerales arcillosos autigénicos oscilan entre 1,7 y 17,7% con un promedio de 7,8%; el contenido de carbonatos (calcita y siderita) varía entre 0,0 y 24,7%, con promedio de 6,7%, y está presente como relleno de poros y reemplazamiento; los opacos diagenéticos tienen un promedio de 1,5% y la barita 0,4% en promedio.

Tabla 6-14. Resultados de análisis de petrografía para el Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.

Muestra ID	SECCIÓN QUEBRADA GUANABANAL			SECCIÓN QUEBRADA LA DESPENSA		
	QG-JE-075	QG-JE-089	QG-JE-097	QD-ER-098	QD-ER-112	QD-ER-129
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita	Litoarenita Feldespática	Litoarenita	Sublitoarenita	Cuarzoarenita	Sublitoarenita
Litología Dominante	Arenita	Arenita Calcárea	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita
Metro (m)	761	799.5	903	587.5	675.5	749.5
% DE MINERALES DETRÍTICOS						
Cuarzo	52.0	33.7	59.3	87.7	87.0	84.3
Monocristalino	49.0	32.0	55.0	79.7	72.0	68.0
Policristalino	3.0	1.7	4.3	8.0	15.0	16.3
Feldespato	1.7	7.3	1.7	Tr	Tr	1.7
Potásico	Tr	Tr	Tr			
Plagioclasa	1.7	7.3	1.7	Tr	Tr	1.7
Fragmentos Líticos	24.3	19.0	23.7	7.7	3.7	5.0
Sedimentario	4.3	3.3	6.7	2.0	Tr	0.7
Chert (Cuarzo Microcristalino)						
Igneo						
Metamórfico	12.0	7.7	8.3	5.0	3.0	4.0
Volcánico	1.0	2.7	2.7			
Indiferenciado	7.0	5.3	6.0	0.7	0.7	0.3
Mica	1.7	0.0	2.3	0.7	1.7	0.3
Moscovita	1.7		2.3	0.7	1.7	0.3
Biotita						
Clorita						
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	4.0	Tr	1.3	Tr	Tr	Tr
Arcillas heredables						
Glaucanita						
Bioclastos		Tr				
Ooides						
Hornblenda	1.0	3.0	4.3			
Piroxeno (Ortho- Clino-)	0.7					
Material Carbonáceo				Tr	Tr	
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Minerales Pesados	0.7	Tr	0.7	Tr	Tr	Tr
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS						
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento	Tr				0.3	Tr
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)						
Chert						
Cemento Fosfático						
Barita	0.3	Tr	0.3	0.3		0.7
Hidrocarburos (?Bitumen)						
Carbonatos	3.7	24.7	0.0	0.0	0.0	0.3
Minerales Arcillosos Autigénicos	8.7	11.7	4.7	3.0	6.0	3.7
Opacos	1.3	0.7	1.7	0.7	1.3	4.0
Pirita (Relleno de Poros & Reemplazamiento)						
No-Resoluble & Hematita	1.3	0.7	1.7	0.7	1.3	4.0
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	14.0	37.1	6.7	4.0	7.6	8.7
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTO	3.3	23.7	4.0	1.3	3.3	5.0
% DE POROSIDAD TOTAL	1.0	0.3	2.0	0.3	Tr	0.0
POROSIDAD PRIMARIA	1.0	Tr	1.3	0.3	Tr	Tr
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0.3	0.7	Tr	Tr	Tr

(continuación)

SECCIÓN EL BOQUERÓN									
Muestra N°	EB-RR-075	EB-RR-083	EB-RR-084	EB-ER-111	EB-ER-117	EB-ER-120			
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita	Litoarenita Feldespática	Litoarenita	Litoarenita			
Litología Dominante	Arenita Calcárea	Arenita Calcárea	Arenita Calcárea	Arenita	Arenita	Arenita Micácea			
Metro (m)	438	455	471	583	603	613,5			
% DE MINERALES DETRÍTICOS							Min	Max	Prom.
Cuarzo	42,0	50,3	40,0	45,0	37,0	43,3	33,7	87,7	55,1
Monocristalino	40,3	48,3	40,0	45,0	37,0	41,0	32,0	79,7	50,6
Policristalino	1,7	2,0	Tr	Tr	Tr	2,3	1,7	16,3	4,5
Feldespatos	3,0	2,0	3,3	11,7	6,0	6,3	1,7	11,7	3,7
Potásico	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Plagioclasa	3,0	2,0	3,3	11,7	6,0	6,3	1,7	11,7	3,7
Fragmentos Líticos	19,3	23,3	11,3	29,7	38,7	22,3	3,7	38,7	19,0
Sedimentario	6,3	8,0	3,3	9,7	9,7	6,3	0,7	9,7	5,0
Chert (Cuarzo Microcristalino)									
Ígneo									
Metamórfico	5,7	12,0	2,3	5,0	12,7	5,3	2,3	12,7	6,9
Volcánico							1,0	2,7	0,5
Indiferenciado	7,3	3,3	5,7	15,0	16,3	10,7	0,3	16,3	6,5
Mica	5,7	0,7	3,0	1,7	3,3	5,3	0,0	5,7	2,2
Moscovita	5,7	0,7	3,0	1,7	3,3	4,3	0,3	5,7	2,1
Biotita						Tr			
Clorita		Tr				1,0	1,0	1,0	0,1
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	Tr	Tr	24,7	Tr	Tr	Tr	1,3	24,7	2,5
Arcillas heredables									
Glauconita									
Bioclastos									
Ooides									
Hornblenda			Tr				1,0	4,3	0,7
Piroxeno (Ortho- Clino-)					1,0		0,7	1,0	0,1
Material Carbonáceo									
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Minerales Pesados	0,3	Tr	Tr	0,3	1,0	0,7	0,3	1,0	0,3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS									
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento							0,3	0,3	0,0
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)									
Chert									
Cemento Fosfático									
Barita	0,3	0,7	0,3	0,7	0,7		0,3	0,7	0,4
Hidrocarburos (?Bitumen)									
Carbonatos	24,7	9,7	14,3	1,0	0,0	1,7	0,0	24,7	6,7
Minerales Arcillosos Autigénicos	4,0	12,7	1,7	9,0	11,0	17,7	1,7	17,7	7,8
Opacos	0,7	0,7	1,3	1,0	1,3	2,7	0,7	4,0	1,5
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)									
No-Resoluble y Hematita	0,7	0,7	1,3	1,0	1,3	2,7	0,7	4,0	1,5
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	29,7	23,8	17,6	11,7	13,0	22,1	4,0	37,1	16,3
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	Tr	3,4	1,6	6,9	3,3	16,8	1,3	23,7	6,1
% DE POROSIDAD TOTAL	Tr	1,0	0,0	3,5	0,6	4,4	0,0	4,4	1,1
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	0,7	Tr	2,5	0,3	3,7	0,3	3,7	0,8
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	0,3	Tr	1,0	0,3	0,7	0,3	1,0	0,3

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita varía entre 0,0 y 4,0 % con un promedio de 1,1%, de las cuales la porosidad primaria tiene en promedio 0,8% y la porosidad secundaria 0,3% en promedio (Figura 6-40). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 1,3 y 23,7%, con un promedio de 6,1%.

Comentarios: Se observa un aumento del contenido de líticos y feldespatos, principalmente de plagioclasa, lo que sugiere acercamiento del área de aporte, siendo los aportes volcánicos más notorio en las secciones El Boquerón y Quebrada Guanabanal.

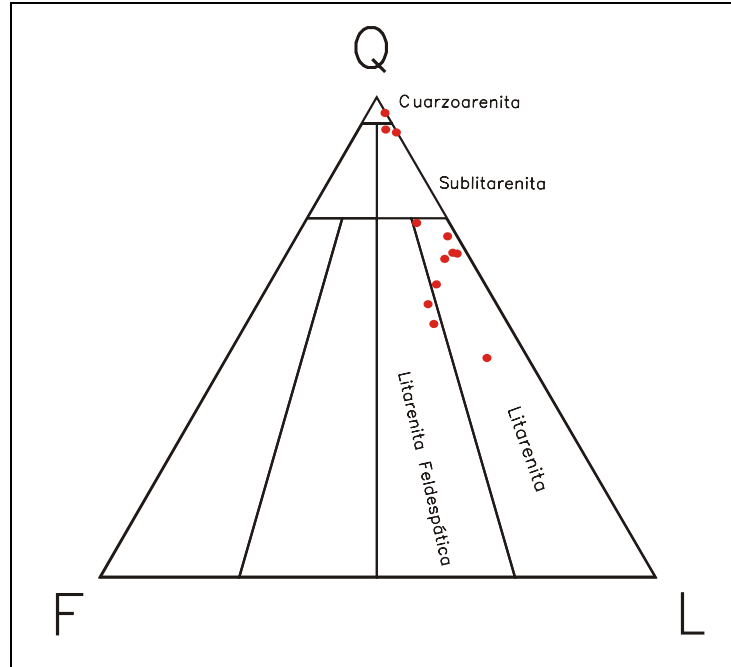


Figura 6-39. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.

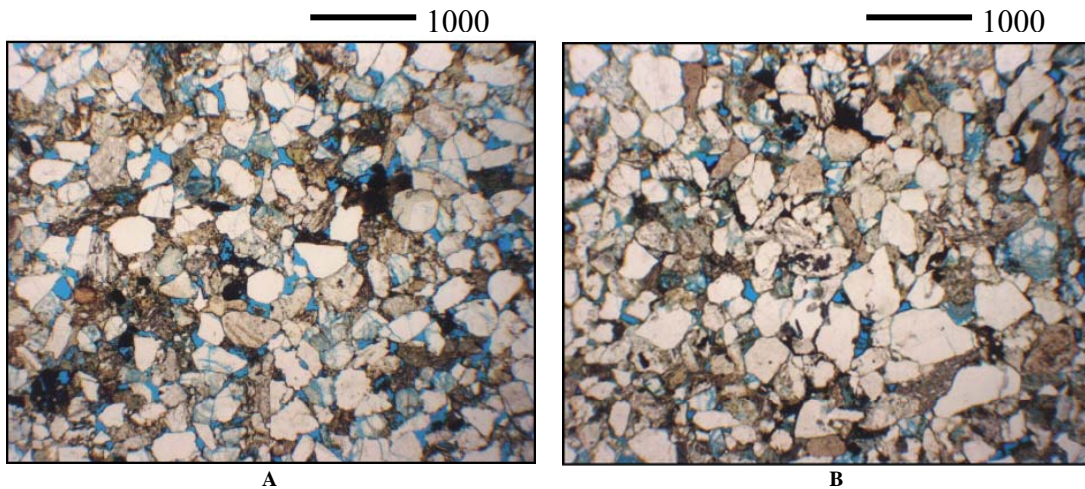


Figura 6-40. Secciones delgadas en nicols cruzados de las arenitas del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita. A) Muestra EB-RR-111 de litoarenita feldespática, con porosidad visual de 3,5%, y B) Muestra EB-ER-120 de litoarenita con una porosidad visual de 4,4%.

6.2.8.3 Miembro Limolítico Rojizo

Del Miembro Limolítico Rojizo de Formación Esmita, se seleccionaron 6 muestras para análisis petrográfico, discriminadas así: en la Sección El Boquerón, 2 (Figura 6-32), en

la Sección Quebrada La Despensa, 2 (Figura 6-33) y en la Sección Quebrada Guanabanal, 2 (Figura 6-34), (Tabla 6-29 y Anexo 11).

Tabla 6-15. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.

Muestra N°	SECCIÓN QDA GUANABANAL		SECCIÓN QDA LA DESPENSA		SECCIÓN EL BOQUERÓN		Min	Max	Prom.
	QG-RF-108	QG-JE-135	QD-ER-134	QD-ER-151	EB-RR-118	EB-RR-133			
Clasificación (Folk, 1980)	Litoarenita Feldespática	Litoarenita	Sublitoarenita	Sublitoarenita	Litoarenita	Litoarenita Feldespática			
Litología Dominante	Arenita Ferro- Magnesiana	Arenita	Arenita	Arenita	Arenita Micácea	Arenita Calácea			
Metro (m)	953	1065	803.5	840	673.5	705.5			
% DE MINERALES DETRÍTICOS									
Cuarzo	37.0	52.3	87.0	84.7	52.0	34.3	34.3	87.0	57.9
Monocristalino	37.0	48.0	81.3	73.0	50.3	33.0	33.0	81.3	53.8
Policristalino	Tr	4.3	5.7	11.7	1.7	1.3	1.3	11.7	4.1
Feldespato	15.0	7.7	2.7	0.3	5.0	8.3	0.3	15.0	6.5
Potásico	5.0	Tr			Tr	Tr	Tr	5.0	0.8
Plagioclasa	10.0	7.7	2.7	0.3	5.0	8.3	0.3	10.0	5.7
Fragmentos Líticos	27.3	25.3	3.7	8.0	17.0	23.3	3.7	27.3	17.4
Sedimentario	7.0	5.3	Tr	Tr	5.7	6.3	5.3	7.0	4.1
Chert (Cuarzo Microcristalino)									
Igneo									
Metamórfico	9.3	9.7	2.7	6.3	6.0	1.3	1.3	9.7	5.9
Volcánico	1.7	3.0						3.0	0.8
Indiferenciado	9.3	7.3	1.0	1.7	5.3	15.7	1.0	15.7	6.7
Mica	2.3	1.0	0.7	2.0	5.0	3.0	0.7	5.0	2.3
Moscovita	2.3	1.0	0.7	2.0	4.0	2.0	0.7	4.0	2.0
Biotita					0.3	Tr	0.3	0.3	0.1
Clorita					0.7	1.0	0.7	1.0	0.3
Matriz Detrítica / Arcillas Intergranulares	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Arcillas heredables									
Glauconita									
Bioclastos									
Ooides									
Hornblenda	6.7	2.7					2.7	6.7	1.6
Piroxeno (Ortho- Clino-)						Tr	Tr		
Material Carbonáceo									
Opacos Detríticos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			
Minerales Pesados	Tr	1.0	Tr	Tr	0.7	0.3	0.3	1.0	0.3
% DE MINERALES DIAGENÉTICOS									
Sobrecrecimientos de Cuarzo / Cemento				0.7			0.7	0.7	0.1
Feldespatos (Sobrecrecimiento y Listones)									
Chert									
Cemento Fosfático									
Barita	0.3	0.3	0.3		0.3		0.3	0.3	0.2
Hidrocarburos (?Bitumen)									
Carbonatos	1.3	3.0	0.0	0.0	0.3	18.0	0.0	18.0	3.8
Minerales Arcillosos Autigénicos	7.3	2.3	5.3	4.0	16.7	0.3	0.3	16.7	6.0
Evaporitas	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.1
Opacos	2.7	4.0	0.3	0.3	3.0	3.3	0.3	4.0	2.3
Pirita (Relleno de Poros y Reemplazamiento)	Tr	Tr							
No-Resoluble y Hematita	2.7	4.0	0.3	0.3	3.0	3.3	0.3	4.0	2.3
% TOTAL DE MINERALES DIAGENÉTICOS	11.6	9.9	5.9	5.0	20.3	21.9	5.0	21.9	12.4
% DE POROSIDAD PERDIDA POR CEMENTACIÓN	3.0	9.1	3.9	3.0	3.6	22.6	3.0	22.6	7.5
% DE POROSIDAD TOTAL	Tr	3.8	1.3	2.0	0.3	1.0	0.3	3.8	1.4
POROSIDAD PRIMARIA	Tr	3.8	1.0	1.3	0.3	0.7	0.3	3.8	1.2
POROSIDAD SECUNDARIA	Tr	Tr	0.3	0.7	Tr	0.3	0.3	0.7	0.2

Composición principal: Las arenitas del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita se componen de cuarzo con porcentajes que oscilan entre 34,3 y 87,0%, promedio de 57,9%; feldespato que oscila entre 0,3 y 15,0%, promedio de 6,5% y líticos que varían entre 3,7 y 27,3%, promedio de 17,4% (Figura 6-32, Figura 6-33, Figura 6-34).

Clasificación de arenitas: Al graficar las arenitas en función de sus componentes, en el triángulo QFL, se obtienen 2 litoarenitas, 2 sublitoarenitas y 2 litoarenitas feldespáticas (Figura 6-41).

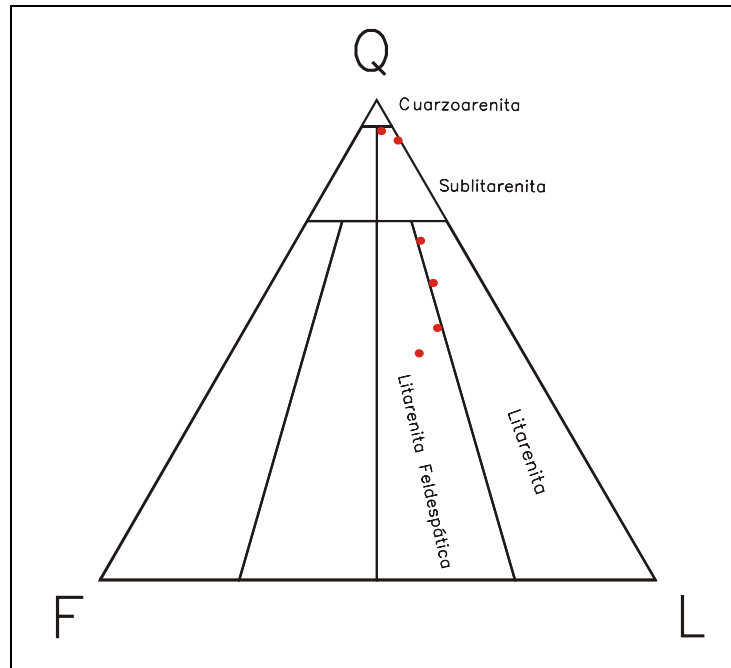


Figura 6-41. Triángulo de composición QFL (Folk, 1980), del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.

Mayores constituyentes: El cuarzo más abundante es el monocristalino (53,8% promedio), con menor proporción del policristalino (4,1% promedio); en los feldespatos, la plagioclasa registra 5,7% en promedio y el feldespato potásico 0,8% en promedio. Los principales constituyentes de los líticos son: No diferenciados (6,7% promedio), metamórficos (5,9% promedio), sedimentarios (4,1% promedio) y volcánico (0,8% promedio).

Otros constituyentes: Contenido de micas 2,3% en promedio (moscovita 2,0%, biotita 0,1% y clorita 0,3%), hornblenda 1,6% en promedio y minerales pesados 0,3% promedio.

Constituyentes diagenéticos: El contenido de minerales arcillosos autigénicos varía entre 0,3 y 16,7%, con un promedio de 6,0%; el carbonato (calcita y siderita) con un 3,8% en promedio, presentes como relleno de poros y reemplazamiento; los opacos diagenéticos no identificados varían entre 0,3 y 4,0%, con un promedio de 2,3%; barita y evaporitas diagenéticas están presentes en algunas muestras, en cantidad < 0,3%.

Porosidad: La porosidad visual total en las muestras del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita varía entre 0,3 y 3,8%, con un promedio de 1,4%, teniendo la porosidad primaria de 1,2% en promedio y la porosidad secundaria de 0,2% en promedio (Figura 6-42). La pérdida de porosidad por cementación oscila entre 3,0 y 22,6%, con un promedio de 7,5%.

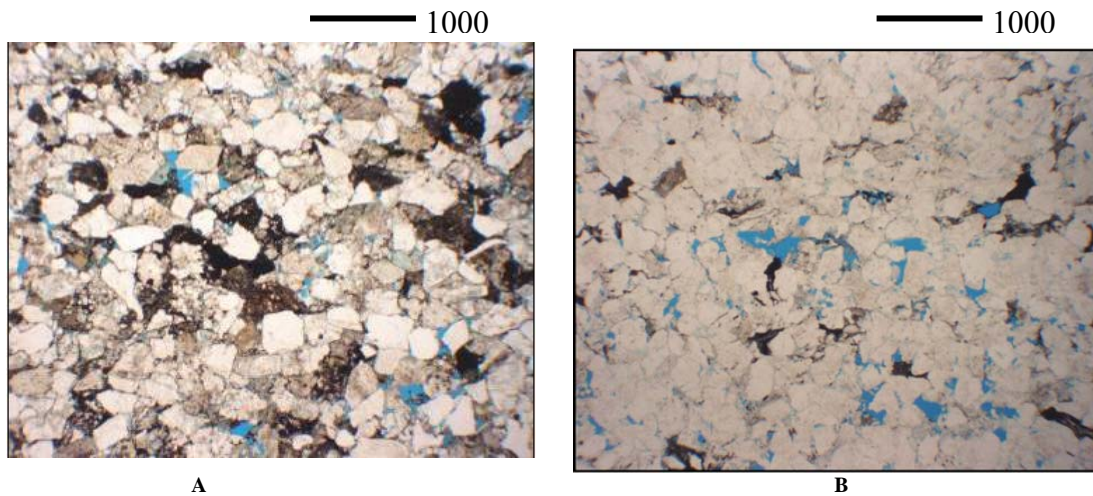


Figura 6-42. Secciones delgadas en nicoles cruzados de las arenitas del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita. A) Muestra QG-JE-135 de litoarenita, con porosidad visual de 3,8%, y B) Muestra QD-ER-151 de sublitoarenita con una porosidad visual de 2,0%.

Comentarios: Un aumento del contenido de líticos y feldespatos, principalmente de plagioclasa, que sugiere acercamiento al área de aporte y aportes volcánicos, más notorio en las secciones de El Boquerón y de la Quebrada Guanabanal.

6.3 ANÁLISIS PETROFÍSICOS

Consiste en realizar a nivel de laboratorio, análisis petrofísicos básicos, como porosidad, permeabilidad y densidad de grano, para obtener propiedades y potencialidad de la roca almacenadora en las unidades estudiadas. Esta caracterización petrofísica se realizó en 121 muestras de roca correspondientes a arenitas recolectadas en las 10 columnas estratigráficas (Tabla 6-16), cuyo informe de resultados se presenta en el Anexo 12.

Los análisis petrofísicos fueron realizados a la mayoría de las muestras a las que se le realizó análisis petrográficos, en la Tabla 6-17 y Tabla 6-18 se presentan los parámetros de porosidad y permeabilidad que describen el potencial de la roca como almacenadora y los términos calificativos utilizados.

Para cada sección estratigráfica se graficaron los resultados de porosidad y permeabilidad, permitiendo visualizar el cambio en el tiempo de las propiedades petrofísicas de las rocas reservorio.

Tabla 6-16. Análisis Petrofísicos

Sector	Cauca Norte	Cauca Sur					Patía				TOTAL
Sección	Cartago-Alcala (CA)	La Cima (LC) y La Cima-Quebrada (LCQ)		Rio Guachinte (RG)	Rio Guachinte Norte (RGN)	Rio Guachinte Techo (RGT)	Rio Esmita (RE) y Sector Fm. Mosquera	Quebrada Guanabanal (QG)	Quebrada La Despensa (QD)	El Boquerón (EB)	
Muestras Seleccionadas	16	5	13	20	5	10	4	19	20	9	121
Análisis Petrofísico con datos	15	5	12	20	5	7	1	18	19	9	111

Tabla 6-17. Términos utilizados para la porosidad.

POROSIDAD	
0-5%	Insignificante
5-10%	Pobre
10-15%	Aceptable
15-20%	Bueno
>20%	Muy Bueno

Tabla 6-18. Términos utilizados para la permeabilidad.

PERMEABILIDAD	
< 1 mD	Pobre
1-10 mD	Aceptable
10-100 mD	Bueno
100-1.00 mD	Muy Bueno

SECTOR CAUCA NORTE

6.3.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA

Para la Formación Cinta de Piedra se analizaron 16 muestras para petrofísica y se obtuvieron datos de 15 muestras todas ellas de la Sección Cartago-Alcalá (Figura 6-43), (Tabla 6-19 y Anexo 12).

Tabla 6-19. Resultados de análisis petrofísicos para la Formación Cinta de Piedra.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano	
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD		
Cartago - Alcalá	1713,0	CA-MR-260	10,1	3,19	3,65	2,62	
	1631,5	CA-MR-252	11,1	0,66	0,89	2,66	
	1537,0	CA-JJ-183	2,3	0,038	0,060		
	1453,0	CA-MR-209	8,7	3,04	3,11	2,63	
	1399,0	CA-MR-199	8,8	1,22	1,60	2,64	
	1377,0	CA-MR-187	6,9	1,57	1,71	2,65	
	1291,0	CA-JJ-113	8,2	1,80	2,3	2,64	
	740,0	CA-MR-174	4,3	0,71	0,97	2,66	
	616,5	CA-MR-111	7,4	0,44	0,57	2,64	
	545,5	CA-JJ-023	4,6	0,004	0,010	2,68	
	488,0	CA-MR-085	6,4	0,001	<0,001	2,65	
	457,5	CA-MR-063	13,7	0,022	0,047	2,68	
	453,5	CA-MR-059	8,3	0,187	0,269	2,65	
	382,0	CA-MR-039	16,9	7,02	8,48	2,57	
	171,5	CA-JC-005	10,2	1,19	1,66	2,64	
		Min		2,3	0,001	0,010	2,57
		Max		16,9	7,020	8,480	2,68
	Promedio		8,5	1,406	1,808	2,64	
	Mediana		8,3	0,710	1,285	2,65	

Porosidad: Las mediciones de porosidad en la Formación Cinta de Piedra varía entre insignificante a buena presentaron valores entre 2,3 y 16,9% con una mediana de 8,3%, calificada como pobre (Tabla 6-19 y Anexo 12).

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre y aceptable con valores que oscilan entre 0,001 y 7,02 mD con una mediana de 0,7 mD, calificada como pobre (Tabla 6-19 y Anexo 12).

Comentarios: Resultados aceptables como roca reservorio se presentan en las arenitas y conglomerados de la Formación Cinta de Piedra.

La Figura 6-44 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad. Los mejores datos de porosidad y permeabilidad esta asociados a ríos trenzados distales y los valores más bajos a canales secundarios de llanuras de inundación y ríos trenzados proximales.

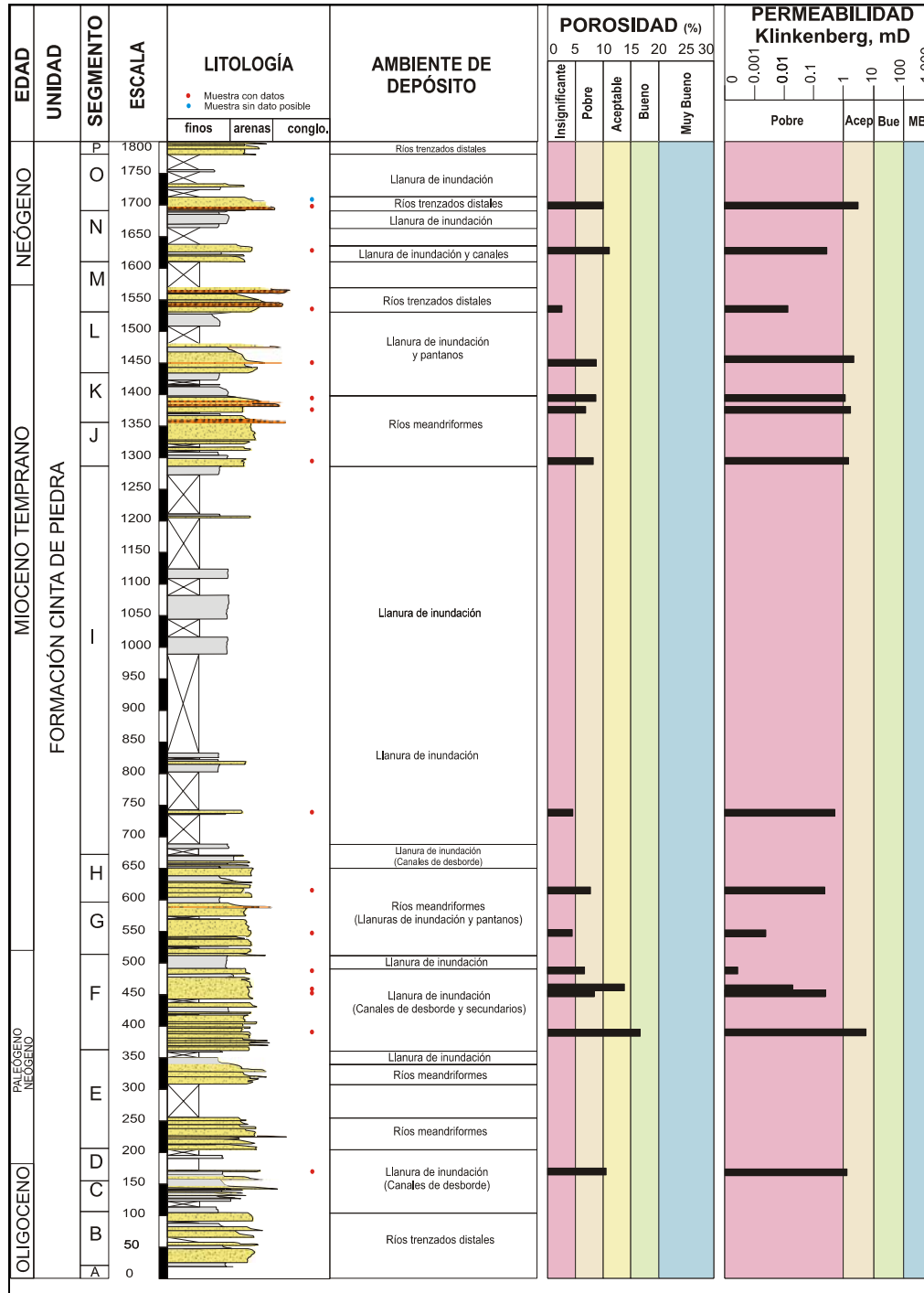


Figura 6-43. Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.

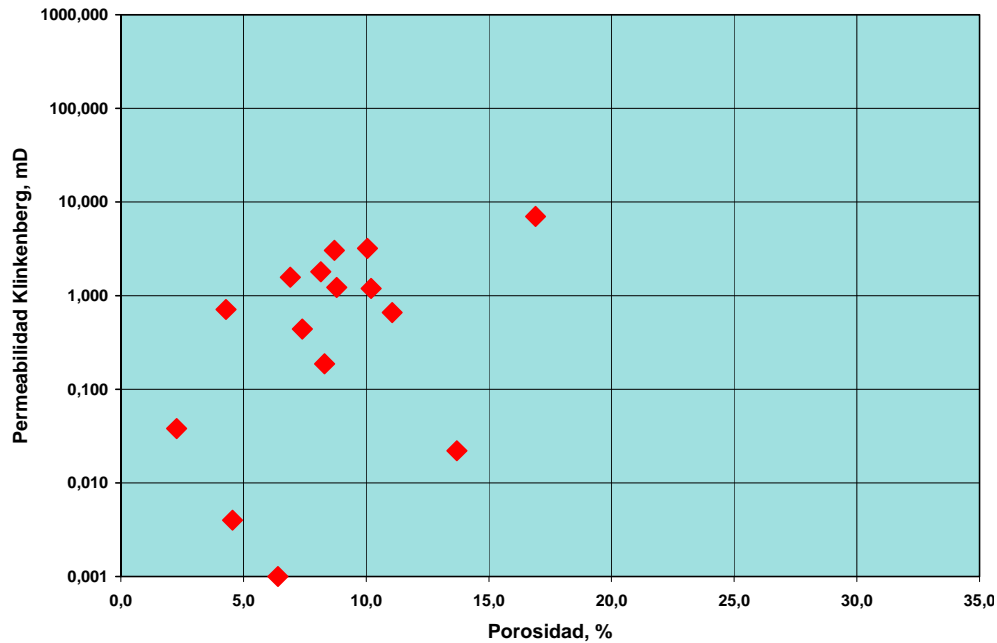


Figura 6-44. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de la formación Cinta de Piedra.

SECTOR CAUCA SUR

6.3.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO

6.3.2.1 Miembro Loma Larga

Para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo se analizaron 13 muestras para petrofísica; se obtuvieron datos de 12 muestras, todas ellas de la Sección La Cima (Figura 6-45). Las muestras analizadas fueron recolectadas en una quebrada adyacente a la sección con el fin de disminuir los efectos de la meteorización; es por ello que algunas de las muestras se localizan sobre un cubierto (Tabla 6-20 y Anexo 12).

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro Loma Larga varían entre insignificante a buena con valores entre 3,4 y 18,3% y una mediana de 8,3%, que la califica como pobre (Tabla 6-20 y Anexo 12).

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre y buena con valores que oscilan entre 0,008 y 27,9 mD con una mediana de 4,21 mD calificada como aceptable (Tabla 6-20 y Anexo 12).

Comentarios: Resultados aceptables como roca reservorio se observaron en los segmentos arenosos del Miembro Loma Larga

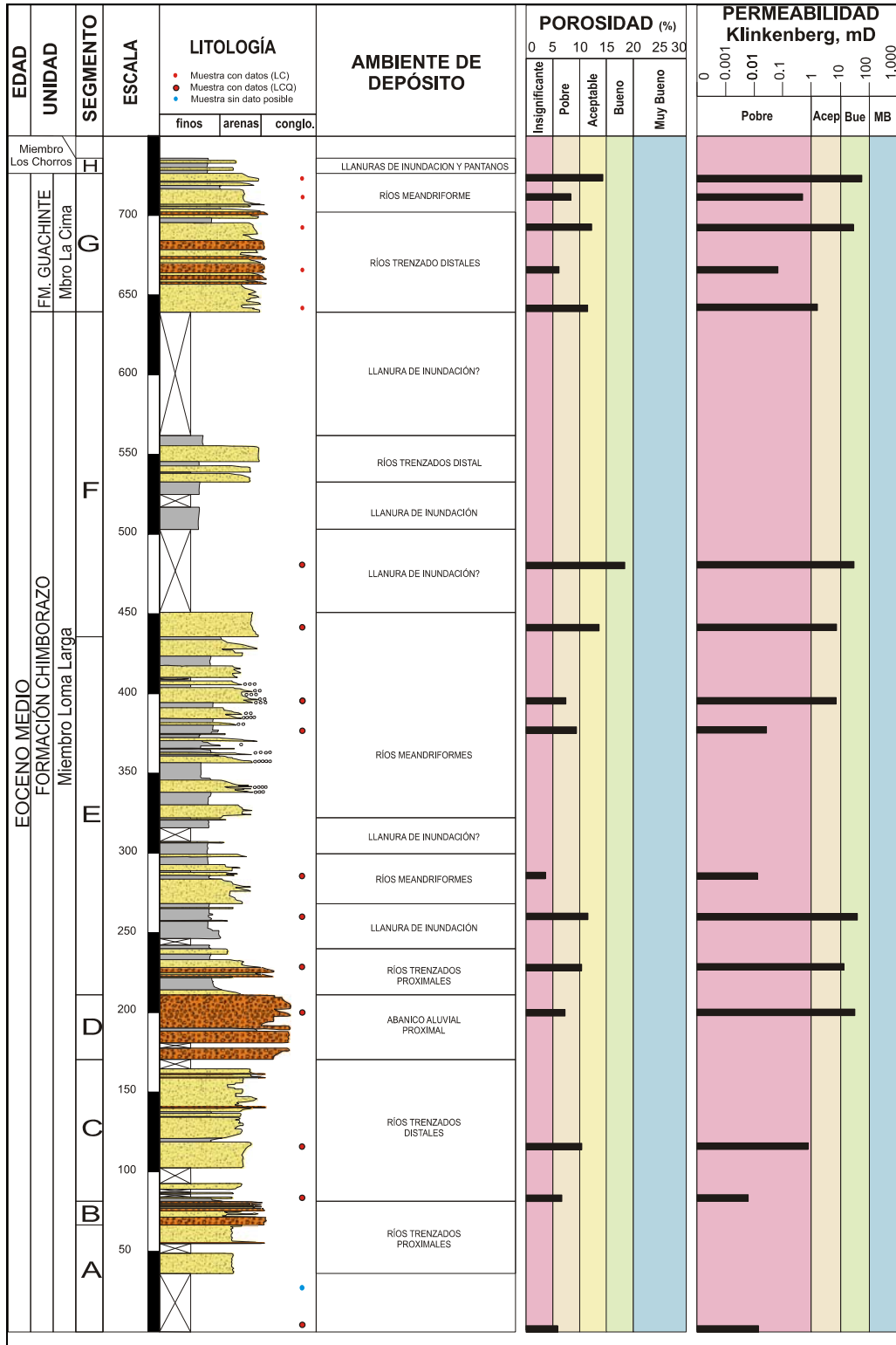


Figura 6-45. Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formaciones Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.

Tabla 6-20. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
La Cima y Quebrada La Cima	478.8	LC-JR-019	18.3	20.8	26.0	2.69
	444.0	LC-JR-016	13.7	7.68	10	2.67
	396.6	LC-JR-015	7.3	7.91	10.4	2.69
	377.2	LC-CD-008	9.3	0.019	0.046	2.69
	285.8	LC-CD-007	3.4	0.015	0.028	2.69
	259.7	LC-CD-005	11.3	27.9	39.0	2.69
	229.0	LC-CD-003	10.1	11.6	14.2	2.71
	200.8	LC-JR-005	7.2	27.0	40.0	2.61
	116.1	LC-CD-022	10.2	0.749	1.01	2.63
	83.2	LC-CD-019	6.6	0.008	0.021	2.68
	26.0	LC-CD-016	5.9	0.014	0.028	2.67
	-2.7	LC-CD-013	5.8	0.011	0.026	2.72
		Min	3.4	0.008	0.021	2.61
		Max	18.3	27.900	40.000	2.72
	Promedio	9.1	8.642	11.690	2.68	
	Mediana	8.3	4.215	5.265	2.69	

La Figura 6-46 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad. Los datos buenos de permeabilidad corresponden a muestras de llanuras de inundación (D2), ríos trezados distales (B2-B3) y barras de orillal (C1-C2).

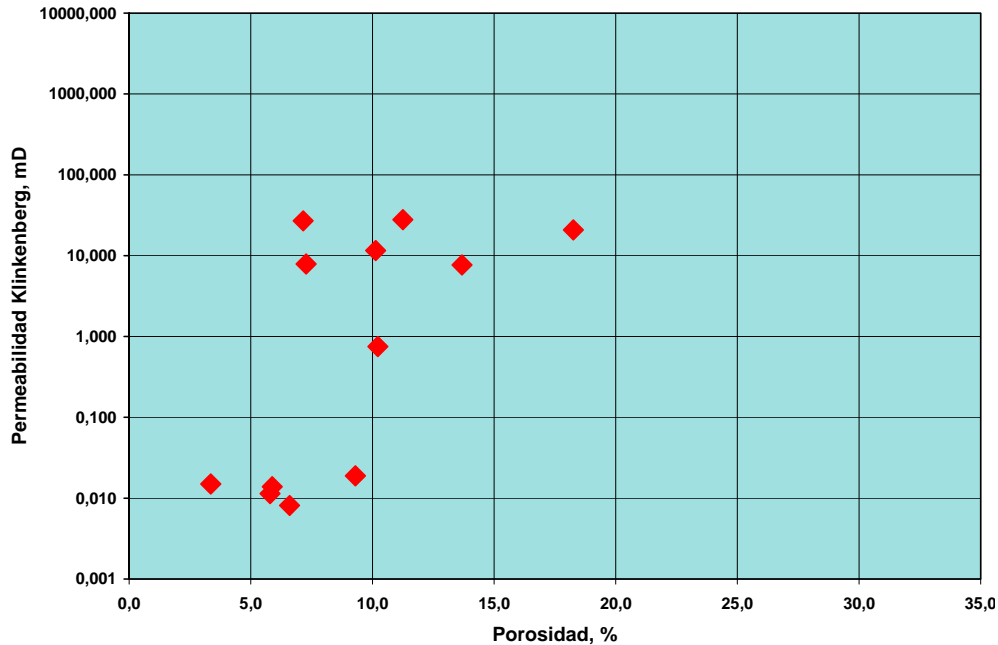


Figura 6-46. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo.

6.3.3 FORMACIÓN GUACHINTE

6.3.3.1 Miembro La Cima

Para El Miembro La Cima se analizaron 6 muestras para petrofísica, cinco de ellas de la Sección La Cima (Figura 6-45) y una de la Sección Río Guachinte (Figura 6-47), (Tabla 6-21 y Anexo 12).

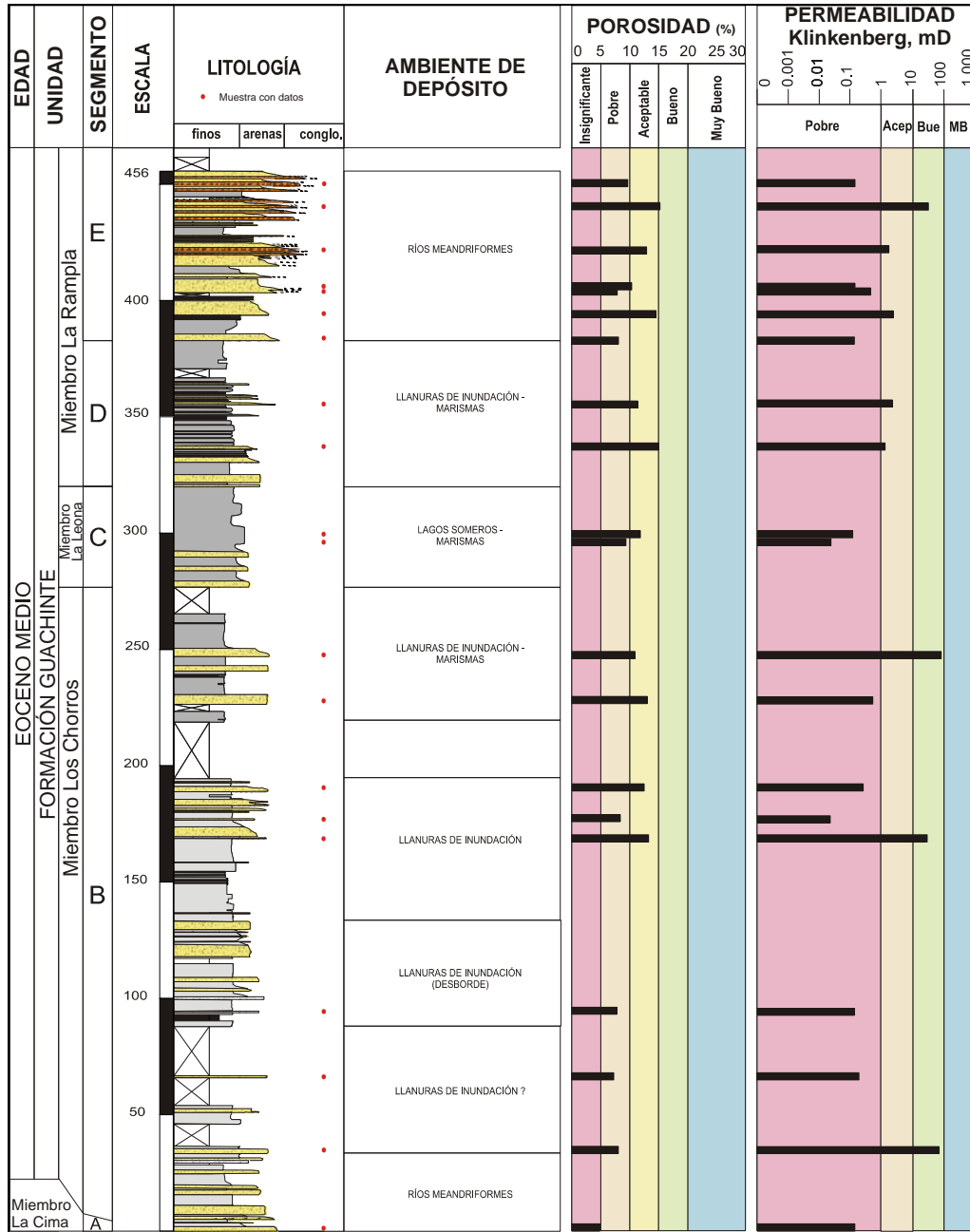


Figura 6-47. Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro La Cima varían entre insignificante a aceptable, presentaron valores entre 4,9 y 14,1% con una mediana de 9,7%, que la califica como pobre (Tabla 6-21 y Anexo 12).

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre y buena, con valores que oscilan entre 0,025 y 87,2 mD con una mediana de 1,051 mD calificada como aceptable (Tabla 6-21 y Anexo 12).

Tabla 6-21. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Cima de la Formación Guachinte.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
La Cima	723.5	LC-CM-058	14.1	87.2	104	2.63
	711.2	LC-CM-049	8.2	0.538	0.854	2.62
	687.8	LC-CM-034	12.1	44.8	51.8	2.63
	664.5	LC-CM-016	6.1	0.701	1.01	2.67
	641.9	LC-CM-002	11.3	1.40	2.10	2.63
Río Guachinte	1.5	RG-DR-002	4.9	0.025	0.054	2.63
		Min	4.9	0.025	0.054	2.62
		Max	14.1	87.200	104.000	2.67
		Promedio	9.4	22.444	26.636	2.64
		Mediana	9.7	1.051	1.555	2.63

La Figura 6-48 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad. Los mejores datos de permeabilidad provienen de muestras con ambientes de ríos meandriformes (C) con asociaciones faciales para depósitos de barras de orillal (C1-C2).

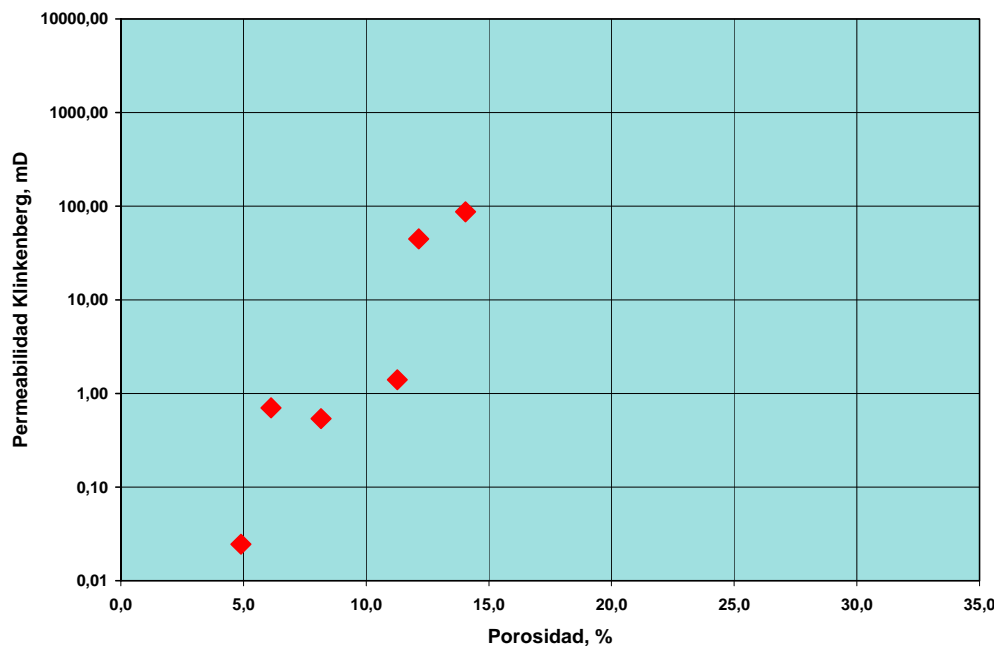


Figura 6-48. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro La Cima de la Formación Guachinte.

Comentarios: La mejor roca reservorio se encuentra en el Miembro La Cima, calificada como aceptable.

6.3.3.2 Miembro Los Chorros

Para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte se analizaron 8 muestras para petrofísica en la Sección Río Guachinte (Figura 6-47, Tabla 6-22 y Anexo 12)

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro Los Chorros varían entre pobre a aceptable, presentando valores entre 7,2 y 13,6% (Tabla 6-22 y Anexo 12) con una mediana de 9,6% calificada como pobre.

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre a aceptable con valores que oscilan entre 0,02 y 91,9 mD (Tabla 6-22 y Anexo 12) con una mediana de 0,56 mD calificada como pobre.

Comentarios: Los resultados obtenidos para los segmentos arenosos del Miembro Los Chorros, sugieren una baja a pobre calidad como reservorio.

Tabla 6-22. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
Río Guachinte	247,0	RG-DR-073	10,9	91,9	96,6	2,63
	228,5	RG-DR-064	13,6	0,663	0,958	2,63
	191,0	RG-JJ-056	12,3	0,462	0,803	2,63
	177,2	RG-JJ-044	8,4	0,038	0,083	2,60
	169,0	RG-JJ-038	13,2	33,5	63,6	2,63
	94,4	RG-015	7,6	0,020	0,047	2,63
	66,8	RG-009	7,2	0,069	0,124	2,62
	34,8	RG-002	8,1	66,6	96,6	2,61
		Min	7,2	0,020	0,047	2,60
		Max	13,6	91,900	96,600	2,63
		Promedio	10,1	24,156	32,352	2,62
	Mediana	9,6	0,563	0,881	2,63	

La Figura 6-49 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad; los mejores valores de permeabilidad con aceptables valores de porosidad están asociados a canales de desborde (D1b) de llanuras de inundación (D2).

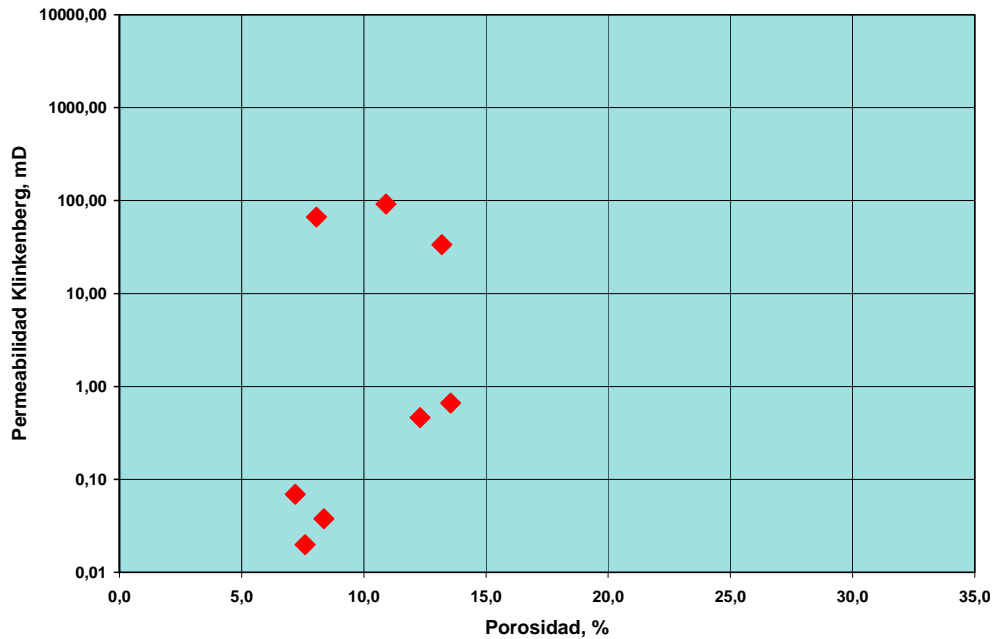


Figura 6-49. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Los Chorros de la Formación Guahinte.

6.3.3.3 Miembro La Leona

Para el Miembro la Leona de la Formación Guachinte se analizaron 2 muestras para petrofísica en la Sección del Río Guachinte (Figura 6-47), (Tabla 6-23 y Anexo 12).

Tabla 6-23. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Leona de la Formación Guachinte.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
Río Guachinte	300.0	RG-RR-004	11.9	0.162	0.302	2.69
	297.0	RG-RR-003	9.0	0.048	0.099	2.66
		Min	9.01	0.048	0.099	2.66
		Max	11.90	0.162	0.302	2.69
		Promedio	10.46	0.105	0.200	2.67
		Mediana	10.46	0.105	0.200	2.67

Porosidad: Solo dos medidas de porosidad en el Miembro La Leona que varían entre pobre y aceptable, registran una mediana de 10,46% que es calificada como aceptable (Tabla 6-23 y Anexo 12).

Permeabilidad: Las permeabilidades obtenidas varían entre pobre y aceptable y generan una mediana de 1,11 mD, la cual es calificada como aceptable (Tabla 6-23 y Anexo 12).

Comentarios: Los resultados analíticos obtenidos para los segmentos arenosos del Miembro La Leona sugiere algunas posibilidades de roca almacenadora para el sector.

La Figura 6-50 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad, las muestras analizadas con porosidad y permeabilidad aceptable corresponde a lagos someros y marismas (D3-E3).

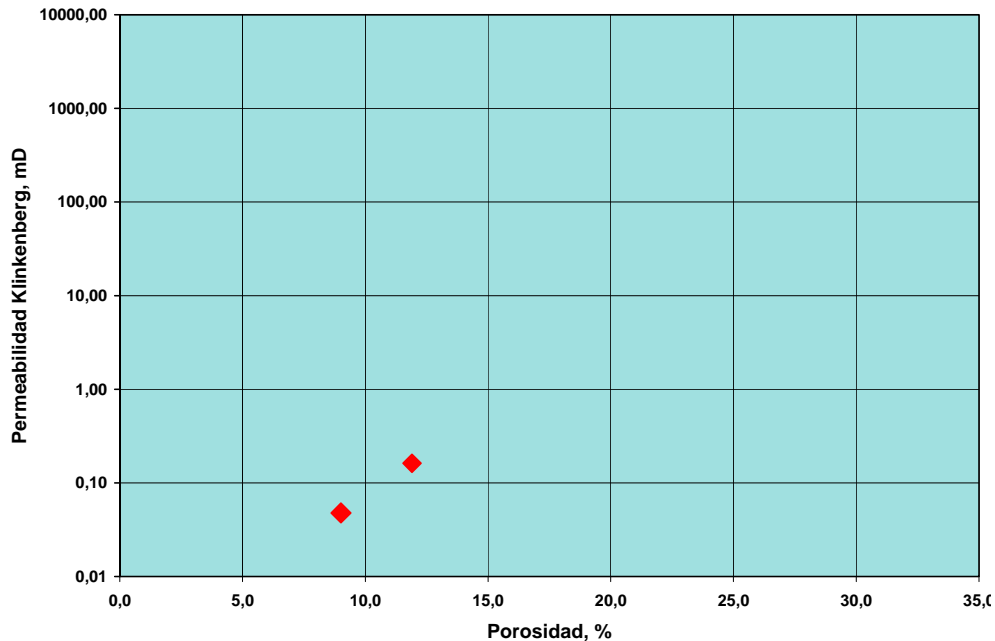


Figura 6-50. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.

6.3.3.4 Miembro La Rampla

Para el Miembro La Rampla de la Formación Guachinte se analizaron 15 muestras para petrofísica, en las secciones de Río Guachinte (Figura 6-47), Río Guachinte Norte (Figura 6-51) y Río Guachinte Techo (Figura 6-52), (Tabla 6-24 y Anexo 12).

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro La Rampla, varían entre pobre a buena; presentaron valores entre 6,0 y 18,2% (Tabla 6-24 y Anexo 12) con una mediana de 10%, calificada como aceptable.

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre a buena con valores que oscilan entre 0,119 y 31,50 mD (Tabla 6-24 y Anexo 12) con una mediana de 0,923 mD calificada como pobre.

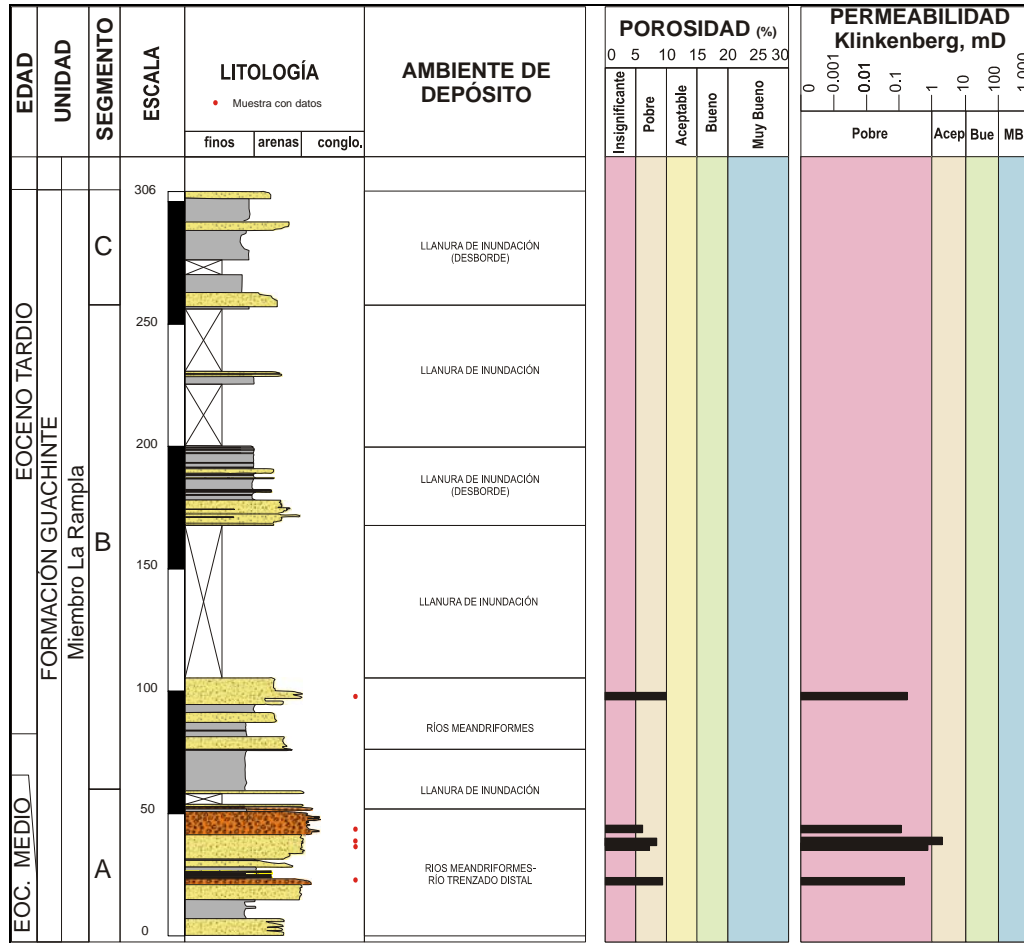


Figura 6-51. Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.

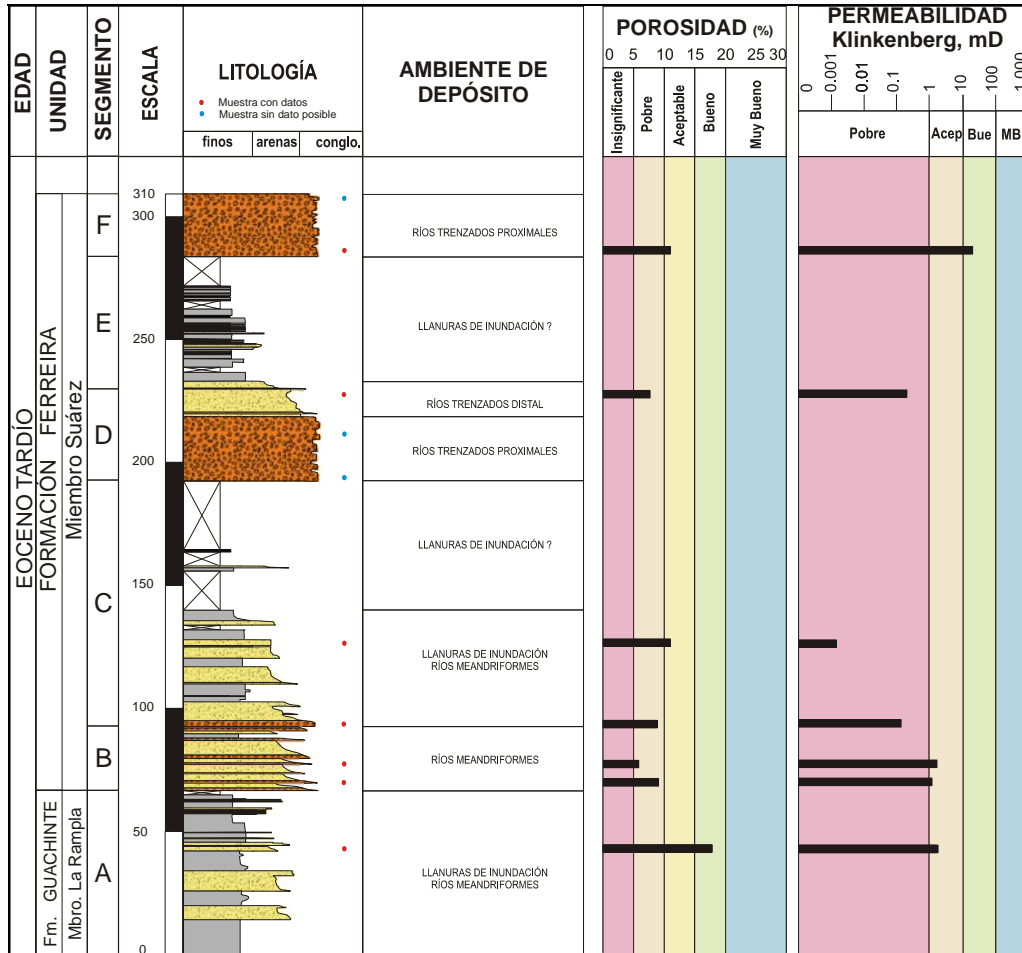


Figura 6-52. Perfil porosidad y permeabilidad en la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

Comentarios: Los resultados analíticos obtenidos para los segmentos arenosos del Miembro La Rampla (Formación Guachinte) sugiere que se trata de una zona de mediano interés como roca reservorio.

La (Figura 6-53) presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad. Los mejores valores de permeabilidad y porosidad pertenecen a depósitos de barras de orilla (C1-C2) de sistemas de ríos meandriformes (C-D).

Tabla 6-24. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
Río Guachinte	451.5	RG-DR-147	9.5	0.232	0.413	2.63
	440.8	RG-DR-140	15.1	31.500	45.800	2.64
	421.5	RG-DR-127	13.0	2.360	3.060	2.64
	407.3	RG-RR-036	10.2	0.226	0.359	2.74
	405.5	RG-RR-035	7.9	0.472	0.636	2.67
	394.2	RG-RR-030	14.6	2.620	3.460	2.63
	383.4	RG-RR-026	8.7	0.170	0.226	2.67
	356.0	RG-DR-112	11.9	2.770	3.610	2.66
	338.0	RG-DR-100	15.8	1.440	1.900	2.57
Río Guachinte Norte	97.0	RGN-JJ-060	10.0	0.310	0.471	2.63
	43.5	RGN-JJ-034	6.0	0.119	0.221	2.68
	39.5	RGN-JJ-036	8.3	1.940	2.570	2.63
	36.5	RGN-JJ-037	7.2	0.924	1.320	2.63
	21.0	RGN-JJ-016	9.6	0.162	0.277	2.65
Río Guachinte Techo	43.6	RGT-RR-078	18.2	3.490	4.680	2.67
	Min		6.0	0.119	0.221	2.57
	Max		18.2	31.500	45.800	2.74
	Promedio		11.1	3.249	4.600	2.65
	Mediana		10.0	0.924	1.320	2.64

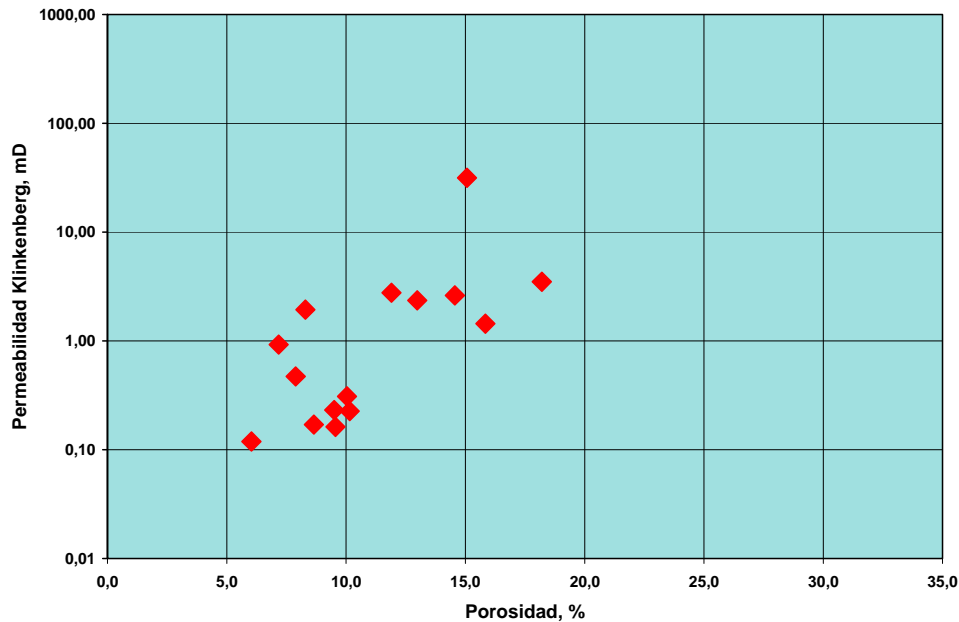


Figura 6-53. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro la Rampla de la Formación Guachinte.

6.3.4 FORMACIÓN FERREIRA

6.3.4.1 Miembro Suárez

Para la Formación Suárez de la Formación Ferreira se analizaron 9 muestras para petrofísica, se obtuvieron datos de 6 muestras todas ellas de la Sección de Guachinte Techo (Figura 6-52, Tabla 6-25 y Anexo 12).

Tabla 6-25. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Suárez de la Formación Ferreira.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax ° C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Río Guachinte Techo	268.7	RGT-DR-208	1.18	0.22	1.42	0.61	442	120	52	19	
	266.2	RGT-DR-206	19.76	0.83	30.00	4.13	445	152	21	4	0.76
	251.3	RGT-DR-199	1.65	0.02	0.40	1.36	451	24	83	1	
	241.5	RGT-DR-189	6.06	0.80	11.61	0.39	448	192	6	13	0.77
	164.2	RGT-DR-185	1.93	0.79	3.15	0.24	447	163	12	41	
	137.5	RGT-DR-181	1.31	0.03	1.03	0.37	450	78	28	2	
PROMEDIO			5.31	0.45	7.94	1.18	447.17	121.61	33.68	13.42	0.77
MEDIANA			1.79	0.51	2.29	0.50	447.50	135.93	24.53	8.70	0.77

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro Suárez, varían entre pobre a aceptable con valores entre 5,9 y 11,5% (Tabla 6-25 y Anexo 12) con una mediana de 8,9%, calificada como pobre.

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre a buena con valores que oscilan entre 0,006 y 13,9 mD con una mediana de 0,968 mD (Tabla 6-25 y Anexo 12), calificada como pobre.

Comentarios: Los análisis realizados para los segmentos arenosos del miembro Suarez sugiere que se trata de zonas bajo a mediano interés económico.

La Figura 6-54 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad e indica que los mejores valores de porosidad y permeabilidad están asociados a ríos trenzados proximales (B1).

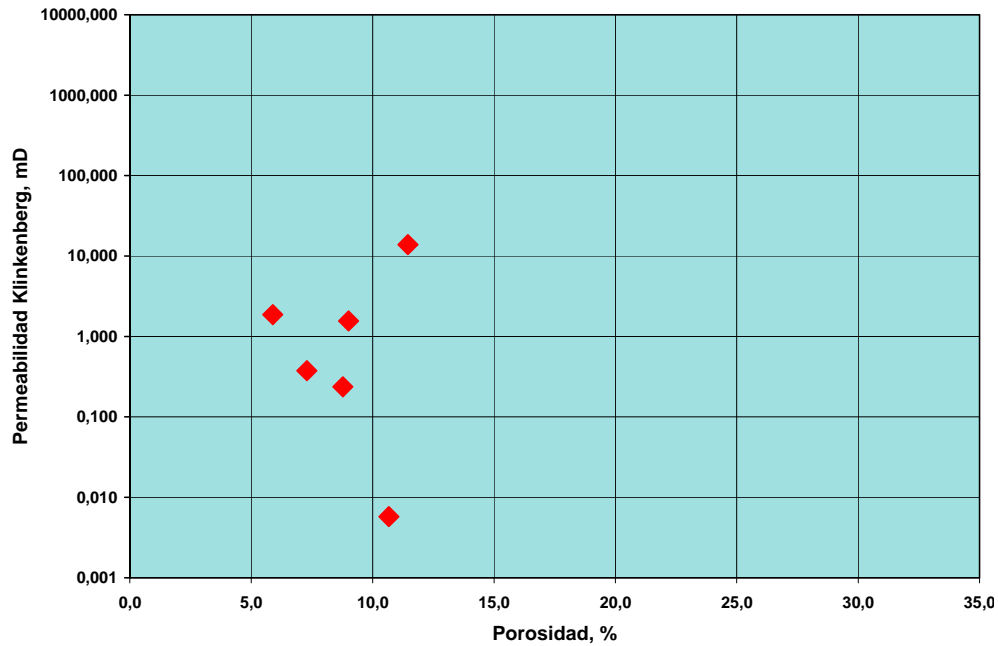


Figura 6-54. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Suarez de la Formación Ferreira.

SECTOR PATÍA

6.3.5 FORMACIÓN MOSQUERA

Para la Formación Mosquera se analizaron 12 muestras para petrofísica en las secciones El Boquerón (Figura 6-55), Quebrada La Despensa (Figura 6-56), Río Esmita (Sector Formación Mosquera) y Quebrada Guanabanal (Figura 6-57), (Tabla 6-26 y Anexo 12).

Porosidad: Las mediciones de porosidad en la Formación Mosquera varían entre insignificante a aceptable con valores entre 1,7 y 16,8% y una mediana de 10,3%, calificada como aceptable, (Tabla 6-26 y Anexo 12).

Permeabilidad: La permeabilidad varía entre pobre y buena con valores que varían entre 0,000 y 44,3 mD con una mediana de 0,969 mD, calificada como pobre (Tabla 6-26 y Anexo 12).

Comentarios: Resultados obtenidos en las muestras analizadas sugieren condiciones aceptables como roca reservorio para la Formación Mosquera.

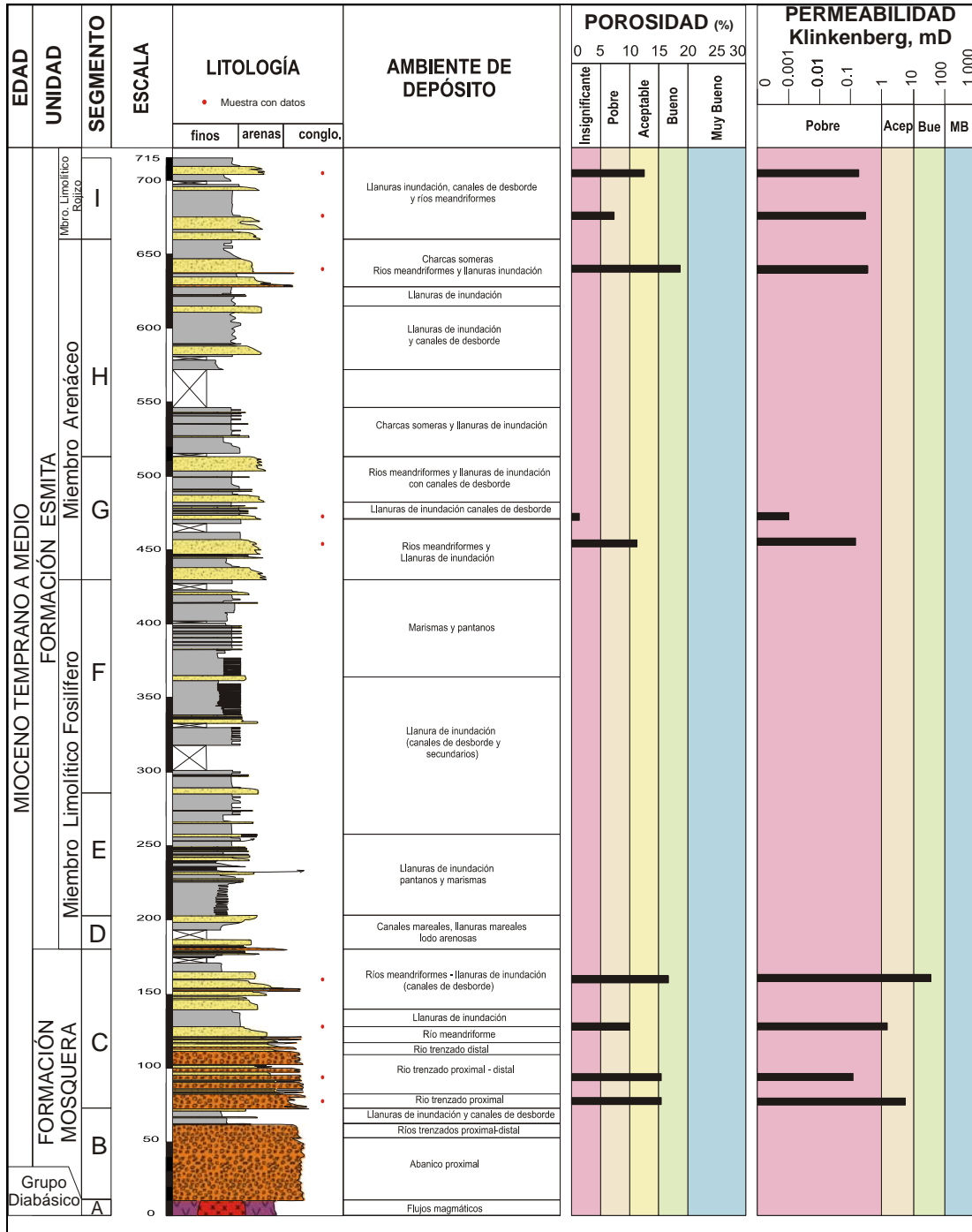


Figura 6-55. Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

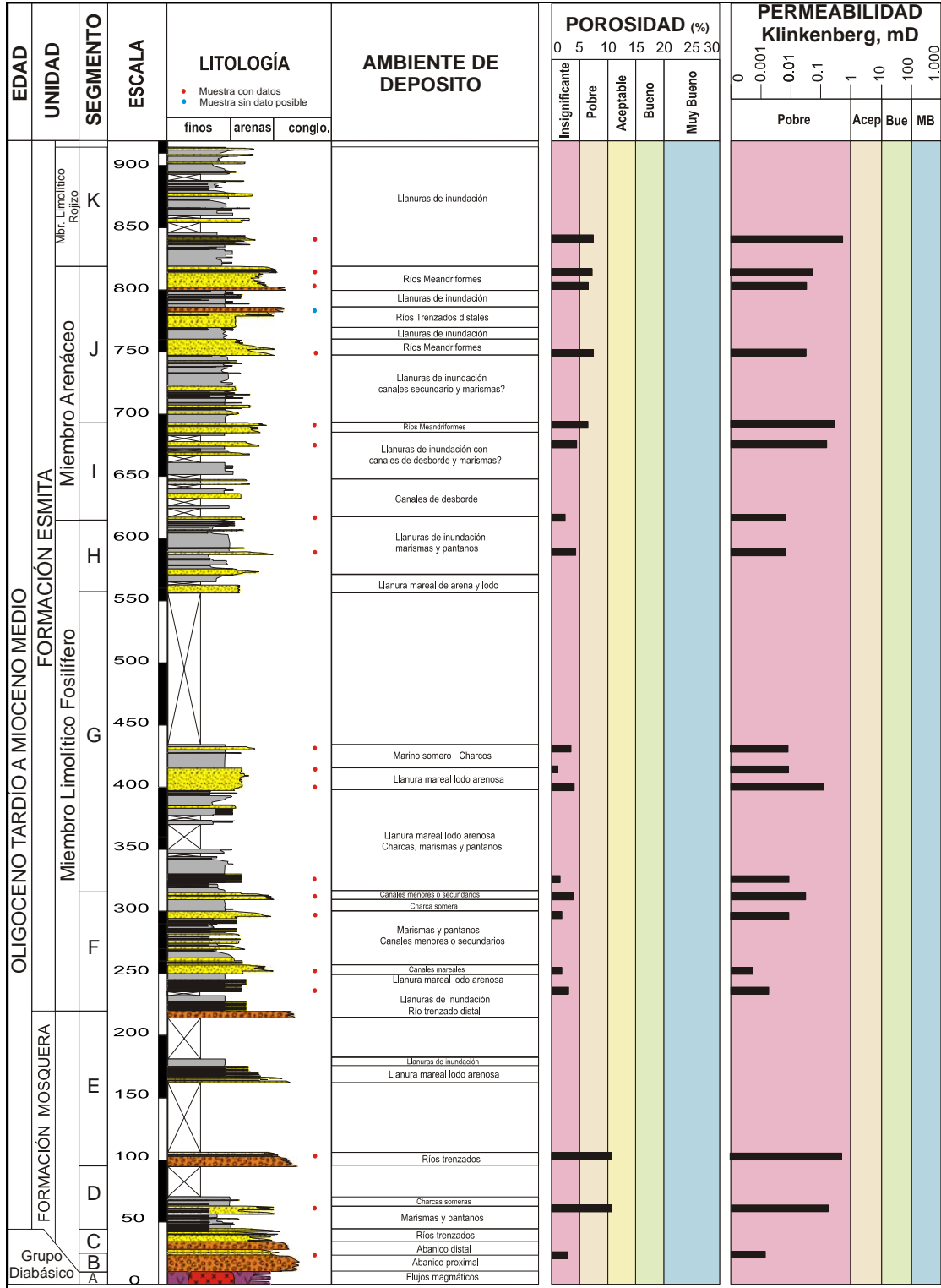


Figura 6-56. Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

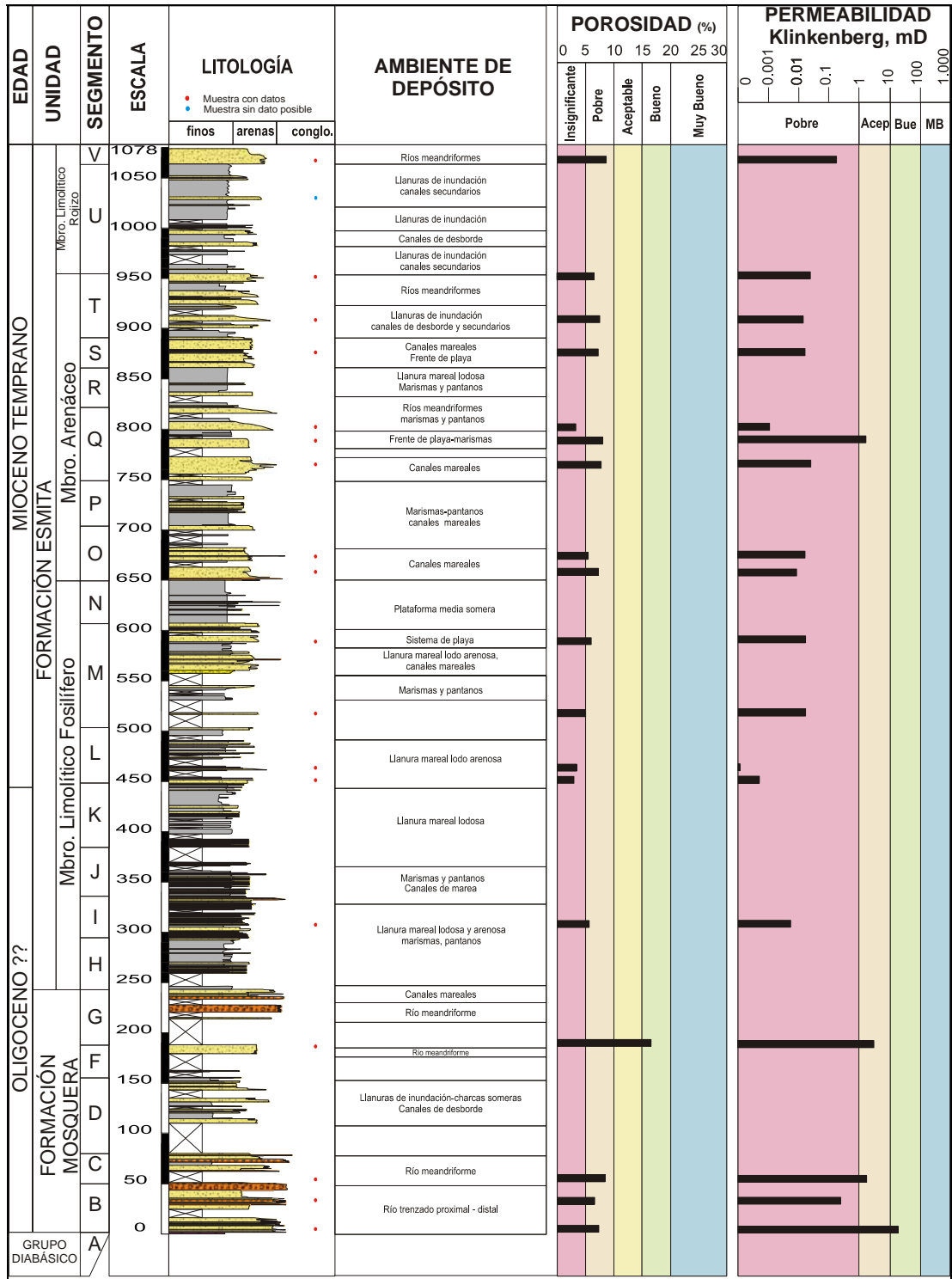


Figura 6-57. Perfil porosidad y permeabilidad de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Tabla 6-26. Resultados de análisis petrofísicos para la Formación Mosquera.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
El Boquerón	157.5	EB-RR-020	16.8	44.400	49.500	2.62
	126.3	EB-RR-007	10.0	1.450	1.860	2.65
	91.5	EB-RR-002	15.4	0.116	0.255	2.69
	73.5	EB-ER-013	15.5	8.440	10.000	2.62
Qda La Despensa	106.0	QD-RR-008	10.6	0.767	1.070	2.64
	61.0	QD-ER-030	10.8	0.348	0.564	2.61
	20.5	QD-ER-008	2.6	0.002	0.004	2.64
Río Esmita(m)	33.0	RE-CD-008	1.7	0.000	0.001	2.64
Qda Guanabanal	185.0	QG-RR-043	16.7	1.950	2.600	2.63
	49.5	QG-RR-016A	8.4	1.210	1.650	2.64
	28.5	QG-RR-011	6.7	0.571	0.806	2.64
	2.0	QG-RR-002	7.7	18.800	30.300	2.63
		Min	1.7	0.000	0.001	2.61
	Max	16.8	44.400	49.500	2.69	
	Promedio	10.2	6.504	8.218	2.64	
	Mediana	10.3	0.989	1.360	2.64	

La Figura 6-58 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad. Los mejores datos de porosidad y permeabilidad pertenecen a muestras provenientes de ambientes de ríos trenzados proximales y distales (**B1-B2**), depósitos de barras de orillal (**C1-C2**) y a algunos canales menores o secundarios (**D1a**) de ríos meandriiformes (**C-D**).

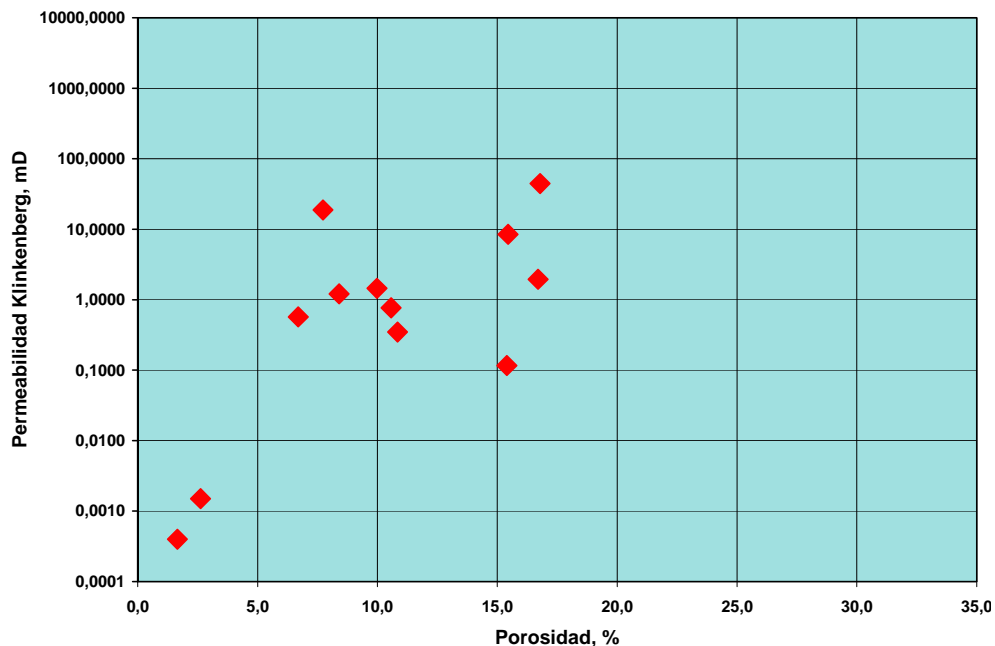


Figura 6-58. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras de la Formación Mosquera.

6.3.6 FORMACIÓN ESMITA

6.3.6.1 Miembro Limolítico Fosilífero

Para el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita se analizaron 14 muestras para petrofísica tomadas en las secciones Quebrada La Despensa (Figura 6-56) y Quebrada Guanabanal (Figura 6-57), (Tabla 6-27 y Anexo 12).

Tabla 6-27. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
Qda La Despensa	587.5	QD-ER-098	4.6	0.034	0.063	2.64
	430.5	QD-ER-079	3.7	0.01	< 0.01	2.64
	415.0	QD-RR-082	1.2	0.01	< 0.01	2.68
	403.0	QD-RR-074	3.9	0.106	0.192	2.65
	326.6	QD-RR-050	1.7	0.01	< 0.01	2.66
	313.5	QD-RR-044	3.7	0.064	0.103	2.64
	296.5	QD-ER-065	2.0	0.01	< 0.01	2.64
	254.2	QD-RR-034	2.0	0.0007	0.0021	2.66
	236.5	QD-RR-025	3.0	0.002	0.006	2.69
Qda Guanabanal	588.7	QG-JE-061	5.9	0.017	0.027	2.67
	517.0	QG-JE-052	5.0	0.019	0.026	2.68
	460.2	QG-RD-023	3.2	0.00	0.008	2.66
	448.8	QG-RD-020	3.0	0.0004	0.001	2.65
	302.0	QG-JE-022	5.4	0.008	0.016	2.68
	Min	1.2	0.000	0.001	2.6	
	Max	5.9	0.106	0.192	2.7	
	Promedio	3.4	0.021	0.044	2.7	
	Mediana	3.4	0.010	0.021	2.7	

Porosidad: las mediciones de porosidad en el Miembro Limolítico Fosilífero, varía entre insignificante a pobre con valores entre 1,2 y 5,9% (Tabla 6-27 y Anexo 12) y una mediana de 3,4% que la califican como insignificante.

Permeabilidad: la permeabilidad presenta valores calificados como pobres entre 0,000 y 0,106 mD (Tabla 6-27 y Anexo 12), con una mediana de 0,01 mD, calificada como pobre.

Comentarios: Los análisis realizados en rocas de esta Formación indican, en general, valores muy pobres como roca reservorio.

La Figura 6-59 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad.

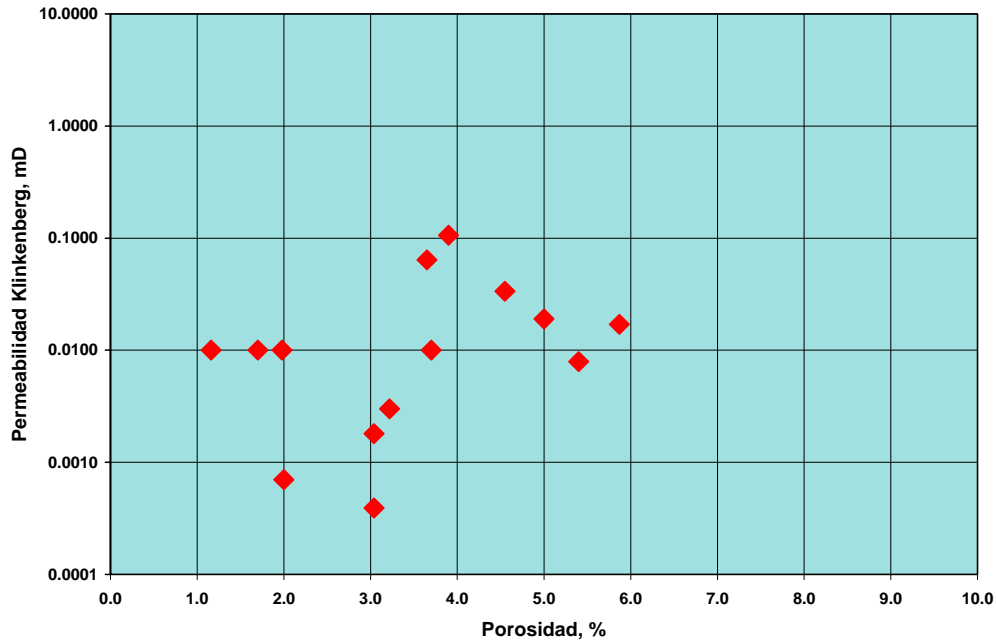


Figura 6-59. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.

6.3.6.2 Miembro Arenáceo

Para el Miembro Arenáceo de Formación Esmita se analizaron 18 muestras para petrofísica, se obtuvieron datos en 17 muestras tomadas en las secciones El Boquerón (Figura 6-55), Quebrada La Despensa (Figura 6-56) y Quebrada Guanabanal (Figura 6-57), (Tabla 6-28 y Anexo 12).

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro Arenáceo varían entre insignificante a bueno con valores entre 1,1 y 18,8% (Tabla 6-28 y Anexo 12) y una mediana de 7,2% que la califican como pobre.

Permeabilidad: La permeabilidad presenta valores calificados como pobre a aceptable entre 0,001 y 1,86 mD (Tabla 6-28 y Anexo 12) con una mediana de 0,030 mD, calificada como pobre.

Comentarios: Los valores de los resultados obtenidos varían entre regulares a pobres como roca reservorio.

La Figura 6-60 presenta la correlación porosidad vs log permeabilidad, los mejores valores de porosidad y permeabilidad están asociados a valores de frente de playa (F1).

Tabla 6-28. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
El Boquerón	637.5	EB-ER-138	18.8	0.302	0.445	2.64
	471.0	EB-RR-084	1.1	0.010	< 0.01	2.63
	455.0	EB-RR-083	11.0	0.178	0.293	2.64
Qda La Despensa	814.0	QD-ER-138	7.4	0.093	0.165	2.62
	803.5	QD-ER-134	6.8	0.064	0.109	2.63
	749.5	QD-ER-129	7.5	0.057	0.106	2.66
	691.0	QD-RR-107	6.6	0.354	0.486	2.63
	675.5	QD-ER-112	4.6	0.206	0.299	2.64
	616.0	QD-RR-097	2.5	0.010	< 0.01	2.72
Qda Guanabanal	953.0	QG-RF-108	6.8	0.030	0.063	2.69
	903.0	QG-JE-097	7.3	0.017	0.037	2.68
	870.0	QG-RF-086	7.3	0.014	0.024	2.68
	799.5	QG-JE-089	3.1	0.001	0.004	2.66
	786.5	QG-JE-082	8.0	1.860	2.050	2.70
	761.0	QG-JE-075	7.8	0.023	0.045	2.70
	670.5	QG-RF-035	5.2	0.016	0.028	2.66
	656.0	QG-RF-029	7.2	0.009	0.016	2.73
		Min	1.1	0.001	0.004	2.62
	Max	18.8	1.860	2.050	2.73	
	Promedio	7.0	0.191	0.278	2.66	
	Mediana	7.2	0.030	0.106	2.66	

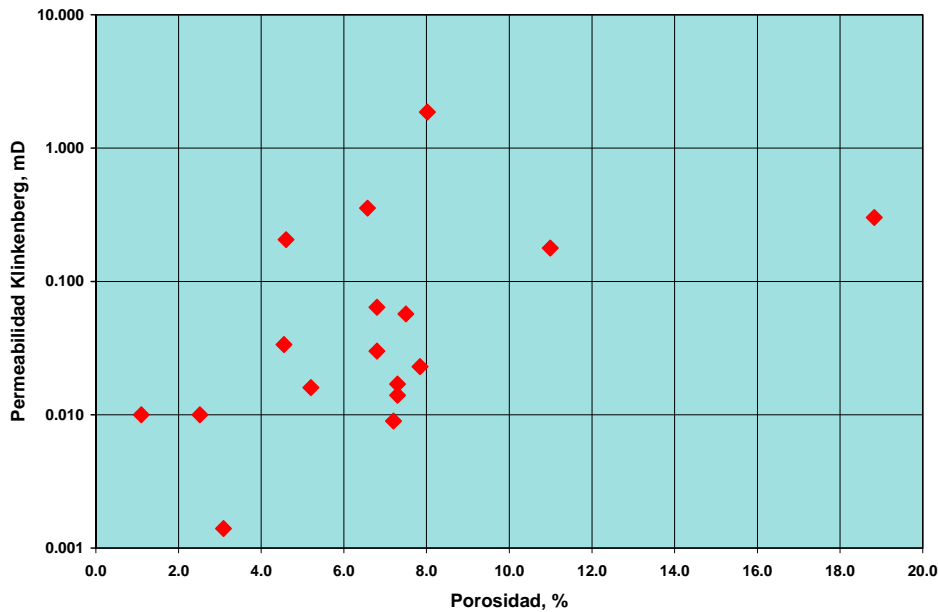


Figura 6-60. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita.

6.3.6.3 Miembro Limolítico Rojizo

Para Miembro Limolítico Rojizo de Formación Esmita se analizaron 5 muestras para petrofísica, se obtubieron datos en 4 muestras tomadas en las secciones El Boquerón

(Figura 6-55), Quebrada La Despensa (Figura 6-56) y Quebrada Guanabanal (Figura 6-57), (Tabla 6-29 y Anexo 12).

Tabla 6-29. Resultados de análisis petrofísicos para el Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.

Sección	Metro m	Identificación	Ambient Confining Stress 800 psi			Densidad de grano
			Porosidad %	Permeabilidad Klinkenberg, mD	Permeabilidad Aire, mD	
El Boquerón	705.5	EB-RR-133	12.8	0.126	0.210	2.66
	673.5	EB-RR-118	7.1	0.440	0.680	2.72
Qda La Despensa	840.0	QD-ER-151	7.5	0.760	0.94	2.64
Qda Guanabanal	1065.0	QG-JE-135	8.8	0.177	0.283	2.67
		Min	7.1	0.126	0.210	2.640
		Max	12.8	0.760	0.940	2.720
		Promedio	9.1	0.376	0.528	2.673
		Mediana	8.2	0.309	0.482	2.665

Porosidad: Las mediciones de porosidad en el Miembro Limolítico Rojizo, varían entre pobre a aceptable con valores entre 7,1 y 12,8% (Tabla 6-29 y Anexo 12) y una mediana de 8,2% que la califican como pobre.

Permeabilidad: La permeabilidad presenta valores calificados como pobres entre 0,126 y 0,76 mD (Tabla 6-29 y Anexo 12) con una mediana de 0,309 mD, calificada como pobre.

La Figura 6-61 presenta la correlación porosidad y log permeabilidad.

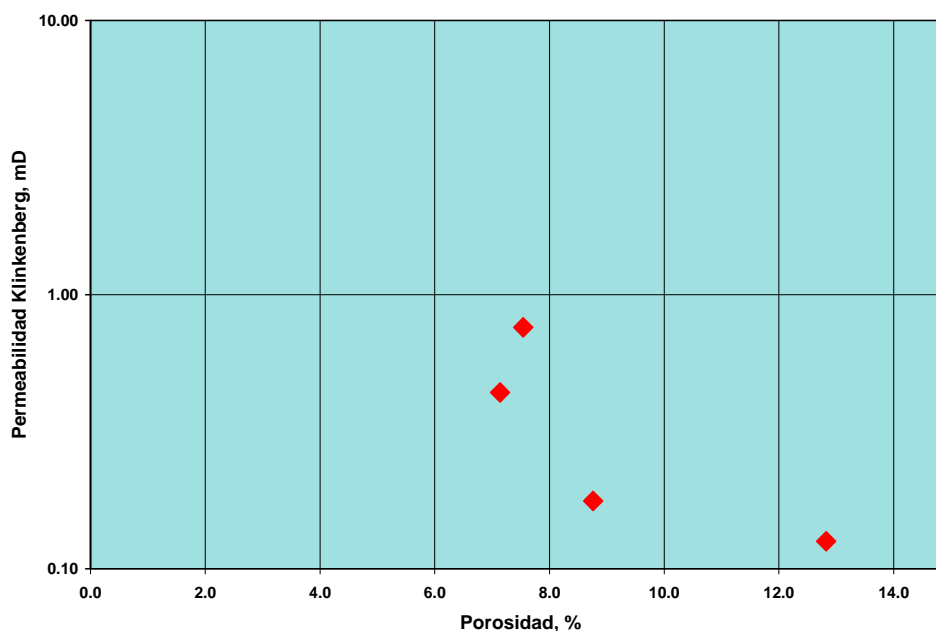


Figura 6-61. Relación porosidad vs log permeabilidad para muestras del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita.

Comentarios: De los valores resultantes en los análisis realizados se deduce que la roca es pobre como reservorio.

6.4 ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

El objetivo de los análisis geoquímicos es determinar la cantidad, calidad y madurez de la materia orgánica que posee una roca para poder establecer el tipo de hidrocarburos que es posible encontrar en la cuenca y caracterizar las posibles rocas generadoras de hidrocarburos en las secciones geológicas estudiadas. Se realizó un total de 323 análisis en 153 muestras de rocas diferentes, recolectadas en las 9 secciones estratigráficas, (Tabla 6-30). El informe de resultados se presenta en el Anexo 13.

Inicialmente se planteó realizar los análisis geoquímicos presentados en la Tabla 6-31, pero el tipo de material rocoso recolectado en campo solo fue apto para realizar tres de los cuatro tipos de análisis geoquímicos de rocas programados inicialmente y ninguno para crudos y extractos de roca (Tabla 6-30).

Tabla 6-30. Análisis Geoquímicos

Sector	Cauca Norte	Cauca Sur				Patía				TOTAL	
	Cartago-Alcalá (CA)	La Cima (LC) y La Cima-Quebrada (LCQ)	Río Guachinte (RG)	Río Guachinte Norte (RGN)	Río Guachinte Techo (RGT)	Río Esmita (RE) y Sector Fm. Mosquera	Quebrada Guanabanal (QG)	Quebrada La Despensa (QD)	El Boquerón (EB)		
Análisis Geoquímicos	COT	11	11	13	3	7	10	33	50	15	153
	Pirólisis Rock Eval	5	7	12	3	7	8	27	42	12	123
	Reflectancia de Vitrinita y MOA	2	4	4	2	3	0	8	19	5	47

Tabla 6-31. Análisis Geoquímicos planteados

ANÁLISIS GEOQUÍMICO	ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ROCA (Incluyen: muestras de afloramiento, ripios y corazones)	Carbono Orgánico Total (%COT)
		Pirólisis Rock Eval
		Conjunto de análisis de Petrografía Orgánica (caracterización del kerógeno, reflectancia de la vitrinita (Ro), índice de alteración termal "TAI" o índice de coloración de esnoras "ICE")
		Extracción soxhlet de bitumen
	ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE CRUDOS Y EXTRACTOS DE ROCA	Gravedad API
		Contenido de Azufre
		Contenido de Níquel y Vanadio
		Cromatografía líquida (SARA)
		Cromatografía gaseosa (CG)
		Biomarcadores de los saturados
		Biomarcadores de los aromáticos
		Isótopos de Carbono (d ¹³ C) de whole oil
		Isótopos de Carbono (d ¹³ C) de los saturados
		Isótopos de Carbono (d ¹³ C) de los aromáticos

Una roca generadora está definida como una roca capaz de generar y expulsar petróleo para formar acumulaciones de aceite y gas (Hunt, 1996), y por esta razón se analizarán los tres criterios principales de una roca generadora: riqueza orgánica (calidad y cantidad), tipo de kerógeno y madurez termal.

De todas las muestras recolectadas al levantar las secciones estratigráficas, se seleccionaron las de color más oscuro y de tamaño de grano más fino, para un total de 153 a las cuales se les realizó un análisis de carbono orgánico total (COT o TOC por sus siglas en inglés). Las muestras con mejores resultados de COT (>0,5%), se les realizó el análisis de pirólisis rock eval (123 muestras) y finalmente análisis de reflectancia de vitrinita y analisis de materia orgánica (MOA), a las muestras con mejores resultados de COT, S1 y S2 a 47 muestras.

Los métodos químicos o físicos realizados pueden revelar la actual capacidad de la materia orgánica de generar hidrocarburos; por lo tanto, la presentación de los resultados analíticos se realiza graficando los datos de Índice de Oxígeno (IO) vs Índice de Hidrógeno (IH), para determinar tipo de kerógeno (diagrama de Van Krevelen) y los datos de Temperatura máxima (Tmax) vs Índice de Hidrógeno (IH), para determinar grado de madurez y tipo de kerógeno (diagrama modificado de Van Krevelen), en cada unidad geológica.

En la Tabla 6-32, la Tabla 6-33, la Tabla 6-34 y la Tabla 6-35, se presentan los parámetros geoquímicos y los térmico calificativos utilizados para describir el potencial generador de petróleo, madurez de la roca, cantidad relativa de hidrocarburo generado y tipo de kerógeno.

Tabla 6-32. Calificación utilizada para el potencial de petróleo.

POTENCIAL DE PETRÓLEO	COT (% peso)	S1 (mg HC/g roca)	S2 (mg HC/g roca)
Pobre	0 - 0,5	0 - 0,5	0 - 2,5
Favorable	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	2,5 - 5,0
Bueno	1,0-2,0	1,0-2,1	5,0-10
Muy Bueno	2,0-4,0	2,1-4,0	10-20
Excelente	> 4,0	> 4,0	> 20

Tabla 6-33. Calificación utilizada para la madurez de la roca basada en la temperatura

TEMPERATURA DE PIRÓLISIS	Tmax °C
Inmaduras	< 435
Madurez temprana	435-445
Rocas en pico de generación	445-450
Rocas final ventana de aceite	450-470
Sobremaduras	> 470

Tabla 6-34. Calificación del potencial de aporte de kerógenos inmaduros (cantidad y productos) basada en el índice de hidrógeno.

Índice de Hidrógeno (IH)	Principales productos	Cantidad relativa
<50	Gas	Poca
50-300	Aceite-Gas	Poca
300 - 450	Aceite	Moderado
450 - 600	Aceite	Grande
>600	Aceite	Muy grande

Tabla 6-35. Tipo de Kerógeno, ámbito y generación de hidrocarburos

Tipo	Ámbito	Generación de hidrocarburos
I	Lacustre	Aceite
II	Marino	Aceite
III	Continental	Gas/Aceite
IV	Retrabajado y Oxidado	

SECTOR CAUCA NORTE

6.4.1 FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA

En la Formación Cinta de Piedra se analizaron 11 muestras para materia orgánica y a 5 de ellas (COT >0,5%) se les realizó pirólisis (Tabla 6-36, Figura 6-62 y Anexo 13).

Cantidad de materia orgánica: Tres de las once muestras analizadas de la Formación Cinta de Piedra presentan excelentes contenidos de carbono orgánico total (COT), en los segmentos C (metro 136,1 a 147,4), con valores entre 6,91 y 8,57% peso; una muestra con valor de 3,19% calificada como muy buena; el resto de la sección presenta valores pobres de COT. La mediana calculada de todas las muestras analizadas es de 0,45% peso lo que es calificado como pobre. El segmento C se acumuló en ríos trezados distales y llanuras de inundación muy semejante a los actuales morichales de los llanos orientales.

Calidad de la materia orgánica: Los valores de S1 son pobres, excepto la muestra CA-MR-012 (metro 147,2) con valor muy bueno; la mediana calculada es 0,450gHC/g COT (pobre). Los valores de S2 son favorables a pobres, con la muestra CA-MR-012 con valor excelente, la mediana calculada es 4,46 mgHC/g COT (favorable). El Índice de Hidrógeno (IH) varía entre 8,08 y 314,47 mgHC/g COT, con una mediana de 65,95 mgHC/g COT que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Tabla 6-36. Datos de pirólisis, COT y Ro de la Formación Cinta de Piedra.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Cartago-Alealá	1702.5	CA-JCC-021	0.34								
	1630.3	CA-MR-251A	0.43								
	1544.0	CA-JJ-188	0.19								
	1304.0	CA-JJ-122	0.50	0.03	0.04	0.72	436	8.08	145.45	6.07	
	493.0	CA-JJ-002	0.10								
	432.6	CA-JC-046	0.28								
	213.0	CA-JC-010	0.12								
	168.0	CA-JC-002	3.19	0.50	4.46	2.46	430	139.94	77.19	15.54	0.46
	147.4	CA-MR-012	8.57	2.09	26.95	3.55	432	314.47	41.42	24.43	0.50
	142.1	CA-MR-008	6.91	0.32	4.36	5.37	431	63.12	77.75	4.65	
	136.1	CA-MR-004	7.58	0.45	5.00	6.39	432	65.95	84.28	5.89	
PROMEDIO			2.56	0.68	8.16	3.70	432.2	118.31	85.22	11.32	0.48
MEDIANA			0.43	0.45	4.46	3.55	432.0	65.95	77.75	6.07	0.48

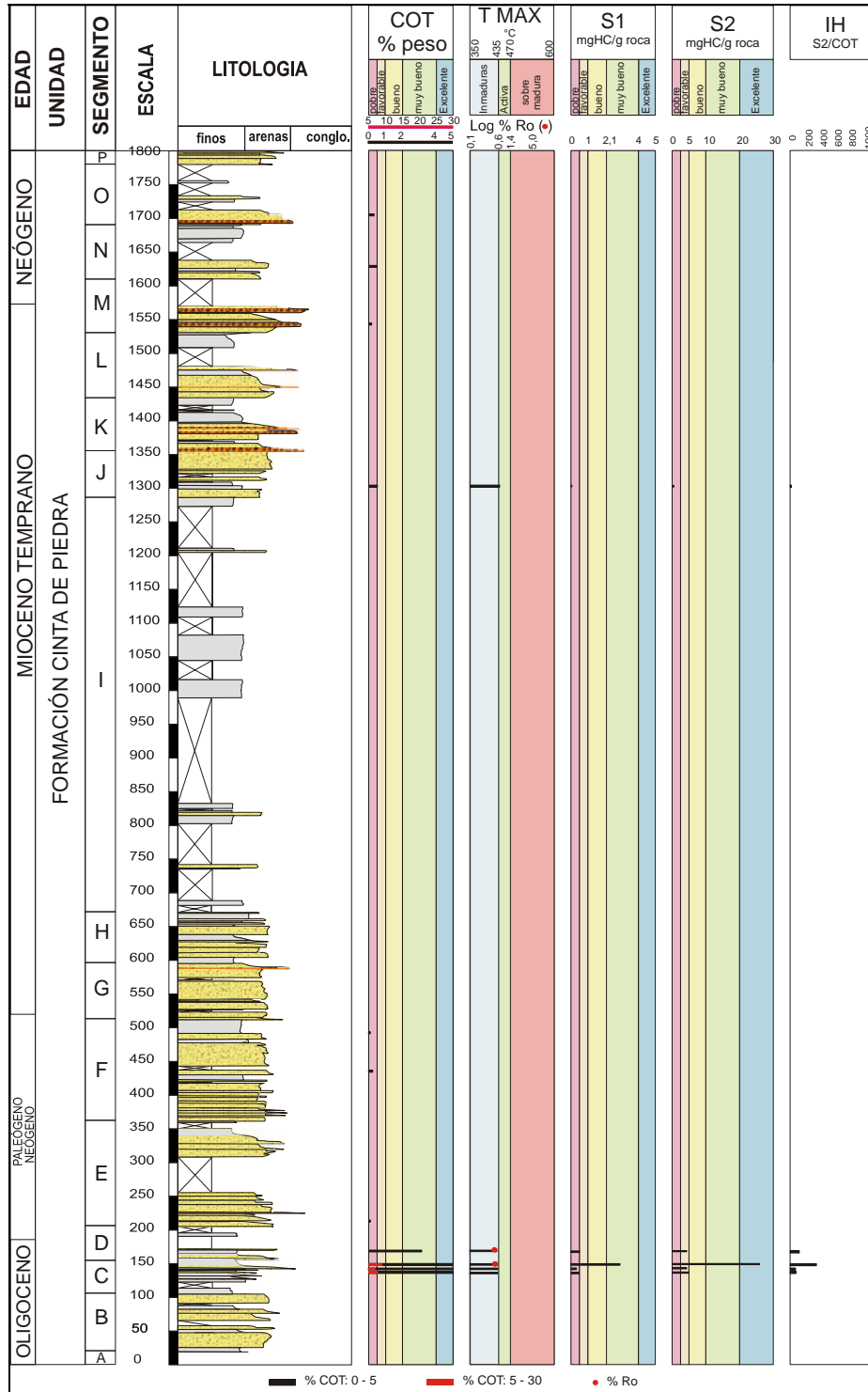


Figura 6-62. Perfil geoquímico de la Sección Cartago-Alcalá (CA); columna estratigráfica sintética de la Formación Cinta de Piedra.

Composición de la materia orgánica: El kerógeno está compuesto por detrito orgánico de origen terrestre. Las *cutículas* (a menudo muy bien preservadas) es dominante seguida por cantidades significativas de *vitrinita* (calidad regular a buena pero a menudo con fluorescente débil naranja-rojo oscuro), materia *algácea* (protuberancias y películas anastomosadas), *inertinita* y restos *amorfos* fluorescentes (más probablemente *cutícula* degradada). *Esporas* anaranjado-marrones (**TAI**-Índice de Alteración Termal; 2-/2) están presente en menor proporción a las cantidades significativas y tiene fluorescencia débil amarillo-naranja a anaranjado claro (oxidación parcial). Algunos granos alargados de *polen* son de color marón claro (**TAI**; 2/2+) y, es probable, representan una población reciclada de bajo nivel (Figura 6-63).

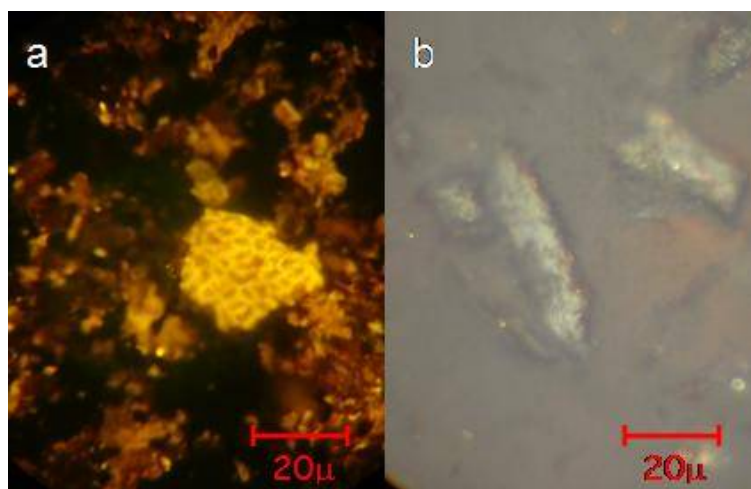


Figura 6-63. Esporas y granos de polen alargados. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante obtenido es de tipo III y IV, con una muestra dentro del tipo II (Figura 6-64A). Conforme a la composición de los macerales, el kerógeno se clasifica como tipo II/III con un potencial regular a bueno para la generación de gas y en menor importancia aceite.

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis (**Tmax**) oscilan entre 430 y 436°C indicativa de rocas inmaduras hasta rocas que alcanzaron una madurez temprana, la mediana 432°C indica una promedio de rocas inmaduras (Figura 6-64B).

La madurez termal, según los datos de la reflectancia de la vitrinita (**Ro**) (0,46% y 0,50% en las muestras CA-JC-002 y CA-MR-012, respectivamente) indica que el kerógeno está moderadamente maduro con respecto a la generación del hidrocarburo. Los datos **TAI** (Índice de Alteración Termal) indican que el Kerógeno está levemente más maduro, cerca y equivalente de la reflectancia de la vitrinita **Ro** del 0,50%. Los

datos de la vitrinita están afectados muy probablemente por la inclusión de vitrinita fluorescente que tiene una reflectancia más baja que en telocollinita prístino.

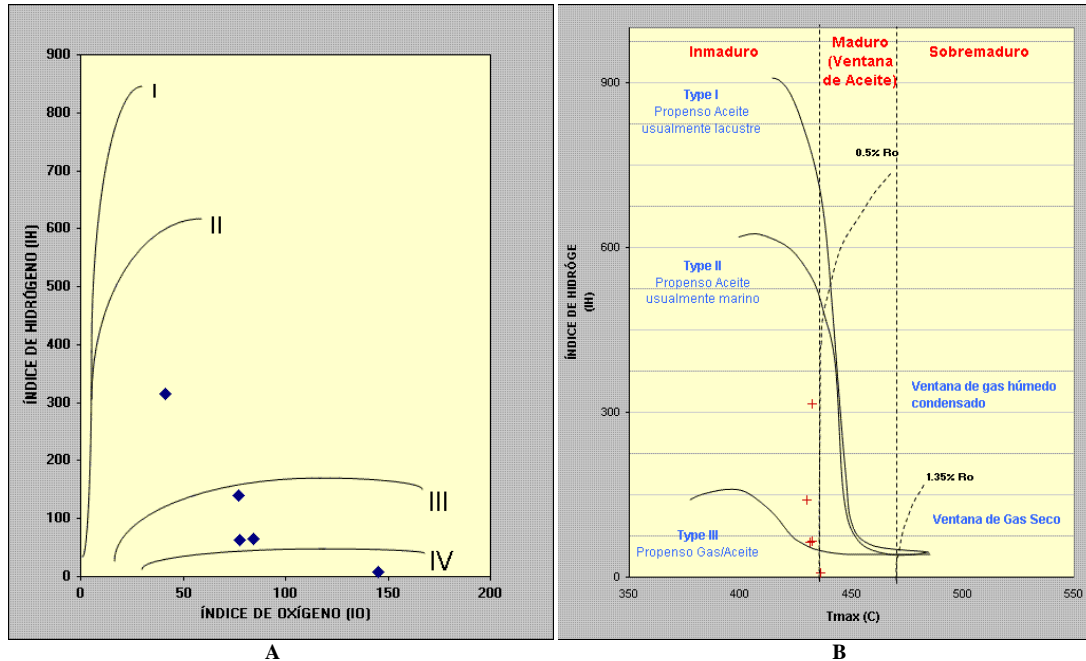


Figura 6-64. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Cinta de Piedra, Sección Cartago-Alcalá; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentarios: Los mejores resultados de COT se encontraron en la base de la Formación Cinta de Piedra, con muestras de hasta 8,7% en peso, de buena calidad de la materia orgánica, con un potencial regular a bueno para la generación de gas y en menor importancia aceite, la roca es generalmente inmadura con algunas muestras en ventana de generación

SECTOR CAUCA NORTE

6.4.2 FORMACIÓN CHIMBORAZO

6.4.2.1 Miembro Loma Larga

Para el Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo se analizaron 7 muestras para materia orgánica y a 3 de ellas (COT >0,5%) se les realizó pirólisis (Tabla 6-37, Figura 6-65 y Anexo 13).

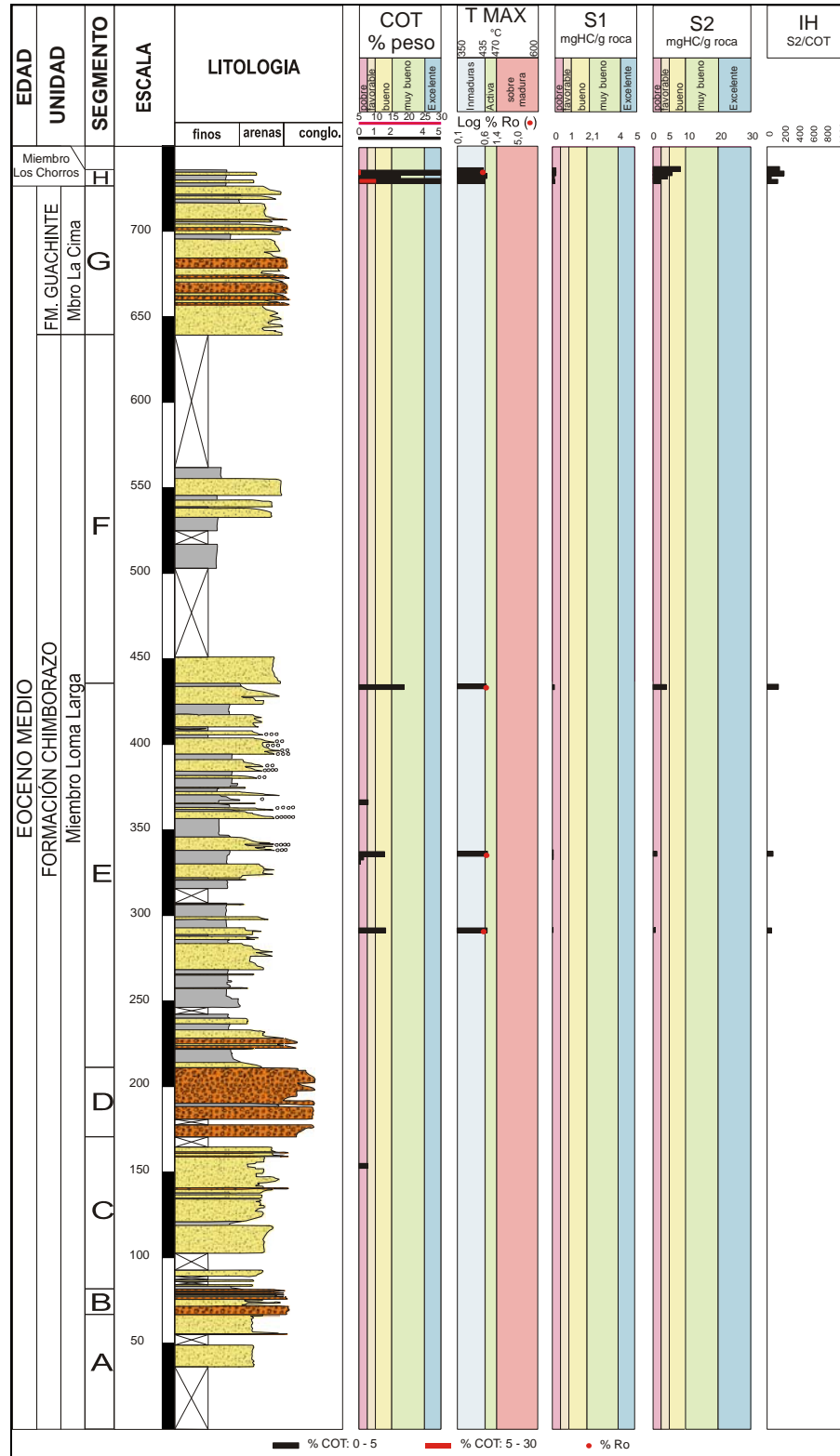


Figura 6-65. Perfil geoquímico de la Sección La Cima (LC); columna estratigráfica sintética de las Formación Chimborazo-Miembro Loma Larga y Formación Guachinte-Miembros La Cima y Los Chorros-base.

Cantidad de materia orgánica: En la Sección La Cima se obtienen valores entre 0,04 y 2,78% peso, calificado como pobres a muy buenos contenidos de carbono orgánico total (COT); la mediana de los datos de COT es de 0,52% peso, que es un valor favorable. Los valores más altos están en el segmento E (metro 211,5 a 436,5) el cual se depositó sobre ríos meandriformes y llanuras de inundación.

Tabla 6-37. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
La Cima	433.00	LC-JCC-111	2.78	0.09	4.00	0.80	439	143.99	28.80	3.24	0.68
	367.8	LC-DR-022	0.51								
	337.5	LC-DR-002	1.56	0.02	1.12	0.31	447	71.61	19.82	1.28	0.68
	336.00	LC-DR-001	0.28								
	334.5	LC-RR-054	0.04								
	292.5	LC-RR-031	1.64	0.02	0.68	1.33	439	41.59	81.35	1.22	0.59
	155.00	LC-JCC-052	0.52								
PROMEDIO			1.05	0.04	1.93	0.81	441.7	85.73	43.32	1.91	0.65
MEDIANA			0.52	0.02	1.12	0.80	439.0	71.61	28.80	1.28	0.68

Calidad de la materia orgánica: Los valores de S1 son pobres con una mediana de 0,02 y los valores de S2 son pobres a favorables con una mediana de 1,12 (pobre). El Índice de Hidrógeno (IH) varía entre 42 y 143 mgHC/g COT, con una mediana de 71,61 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Composición de la materia orgánica: El Kerógeno está formado por restos de origen terrestre con pocos fragmentos de *liptinita* que despiden luz fluorescente. La *vitritina (telocollinita)* es de mediana a buena calidad en general. La diapositiva indica un aumento de la materia orgánica amorfa no fluorescente, eso es pelicular, respecto a otras muestras en esta serie. Las protuberancias *algáceas* despiden luz fluorescente amarillo y están dispersas con ocasionales restos de *cutículas* y de *resina*. Los granos de *polen* alargados de color marrón claro a marrón rojizos no son fluorescentes y tienen un valor de TAI de 2/2+, una *espora tétrada* es marrón claro a rojo-marrón y, no fluorescente (2+; 2+/3-) y se considera sea una población reciclada. Algunas esporas de hongos alargadas también están presentes (Figura 6-66).

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (IH) e Índice de Oxígeno (IO) el kerógeno predominante obtenido es de tipo II y III, (Figura 6-67A). Conforme a la composición de los macerales, el kerógeno se clasifica como tipo mixto II/III con un potencial inferior a mediano para la generación de gas y un potencial de trazas a pequeño para el aceite.

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis (Tmax) oscilan entre 439 y 447°C indicativa de rocas con madurez temprana y rocas en pico de generación (Figura 6-67B), la mediana calculada es de 439°C se encuentra en la zona de madurez temprana. La madurez termal dada por los datos obtenidos de la reflectancia de

la *vitrinita* (**Ro** del 0,59% a 0,68%) indica que el kerógeno está entrando en la ventana del aceite y entrando en la zona de producción máxima de la formación de aceite, actualmente.

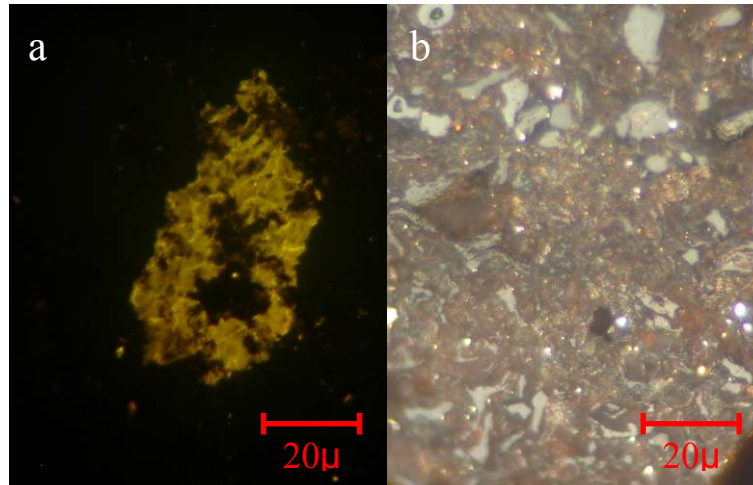


Figura 6-66. Materia orgánica amorfa no fluorescente. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.

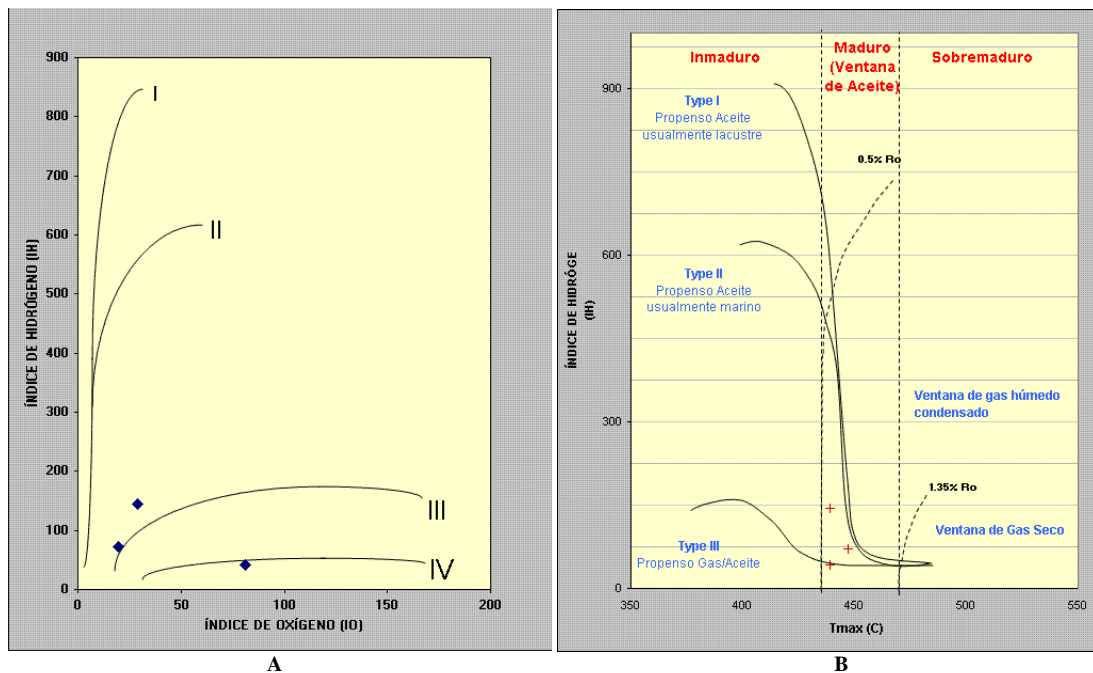


Figura 6-67. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Loma Larga, Formación Chimborazo; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Para el Miembro Loma Larga se reportaron valores de **COT** favorables, y materia orgánica tipo II y III, lo cual sugiere un potencial moderado para la generación

de gas y bajo para la generación de petróleo por encontrarse entre la curva de madurez temprana y en pico de generación..

6.4.3 FORMACIÓN GUACHINTE

6.4.3.1 Miembro Los Chorros

Se analizaron 4 muestras del Miembro Los Chorros, Sección La Cima, para contenido de materia orgánica y pirólisis, (Tabla 6-38, Figura 6-65 y Anexo 13); en la Sección Río Guachinte se analizaron 8 muestras para COT y de éstas se escogieron 7 para análisis de pirólisis (Tabla 6-38, Figura 6-68 y Anexo 13).

Tabla 6-38. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	SI/ COT	Ro %
Río Guachinte	193.6	RG-JJ-058	3.07	0.06	1.58	2.76	443	51.45	89.87	1.95	0.51
	185.7	RG-JJ-051	1.91	0.10	2.66	0.21	436	139.12	10.98	5.23	
	164.9	RG-JJ-033	2.55	0.11	3.03	0.33	435	118.96	12.96	4.32	0.60
	148.5	RG-DR-052	6.88	0.18	8.44	2.17	431	122.67	31.54	2.62	0.57
	134.0	RG-DR-041	0.11								
	109.4	RG-027	5.33	0.07	2.35	3.57	441	44.07	66.95	1.31	
	52.8	RG-008	10.06	0.11	14.03	3.45	439	139.52	34.31	1.09	
	18.5	RG-DR-019	2.23	0.04	2.41	0.79	439	108.31	35.51	1.80	0.60
		PROMEDIO	4.02	0.10	4.93	1.90	437.7	103.45	40.30	2.62	0.57
		MEDIANA	2.81	0.10	2.66	2.17	439.0	118.96	34.31	1.95	0.59
La Cima	736.2	LC-RR-081	5.29	0.22	8.39	0.40	430	158.48	7.56	4.16	0.53
	733.5	LC-RR-079A	2.70	0.22	5.91	0.67	435	219.13	24.84	8.16	
	732.3	LC-RR-078	11.39	0.08	4.77	7.85	441	41.89	68.93	0.70	
	732.1	LC-RR-077	1.76	0.16	2.38	1.03	435	135.30	58.56	9.10	
		PROMEDIO	5.28	0.17	5.36	2.49	435.3	138.70	39.97	5.53	0.53
		MEDIANA	4.00	0.19	5.34	0.85	435.0	146.89	41.70	6.16	0.53
TOTAL		PROMEDIO	4.44	0.12	5.09	2.11	436.8	116.27	40.18	3.68	0.56
		MEDIANA	2.88	0.11	3.03	1.03	436.0	122.67	34.31	2.62	0.57

Cantidad de materia orgánica: En la Sección La Cima se presentan buenos a excelentes contenidos de carbono orgánico total (COT) (segmentos H, metro 732,1 a 736,2) con valores entre 1,76 y 11,39% peso. En la Sección Río Guachinte, se obtienen buenos a excelentes valores de COT (entre 0,11 y 10,06%), predominando los valores excelentes de COT. La mediana calculada es de 2,88% peso, calificado como muy bueno. Esta unidad esta acumulada sobre llanuras de inundación, marisma y pantanos.

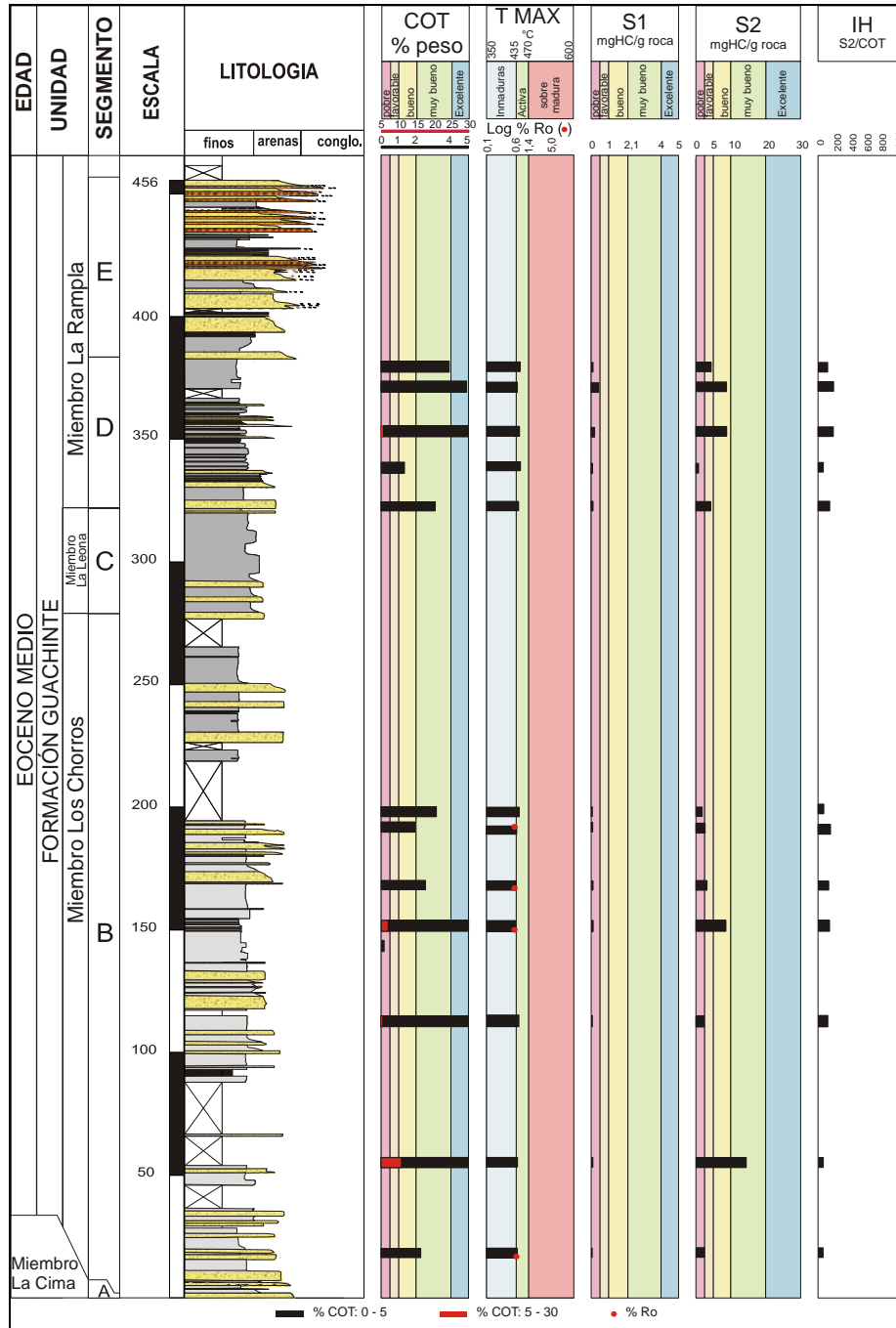


Figura 6-68. Perfil geoquímico de la Sección Río Guachinte (RG); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-miembros LaCima-techo, Los Chorros, La Leona y LaRampla.

Calidad de la materia orgánica: Los valores de S1 están entre 0,06 y 0,22 mgHC/g roca (pobres) tanto en la Sección La Cima como en la Sección Río Guachinte, con una mediana calculada de 0,11 mgHC/g roca. Los valores de S2 son pobres a buenos en la Sección La Cima, variando entre 2,38 y 8,39 mgHC/g roca. La Sección Río Guachinte

cubre la totalidad del Miembro Los Chorros, y los valores de S2 varían entre 1,58 mgHC/g roca y 14,03 mgHC/g roca (pobres a muy buenos). La mediana calcula para todos datos de S2 en el Miembro Los Chorros es de 3,03 mgHC/g roca, calificado como favorable.

En la Sección La Cima el Índice de Hidrógeno (**IH**) varía entre 41,89 y 219,13 mgHC/g COT, mientras que en la Sección Río Guachinte el Índice de Hidrógeno (**IH**) varía entre 44,07 y 139,52 mgHC/g COT, la mediana calculada es de 122,67 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Composición de la materia orgánica: El kerógeno está formado por detritos orgánicos de origen terrestre. La *vitritina* (de calidad regular a buena) es dominante seguida por la *inertinita* y después por protuberancias y películas *algáceas*. Las *esporas*, granos de *polen* y *cutículas* son componentes menores en la asociación. Fragmentos traza de *resina* están también presentes y despiden luz fluorescente amarilla (Figura 6-69.).

Tipo de kerógeno: De acuerdo a relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**), el kerógeno predominante identificado es de tipo II y III, (Figura 6-70A). Conforme a la composición de los macerales, el kerógeno se clasifica como tipo II/III con un buen potencial para la generación de gas y en menor importancia aceite.

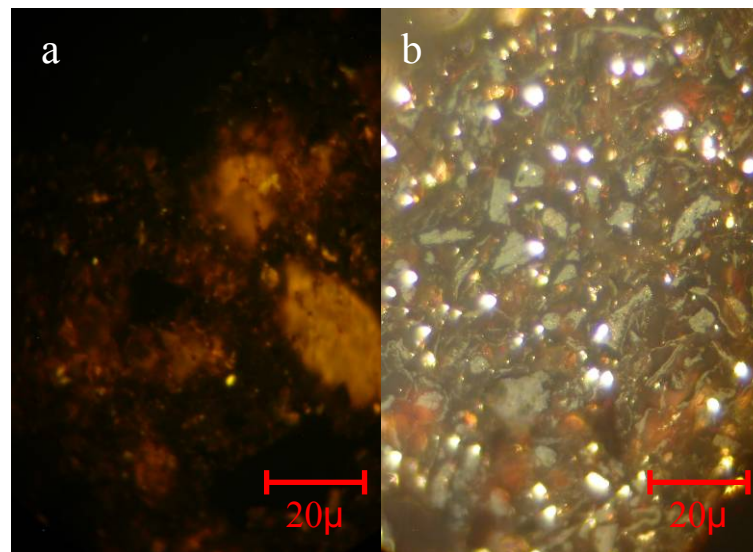


Figura 6-69. Vitritina, inertinita y películas algáceas. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.

Grado de madurez de la materia orgánica: En la Sección La Cima las temperaturas de pirólisis (**Tmax**) oscilaron entre 430 y 441°C, mientras que en la Sección Río Guachinte se obtuvieron valores de Tmax que oscilaron entre 431 y 443°C. Los valores obtenidos en ambas secciones son indicativos de rocas inmaduras hasta rocas que

alcanzaron una madurez temprana (Figura 6-70B). La mediana es 436°C también está dentro del rango de rocas con madurez temprana. Los datos de la reflectancia de la vitrinita (**Ro**) obtenidos son: 0,51%, 0,53%, 0,57%, y 0,60%, indicando para la madurez termal, que el kerógeno se encuentra entre moderadamente maduro con respecto a la generación del hidrocarburo y, acaba de entrar en la ventana del aceite, actualmente.

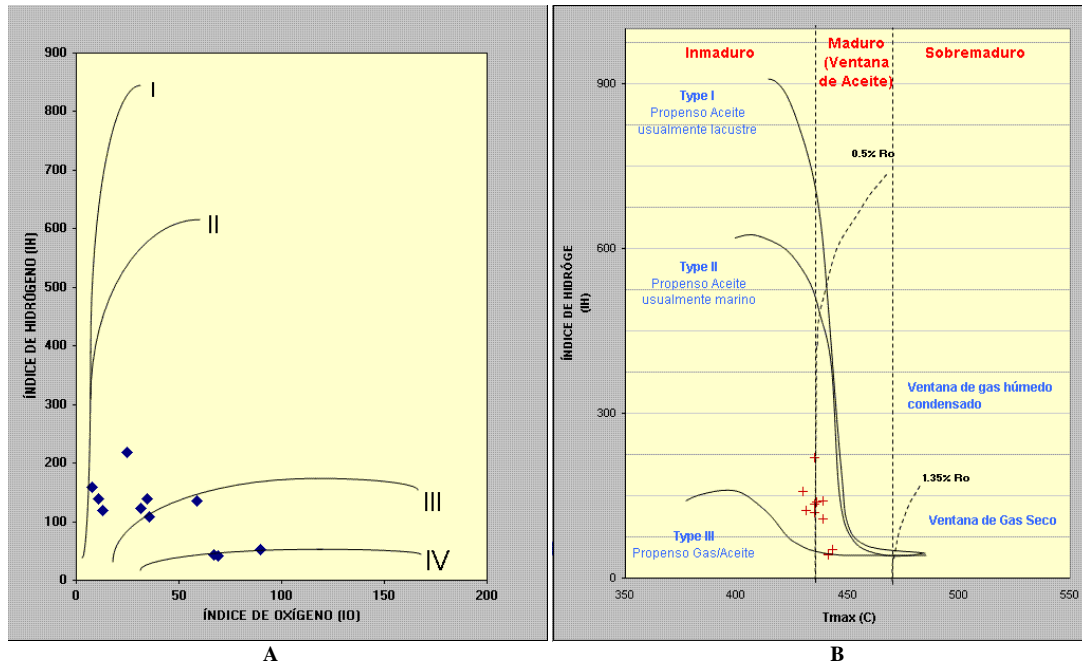


Figura 6-70. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro los Chorros, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Los valores reportados para **COT** son muy buenos a excelentes, lo cual sugiere un potencial interesante para la generación de gas, pero bajo para la generación de petróleo.

6.4.3.2 Miembro La Leona

Solo una muestra fue analizada para el Miembro La Leona en la Sección Río Guachinte (Tabla 6-39, Figura 6-68 y Anexo 13) para **COT** y pirólisis.

Cantidad de materia orgánica: Presenta muy buen valor de contenido de carbono orgánico total (**COT**) con un valor de 3,01%. Esta unidad se acumuló en lagos someros y marismas.

Tabla 6-39. Datos de pirólisis y COT del Miembro La Leona de la Formación Guachinte.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT
RG	315.0	RG-RR-011	3.01	0.13	4.18	0.40	441	139	13	4

Calidad de la materia orgánica: El valor de S1 es pobre con 0,13 mgHC/g roca, mientras que el valor de S2 es favorable de 4,18 mgHC/g roca, el Índice de Hidrógeno es de 139 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Tipo de kerógeno: En la Sección Río Guachinte de acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante obtenido es de tipo II (Figura 6-71A).

Grado de madurez de la materia orgánica: La temperatura de pirólisis (**Tmax**) dio un valor de 441°C, que es indicativo de rocas que alcanzaron una madurez temprana (Figura 6-71B).

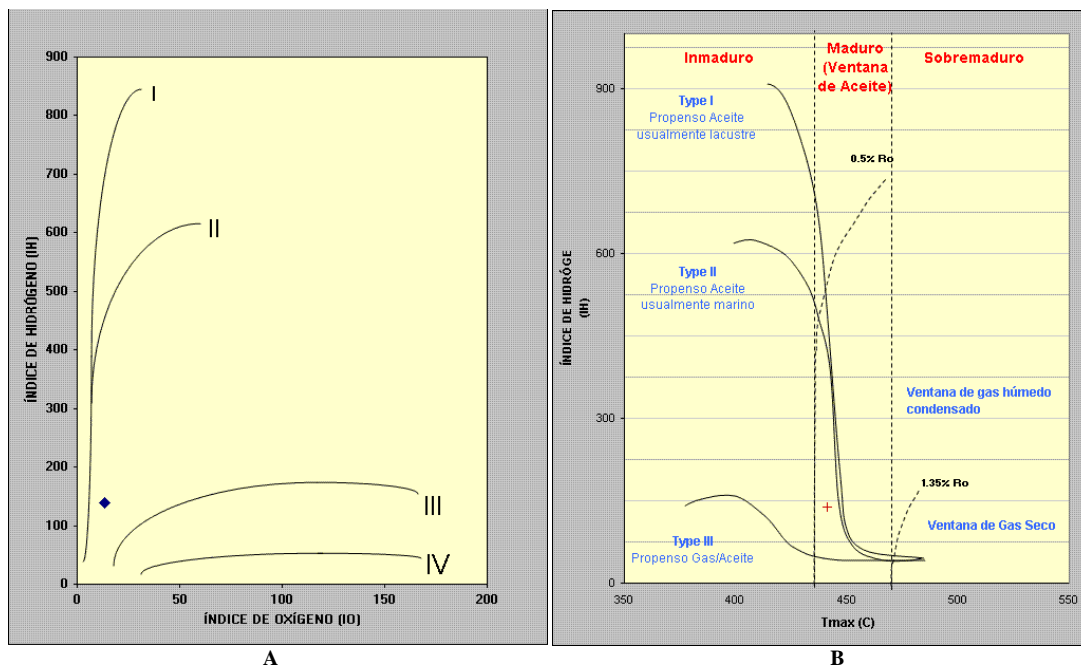


Figura 6-71. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro La Leona, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Para el Miembro La Leona se reportó un valor de **TOC** excelente (3,01%); con materia orgánica tipo II, con un potencial bueno para la generación de gas y favorable para la generación de petróleo.

6.4.3.3 Miembro La Rampla

El Miembro La Rampla fue muestreado en: a) Sección Río Guachinte (parte inferior de la unidad) con 4 muestras para **COT**, las cuatro para pirólisis (Tabla 6-40, Figura 6-68 y Anexo 13); b) Sección Río Guachinte Norte (parte media de la unidad), 3 muestras para **COT**, las tres para pirólisis (Tabla 6-40, Figura 6-72 y Anexo 13) y c) Sección Río Guachinte Techo (parte superior de la unidad) una muestra para **COT** y pirólisis (Tabla 6-40, Figura 6-73 y Anexo 13).

Tabla 6-40. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro La Rampla de la Formación Guachinte.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %	
RG	373.0	RG-DR-123	3.85	0.09	4.24	1.18	446	110	31	2		
	361.8	RG-DR-116	4.87	0.42	8.52	0.25	438	175	5	9		
	345.0	RG-DR-105	5.08	0.22	8.82	1.26	442	173	25	4		
	331.0	RG-RR-021	1.34	0.07	0.93	0.86	448	69	64	5		
	PROMEDIO			3.79	0.20	5.63	0.89	443.5	131.95	31.16	5.13	
MEDIANA			4.36	0.16	6.38	1.02	444.0	141.78	27.71	4.77		
RGN	191.5	RGN-JJ-076	5.71	0.18	17.72	0.65	444	310	11	3		
	179.5	RGN-JJ-072	19.92	1.11	45.89	1.22	430	230	6	6	0.59	
	83.5	RGN-JJ-054	14.79	0.51	26.17	2.51	439	177	17	3	0.63	
	PROMEDIO			13.47	0.60	29.93	1.46	437.7	239.24	11.49	4.06	0.61
	MEDIANA			14.79	0.51	26.17	1.22	439.0	230.42	11.38	3.45	0.61
RGT	57.3	RGT-DR-158	2.22	0.07	1.83	0.40	446	82	18	3	0.67	
TOTAL	PROMEDIO		7.22	0.33	14.27	1.04	441.6	165.99	22.14	4.48	0.63	
	MEDIANA		4.98	0.20	8.67	1.02	443.0	174.22	17.50	3.89	0.63	

Cantidad de materia orgánica: En la parte inferior de la unidad (Sección Río Guachinte) se presentan valores de carbono orgánico total (**COT**) entre 1,34 y 5,08% en peso (muy bueno a excelente); en la parte media de la unidad (Sección Río Guachinte Norte) se obtienen valores de carbono orgánico total (**COT**) excelentes que oscilan entre 5,71 y 19,92% en peso; en la parte superior de la unidad (Sección Río Guachinte Techo) se obtiene un valor de 2,22% peso de carbono orgánico total (**COT**) para un potencial de petróleo muy bueno. La mediana obtenida de los valores de **COT** del Miembro La Rampla cae dentro del rango de excelente con 4,98% en peso. Esta unidad se depositó en ambientes de llanuras de inundación–marismas y ríos meandriformes.

Calidad de la materia orgánica: En las tres secciones estratigráficas levantadas del Miembro La Rampla, los valores de S1 oscilan entre 0,07 y 1,11 mgHC/g roca (pobres) a excepción de la muestra RGN-JJ-072 (Sección Río Guachinte Norte) que está dentro del rango de buena. La mediana calculada es de 0,20 mgHC/g roca que se califica como pobre.

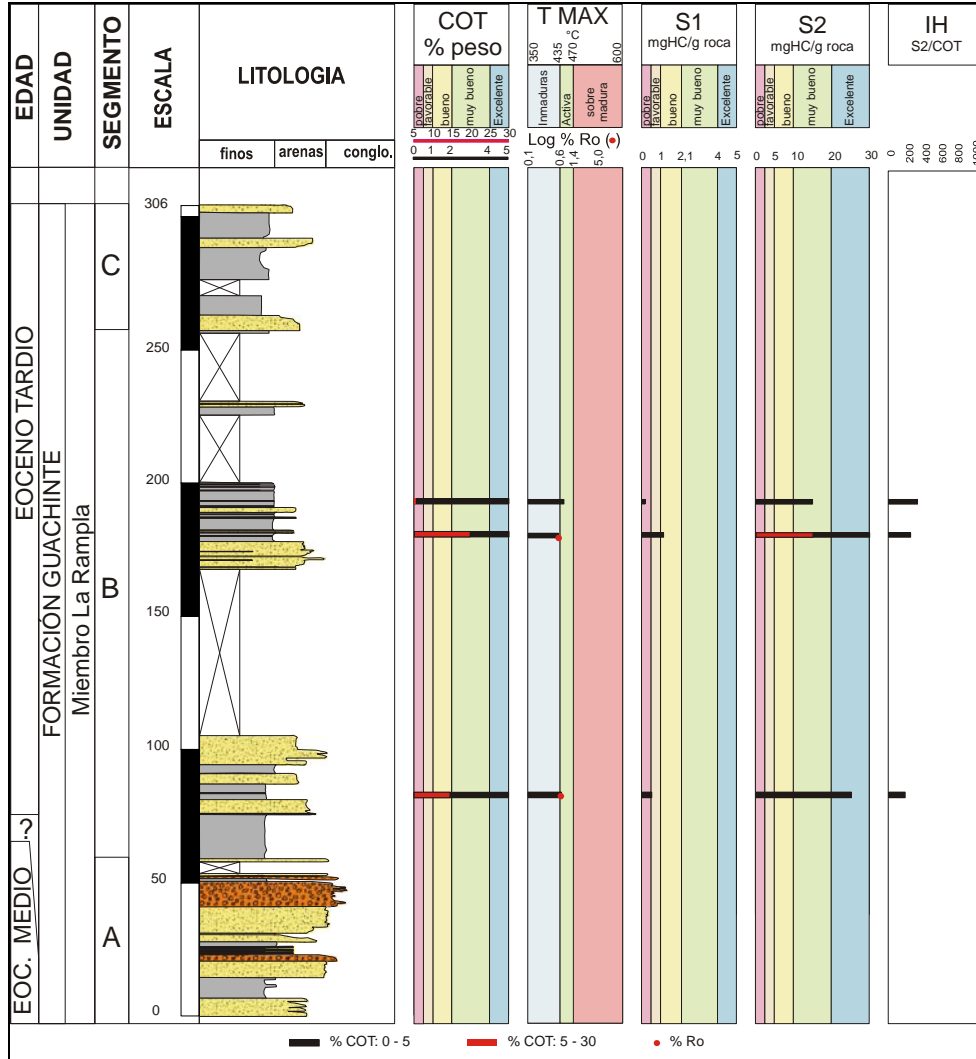


Figura 6-72. Perfil geoquímico en la Sección Río Guachinte Norte (RGN); columna estratigráfica sintética de la Formación Guachinte-Miembro La Rampla.

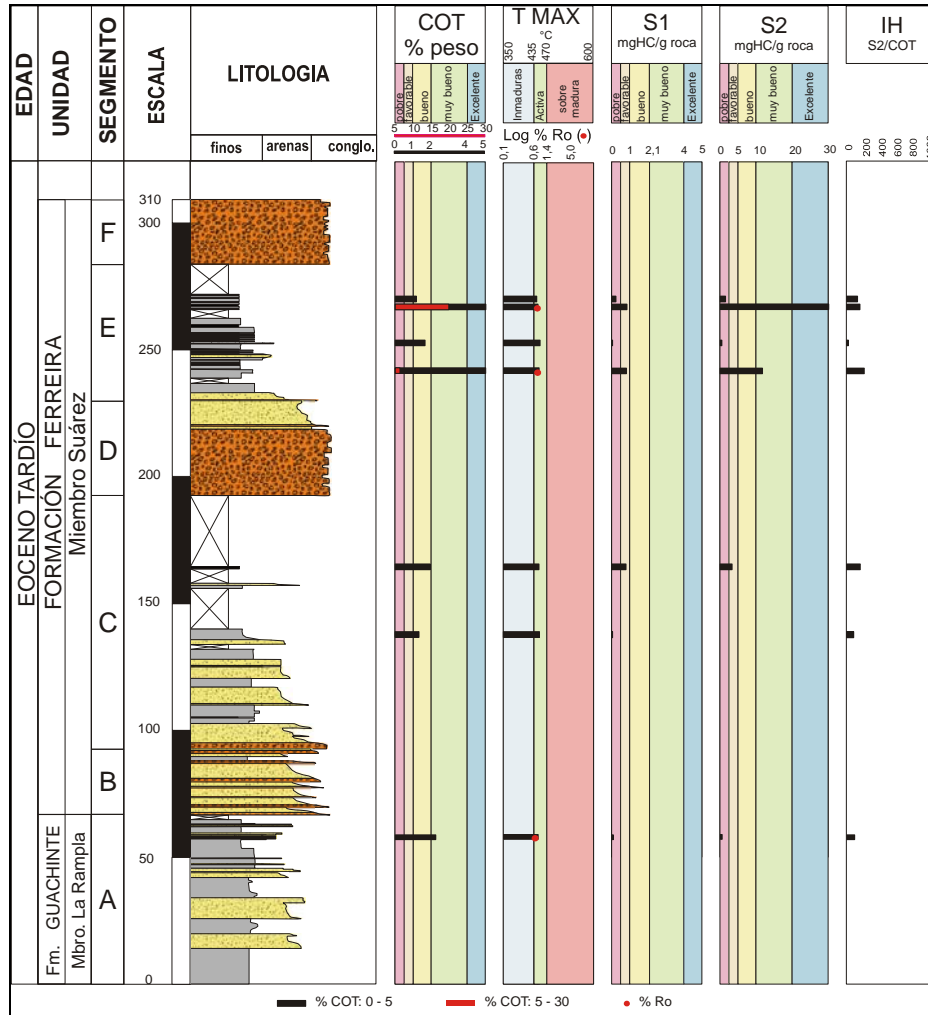


Figura 6-73. Perfil geoquímico de la Sección Río Guachinte Techo (RGT); columna estratigráfica sintética de las Formación Guachinte- Miembro La Rampla y Formación Ferreira-Miembro Suárez.

Los valores de S2 se encuentran entre pobres a buenos en la parte inferior de la unidad (Sección Río Guachinte), muy buenos a excelentes en la parte media (Sección Río Guachinte Norte) y pobres en la parte superior de la unidad (Sección Río Guachinte Techo), los valores de S2 para la unidad Miembro La Rampla oscilan entre 0,93 y 45,89 mgHC/g roca, con una mediana de 8,6745,89 mgHC/g roca que la localiza dentro del rango de bueno.

Los valores de Índice de Hidrógeno (IH) varían entre 69 y 310 mgHC/g COT con una mediana de 174,22 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Composición de la materia orgánica: El kerógeno está compuesto por materia orgánica de origen terrestre con partículas grandes de *vitrinita* (a menudo menos tejidos

finos lignificados) con presencia de abundante *telocollinita* (calidad regular a buena, pero a menudo despiden luz fluorescente débil naranja-rojo), con cantidades significativas de películas *algáceas* no fluorescentes que se están degradando en materia amorfa. La *inertinita* es significativa, mientras que *esporas*, *polen*, restos *algáceos* y materia *cuticular* que se ha degradado a amorfa, son componentes de menor importancia en el kerógeno (Figura 6-74).

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante es de tipo II, una muestra en el tipo III, (Figura 6-75A). Conforme a la composición de los macerales, el kerógeno se clasifica como tipo mixto II/III con un potencial favorable para la generación de aceite y gas.

Grado de madurez de la materia orgánica: La parte inferior de la unidad (Sección Río Guachinte) presenta valores de **Tmax** entre 438°C y 448°C indicativos de rocas inmaduras hasta rocas que alcanzaron una pico de generación; en la parte media de la unidad (Sección Río Guachinte Norte) se obtienen valores entre 430°C a 444°C las cuales indican rocas inmaduras a rocas con madurez temprana; en la parte superior de la unidad (Sección Río Guachinte Techo) se obtienen valores de 446°C que indica rocas en pico de generación (Figura 6-75B). La mediana calculada para todos los valores de Tmax en el Miembro La Rampla es de 443°C, la cual se encuentra en rocas que evidencian una madurez temprana.

Los datos de la reflectancia de la vitrinita (**Ro**) obtenidos son: 0,59%, 0,63% y 0,67%, indicando para la madurez termal, que el kerógeno se encuentra justamente entrando en la ventana del aceite y está actualmente cerca del máximo de producción de la ventana de madurez del aceite.

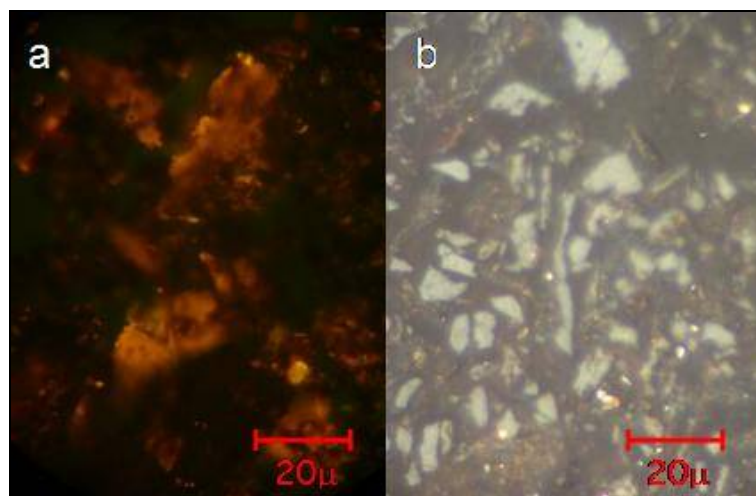


Figura 6-74. Cutícula (fluorescencia de luz anaranjada, algas (fluorescencia amarilla - protuberancias y películas anastomosadas) y desechos de esporas y polen. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b corresponden al mismo sitio.

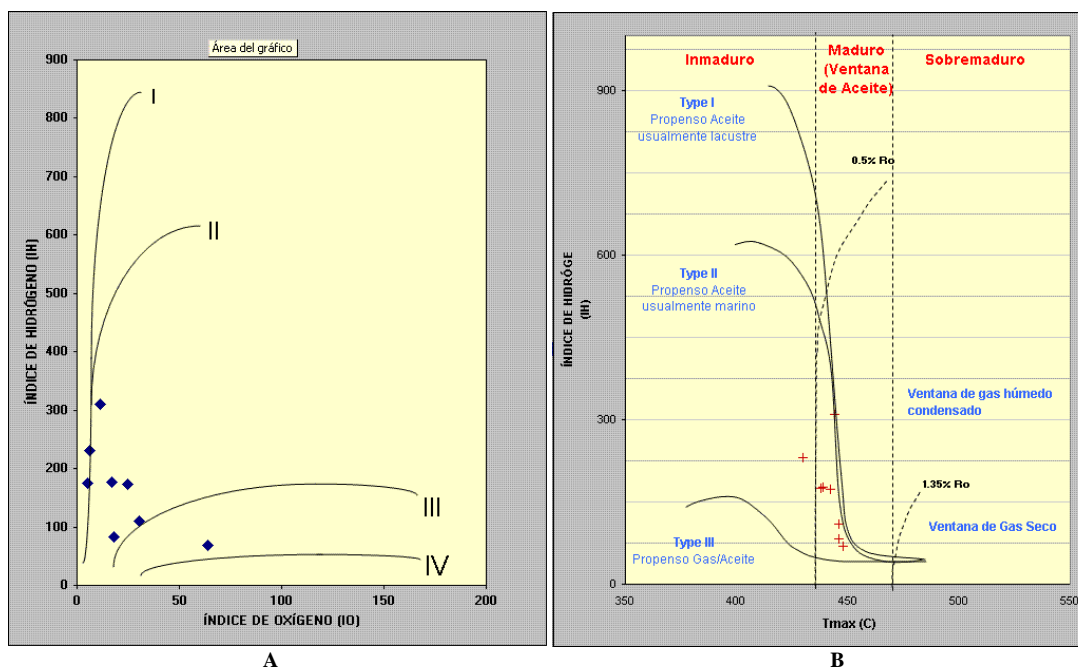


Figura 6-75. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro La Rampla, Formación Guachinte; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Para el Miembro La Rampla se reportaron valores de **COT** muy buenos a excelentes para la generación de gas y favorable para la generación de petróleo.

6.4.4 FORMACIÓN FERREIRA

6.4.4.1 Miembro Suárez

Para el Miembro Suárez de la Formación Ferreira se analizaron 6 muestras para materia orgánica (**COT**) y a todas se les realizó pirólisis (Tabla 6-41, Figura 6-73 y Anexo 13).

Tabla 6-41. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Suárez de la Formación Esmita.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax ° C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Río Guachinte Techo	268.7	RGT-DR-208	1.18	0.22	1.42	0.61	442	120	52	19	
	266.2	RGT-DR-206	19.76	0.83	30.00	4.13	445	152	21	4	0.76
	251.3	RGT-DR-199	1.65	0.02	0.40	1.36	451	24	83	1	
	241.5	RGT-DR-189	6.06	0.80	11.61	0.39	448	192	6	13	0.77
	164.2	RGT-DR-185	1.93	0.79	3.15	0.24	447	163	12	41	
	137.5	RGT-DR-181	1.31	0.03	1.03	0.37	450	78	28	2	
PROMEDIO			5.31	0.45	7.94	1.18	447.2	121.61	33.68	13.42	0.76
MEDIANA			1.79	0.51	2.29	0.50	447.5	135.93	24.53	8.70	0.76

Cantidad de materia orgánica: Los valores obtenidos para carbono orgánico total (COT) en el Miembro Suárez varían de 1,18 a 19,76%, indicando un potencial de petróleo entre bueno a excelente; una mediana de 1,79% que está en el rango de potencial bueno. Las muestras analizadas hacen parte del segmento E (metro 137,5 a 268,7) correspondiente a un ambiente de depósito de llanuras de inundación.

Calidad de la materia orgánica: Los datos de S1 obtenidos de la unidad están entre pobres y favorables (0,02–0,83 mgHC/g roca) con una mediana de 0,51 mgHC/g roca que es potencial favorable. Los resultados de S2 son pobres a excelentes (0,40–30,0 mgHC/g roca), la mediana calculada es 2,29 mgHC/g roca que es favorable. El Índice de Hidrógeno (IH) varía entre 24 y 192 mgHC/g COT con una mediana de 135,93 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Composición de la materia orgánica: El kerógeno está compuesto por materia orgánica de origen terrestre que parece gelatinoso. La *vitritina* (*telocollinita* de buena calidad) es dominante, seguidas por cantidades significativas de películas y protuberancias *algáceas* que despiden luz fluorescente amarilla-naranja. Los rastros de *esporas* despiden luz fluorescente de color anaranjado medio a oscuro (Figura 6-76.).

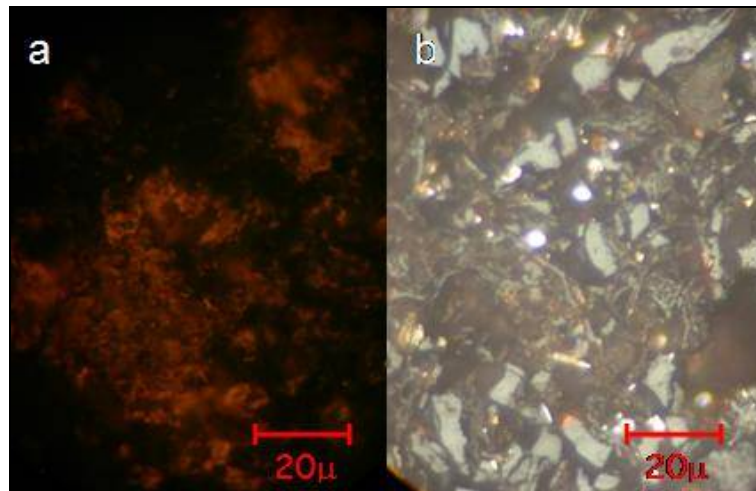


Figura 6-76. Vitritina, películas y protuberancias algáceas, y esporas. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (IH) e Índice de Oxígeno (IO) el kerógeno predominante es de tipo II y III, con una muestra dentro del tipo IV (Figura 6-77A). Conforme a la composición de los macerales, el kerógeno se clasifica como tipo II/III con un buen potencial para la generación de gas y en menor importancia aceite.

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis (Tmax) obtenidas oscilan entre 442°C y 450°C indicativa de rocas con madurez temprana y

rocas en pico de generación (Figura 6-77B), la mediana calculada es de 447°C se encuentra en la zona de pico de generación.

La madurez termal, basada en los datos de la reflectancia de la *vitrinita* (R_o 0,77%), indica que El kerógeno está en producción máxima de la ventana de maduración de aceite, actualmente.

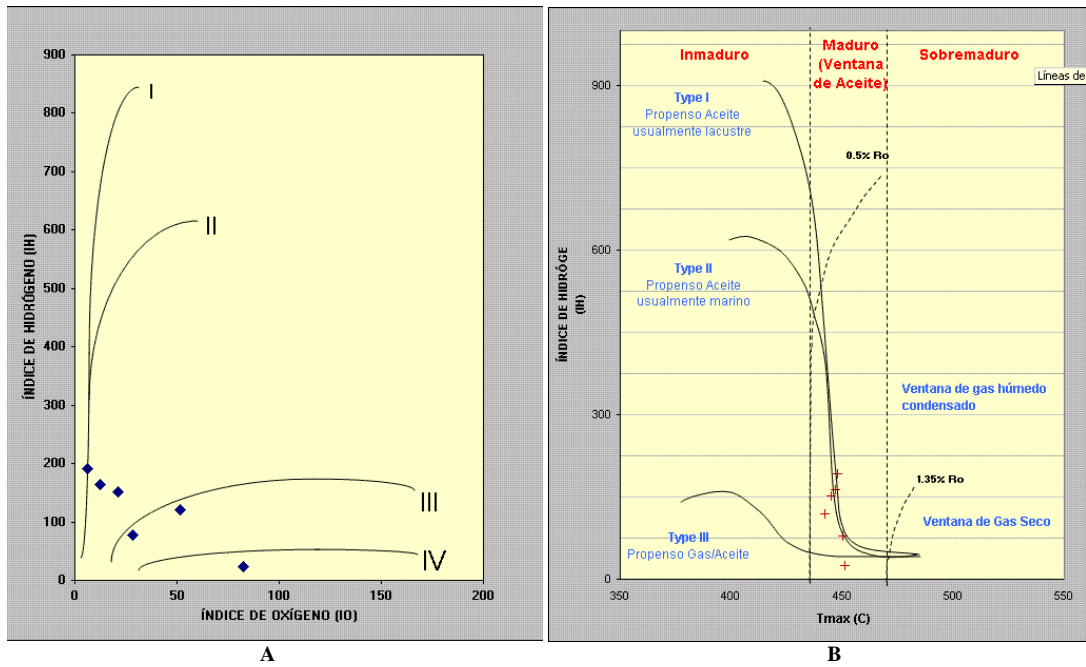


Figura 6-77. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Suárez, Formación Ferreira; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Para el Miembro Suarez se reportaron valores de **COT** muy buenos a excelentes, para la generación de gas y bajo para la generación de petróleo.

SECTOR PATÍA

6.4.5 FORMACIÓN PEÑA MORADA

6.4.5.1 Miembro Calcáreo

Para el Miembro Calcáreo de la Formación Peña Morada se analizaron 9 muestras para carbono orgánico total (**COT**) y a 8 de ellas se les realizó pirólisis (Tabla 6-42, Figura 6-78 y Anexo 13).

Tabla 6-42 Datos de pirólisis y COT de la Formación Peña Morada.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT
Río Esmita	81.0	RE-JR-045	0.78	0.04	0.09	0.07	363	12	9	5
	79.5	RE-JR-044	0.53	0.03	0.04	0.15	410	7	28	6
	55.5	RE-JR-042	0.40							
	47.0	RE-JR-036	0.66	0.04	0.02	0.11	335	3	17	6
	35.5	RE-JR-028	1.78	0.20	0.45	0.34	497	25	19	12
	27.2	RE-JR-021	1.25	0.15	0.31	0.12	491	25	10	12
	20.7	RE-JR-015	1.17	0.18	0.23	0.35	488	20	30	15
	14.0	RE-JR-009	1.31	0.14	0.24	0.58	487	18	44	11
	9.3	RE-JR-004	1.51	0.19	0.43	0.45	493	29	30	13
PROMEDIO			1.04	0.12	0.23	0.27	445.5	17.34	23.33	9.77
MEDIANA			1.17	0.14	0.24	0.25	487.5	19.00	23.61	11.02

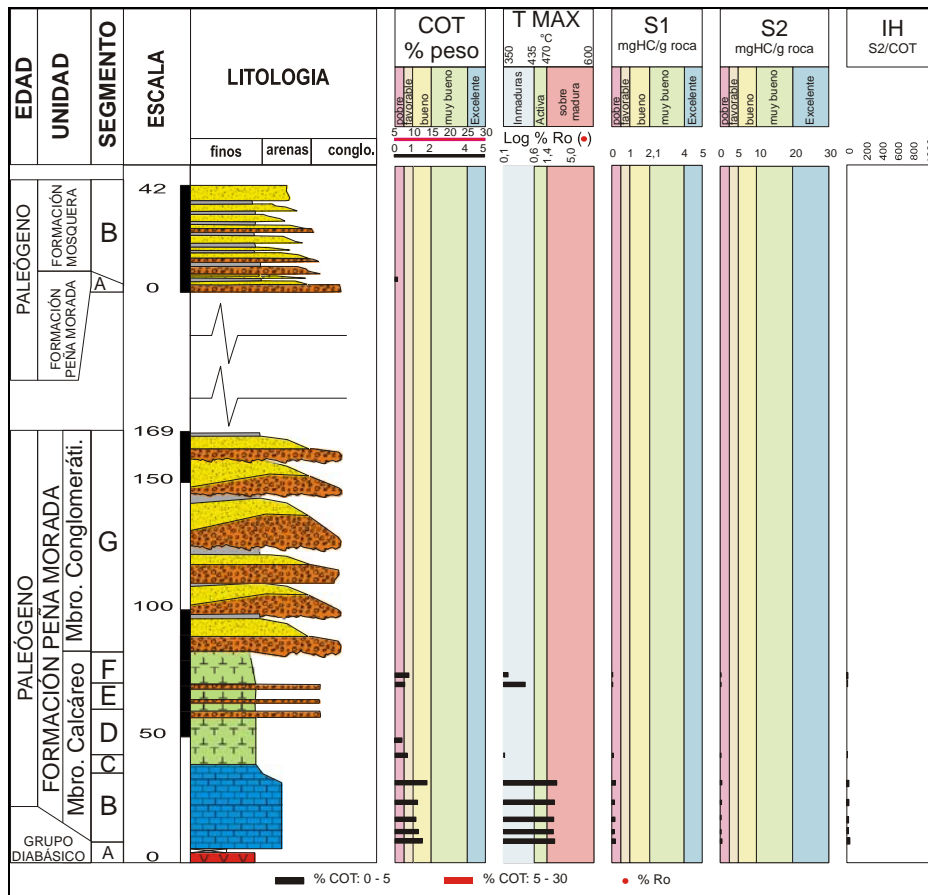


Figura 6-78. Perfil geoquímico de las Secciones Río Esmita (RE) y Río Esmita sector Fm Mosquera (REm); columnas estratigráficas sintéticas del Grupo Diabásico, Formación Peña Morada-miembros Calcáreo y Conglomerático y Formación Mosquera.

Cantidad de materia orgánica: Las muestras analizadas del Miembro Calcáreo de la Formación Peña Morada presentan pobres a buenos contenidos de carbono orgánico total (COT) con valores entre 0,40 y 1,78%; la mediana calculada de todas las muestras analizadas es de 1,17% peso lo que es calificado como bueno. El Miembro Calcáreo se acumuló en un ambiente marino somero.

Calidad de la materia orgánica: Los valores de S1 indican un potencial pobre con una mediana de 0,13 mgHC/g COT. Los Valores de S2 tienen un potencial de generación de petróleo pobre con una mediana de 0,23 mgHC/g COT.

El Índice de Hidrógeno (IH) varía entre 3 y 29 mgHC/g COT, con una mediana de 17,33 mgHC/g COT que indica un potencial para generación de gas en poca cantidad.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (IH) e Índice de Oxígeno (IO) el kerógeno predominante es de tipo IV (Figura 6-79A).

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis (Tmax) varían anómalamente y oscilan entre 335°C y 497°C indicativa de rocas inmaduras hasta sobremaduras, la mediana 487°C indica que las rocas están sobremaduras (Figura 6-79B). Estos datos de pirólisis parecen estar afectados por los bajos valores de S1 y S2.

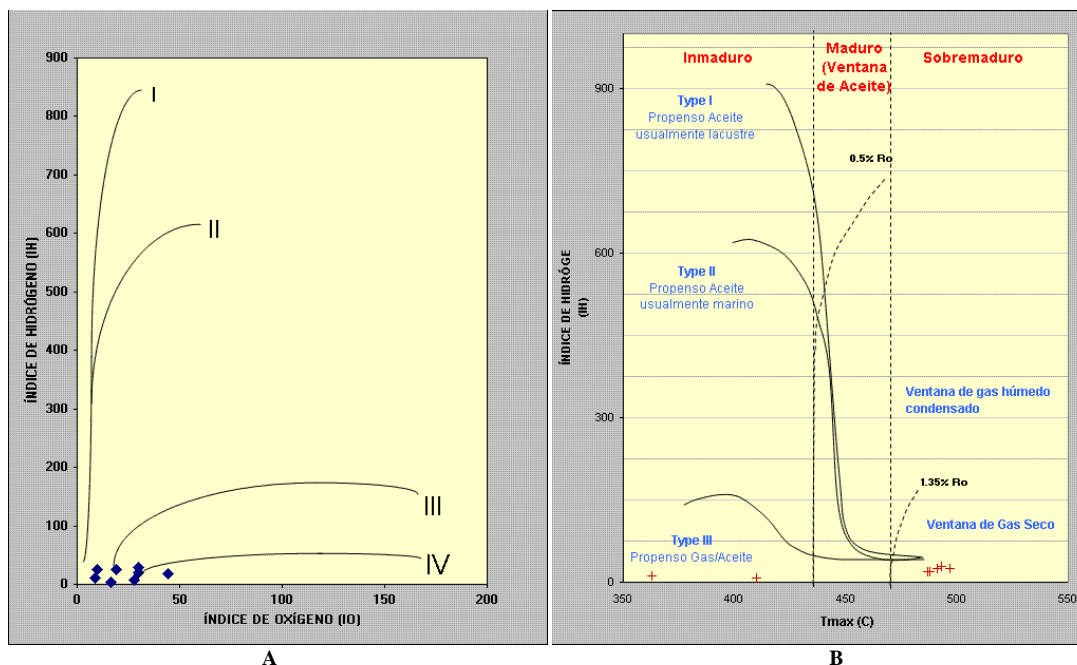


Figura 6-79. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Calcáreo, Formación Peña Morada; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

Comentario: Para el Miembro Calcareo se reportaron buenos valores de **COT**, pero probablemente generados con influencia de una acción producto de alta madurez termal.

6.4.6 FORMACIÓN MOSQUERA

Para la Formación Mosquera se analizaron 16 muestras para carbono orgánico total (**COT**) y a 12 de ellas se les realizó pirólisis (Tabla 6-43 y Anexo 13), discriminadas así: a) Sección Quebrada La Despensa (Figura 6-80 y Anexo 13) se analizaron 6 para **COT** y las mismas para pirólisis; b) Sección Quebrada Guanabanal (Figura 6-81) 8 muestras para **COT**, 6 de ellas para pirólisis; c) Sección de Río Esmita se analizó una muestra para **COT**, sin análisis de pirólisis debido a los bajos valores de **COT** obtenidos (Figura 6-78) y d) Sección El Boquerón (Figura 6-82) se analizaron dos muestra para **COT** y solo una para análisis de pirólisis.

Tabla 6-43. Datos de pirólisis, COT y Ro de la Formación Mosquera.

SECCION	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Quebrada La Despensa	179.5	QD-RR-015	0.89	0.43	1.05	3.26	430	118	366	48	
	165.0	QD-RR-009	2.44	0.14	2.80	1.36	431	115	56	6	
	58.1	QD-ER-028	5.04	0.37	5.74	5.33	417	114	106	7	
	54.5	QD-ER-026	4.18	1.69	18.85	1.30	433	451	31	40	0.45
	50.0	QD-ER-023	2.73	0.70	9.02	1.59	427	331	58	26	0.42
	42.0	QD-ER-020	22.18	2.56	57.45	12.67	426	259	57	12	0.46
		PROMEDIO	6.24	0.98	15.82	4.25	427	231.30	112.41	23.24	0.44
		MEDIANA	3.46	0.57	7.38	2.43	429	188.51	57.71	18.68	0.45
Quebrada Guanabanal	240.0	QG-JE-006	0.45								
	162.0	QG-RR-041	4.53	0.22	1.08	1.47	538	24	32	5	
	161.0	QG-RR-040	6.97	0.48	1.38	0.75	537	20	11	7	
	152.3	QG-RR-037	4.95	0.45	1.30	1.05	542	26	21	9	
	146.0	QG-RR-035	1.24	0.25	0.51	0.14	465	41	11	20	
	133.2	QG-RR-033	0.46								
	116.0	QG-RR-028	0.66	0.43	0.48	0.38	451	73	58	65	
	114.5	QG-RR-027	7.71	1.36	7.26	0.72	446	94	9	18	
		PROMEDIO	3.37	0.53	2.00	0.75	497	46.35	23.77	20.53	
		MEDIANA	2.89	0.44	1.19	0.74	501	33.78	16.27	13.40	
Río Esmita	31.0	RE-CD-007	0.12								
El Boquerón	175.2	EB-ER-018	9.81	0.64	10.10	4.81	417	103	49	7	
	70.3	EB-ER-011C	0.23								
TOTAL		PROMEDIO	4.39	0.75	9.00	2.68	458.46	136.06	66.63	20.70	0.44
		MEDIANA	2.73	0.45	2.80	1.36	433.00	102.94	49.02	11.54	0.45

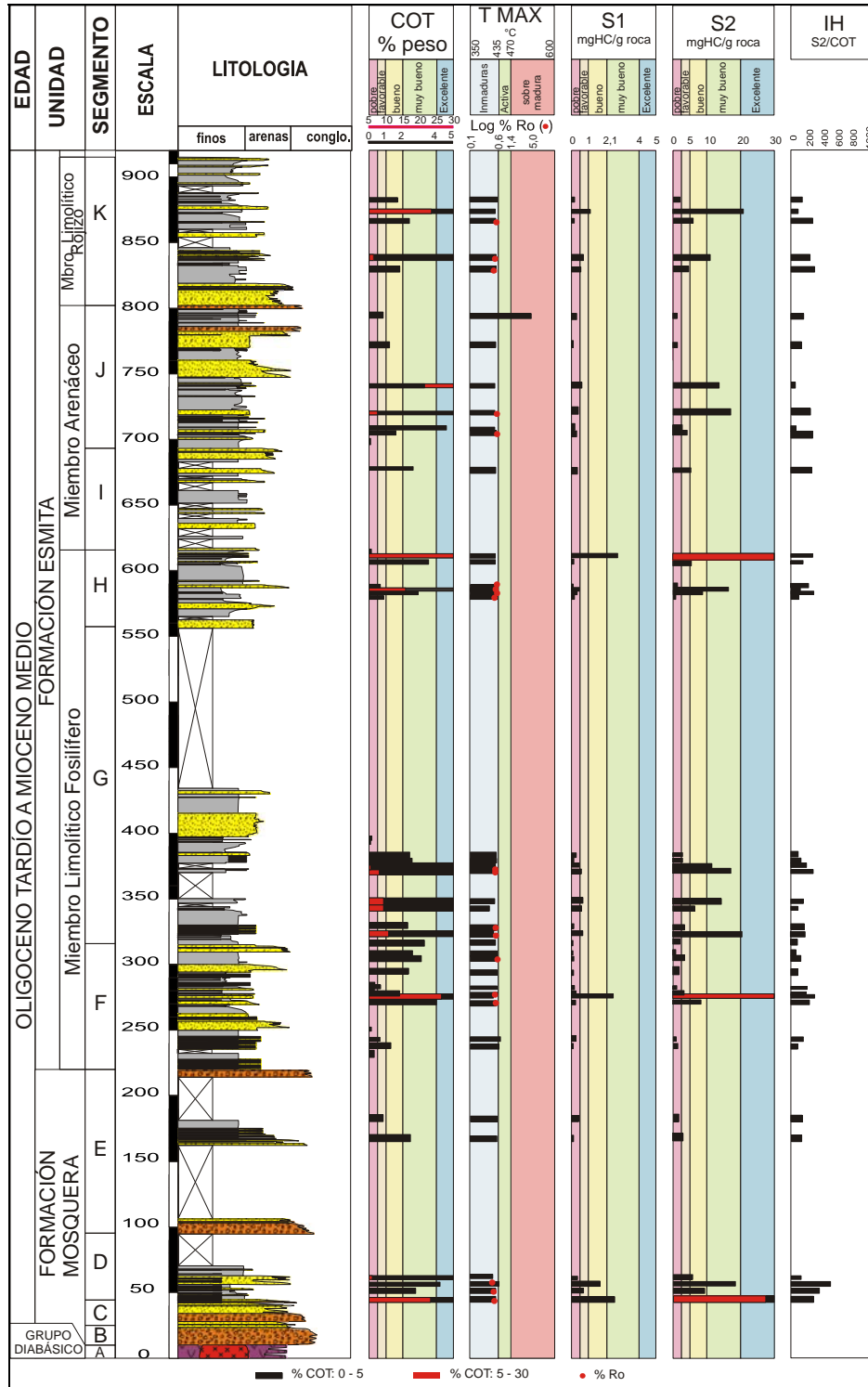


Figura 6-80. Perfil geoquímico de la Sección Quebrada La Despensa (QD); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fossilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

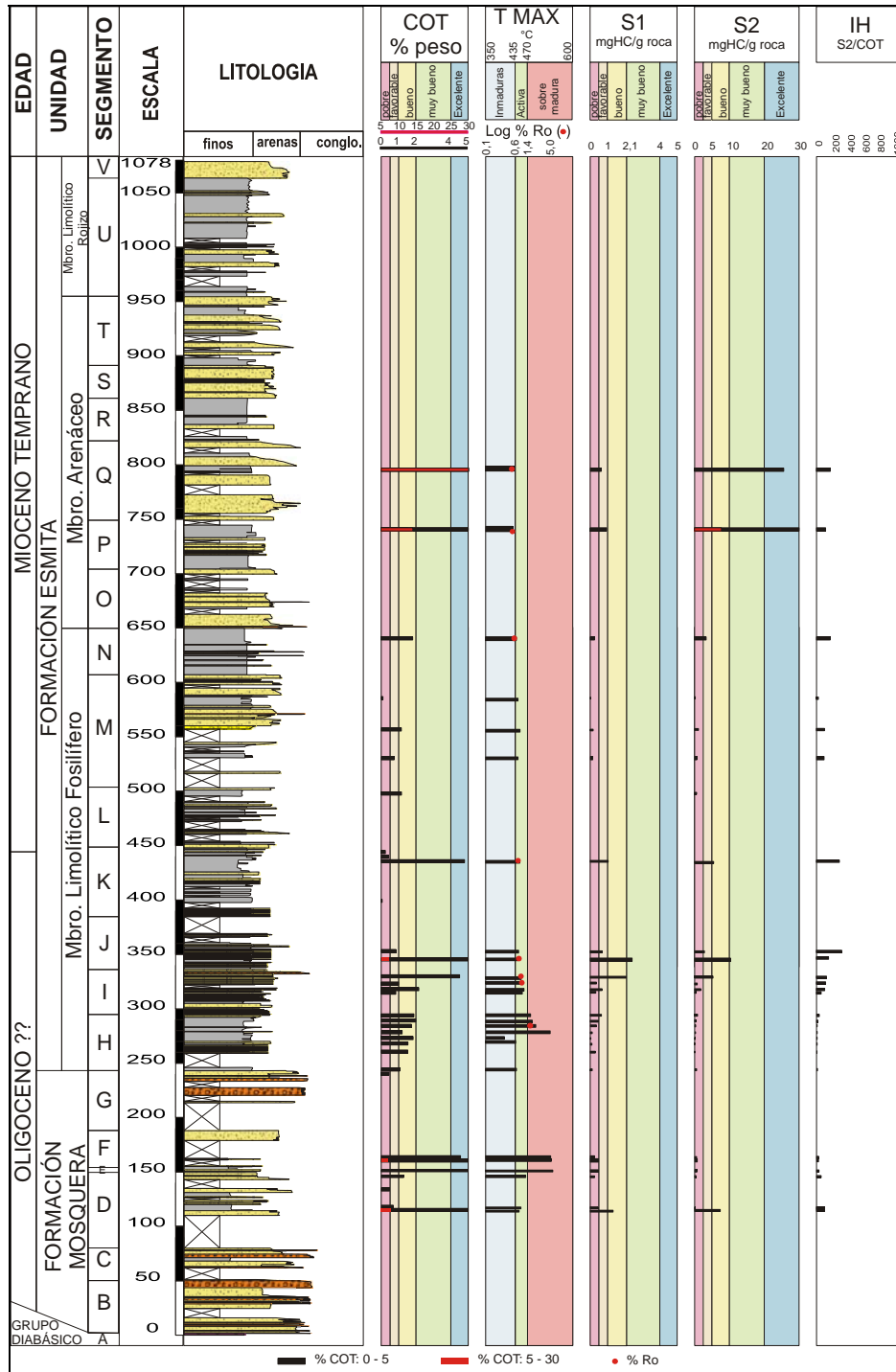


Figura 6-81. Perfil geoquímico de la Sección Quebrada Guanabanal (QG); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico y formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fosilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

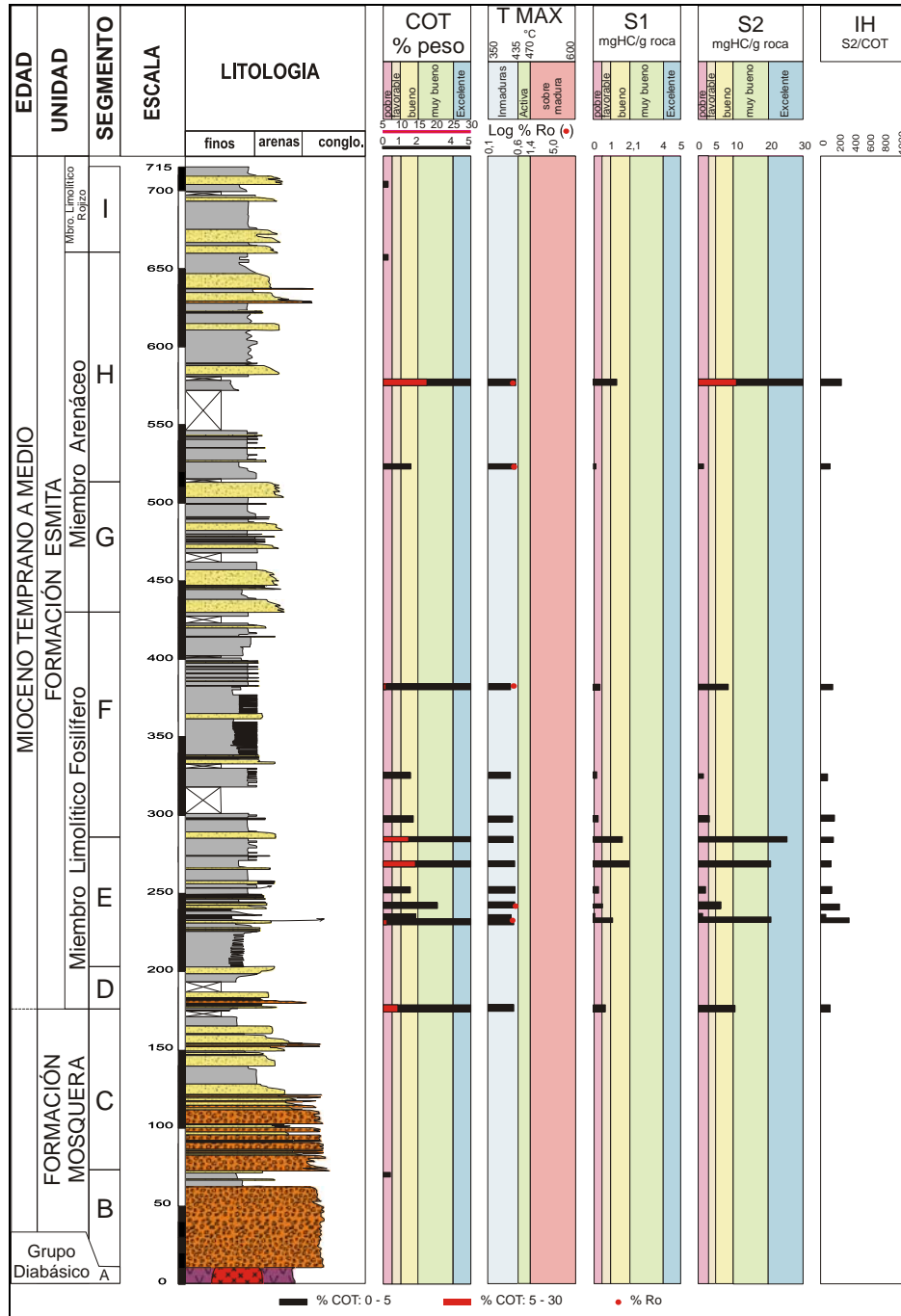


Figura 6-82. Perfil geoquímico de la Sección El Boquerón (EB); columna estratigráfica sintética del Grupo Diabásico, formaciones Mosquera y Esmita-miembros Limolítico Fossilífero, Arenáceo y Limolítico Rojizo.

Cantidad de materia orgánica: Las muestras analizadas en la Sección Quebrada La Despensa presentan favorables a excelentes contenidos de carbono orgánico total (COT), con valores que oscilan entre 0,89 y 22,18% en peso, con una mediana de 3,46% peso, calificado como potencial muy bueno. En la Sección Quebrada Guanabanal se

obtienen pobres a excelentes contenidos de carbono orgánico total (**COT**), con valores que varían entre 0,45 y 7,71% en peso, y una mediana de 2,89 %, calificado como potencial muy bueno. En la Sección Río Esmita, sector Formación Mosquera, el valor obtenido de **COT** es muy bajo y se califica como pobre. Para la Sección El Boqueron los valores obtenidos de **COT** son extremos calificados como pobre y excelente. La mediana obtenida de todas las muestras analizadas de la Formación Mosquera es 2,73% peso, calificada como potencial muy buena. Los ambientes de depósito de la Formación Mosquera corresponden a ríos trezados, ríos meandriformes, llanuras de inundación, canales de desborde y llanuras mareales lodo arenosas.

Calidad de la materia orgánica: En la Sección Quebrada La Despensa los valores de S1 tienen un potencial pobre a muy bueno, con valores que oscilan entre 0,14 a 2,56 mgHC/g roca, con una mediana calculada de 0,57 mgHC/g roca que se califica como favorable. En la Sección Quebrada Guanabanal los valores de S1 oscilan entre 0,22 a 1,36 mgHC/g roca, calificado como potencial pobre a bueno, con una mediana de 0,44 que se califica como pobre. En la Sección El Boqueron el valor de S1 es de 0,63 mgHC/g roca, calificado como potencial favorable. La mediana calculada para todos los valores de S1 en la Formación Mosquera es de 0,450gHC/g roca que es calificada como potencial de petróleo pobre.

En la Sección Quebrada La Despensa los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) varían entre 114 y 451 mgHC/g COT con una mediana de 118,50gHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad. En la Sección Quebrada Guanabanal los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) varían entre 20 y 93 mgHC/g COT con una mediana de 33,8 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de gas en poca cantidad. En la Sección El Boqueron el valor de Índice de Hidrógeno (**IH**) es de 103 mgHC/g COT que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Composición de la materia orgánica: La materia orgánica de estas muestras consiste de cantidades masivas de material *vitrinitico* de madurez baja, bien preservado asociado con material *amorfo* muy pequeño liptinitico o oil-prone. La mayoría del material fino son restos húmicos degradados (Figura 6-83).

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante es de tipo II y III (Figura 6-84A) correspondientes a las secciones Quebrada La Despensa y el Boqueron (Figura 6-85A); algunos valores se encuentran muy cercanos al punto intersección de la relación de índices como se observa en la Figura 6-84A indicando que estas rocas están sobremaduras y corresponden a la Sección Guanabanal (Figura 6-86A). El **IO** de la muestra QD-RR-015 con valor de 336 no se grafica en la Figura 6-86A ni en la Figura 6-84A por estar fuera del rango del eje horizontal.

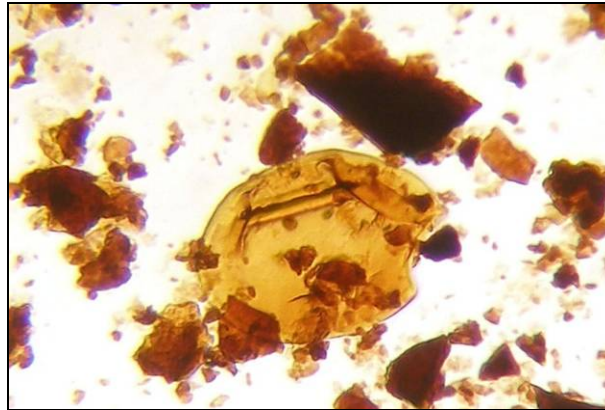


Figura 6-83. Color amarillo- anaranjado claro de la espora monoete

Grado de madurez de la materia orgánica: Para esta formación las rocas presentan un rango de temperaturas de pirólisis (T_{max}) amplio indicando que las rocas varían desde inmaduras a sobremaduras (Figura 6-84B). En la Sección Quebrada La Despensa las temperaturas de pirólisis oscilan entre 417°C y 433°C indicativa de rocas inmaduras que reflejan el potencial original de las rocas (Figura 6-85B), la mediana 428°C indica un promedio de rocas inmaduras. En la Sección Quebrada Guanabanal las temperaturas de pirólisis oscilan entre 446°C y 542°C indicativa de rocas al final de ventana de aceite y sobremaduras, indicando que sus características originales están disminuidas por el proceso de transformación de la materia orgánica en hidrocarburos (Figura 6-86B), la mediana calculada de 501°C indica un promedio de rocas sobremaduras.

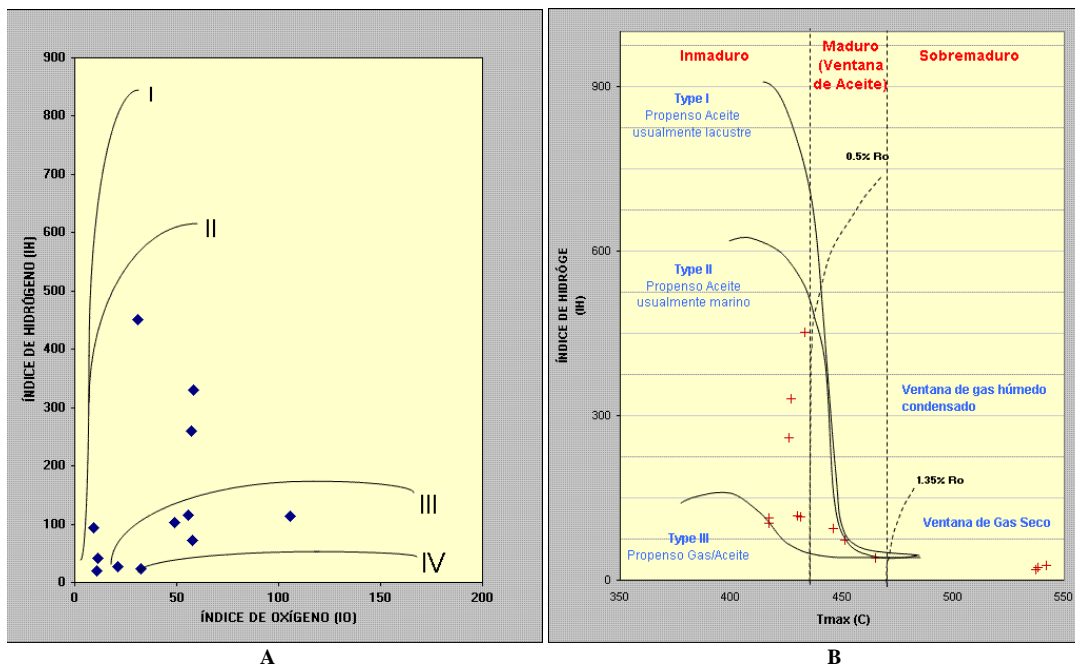


Figura 6-84. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs T_{max} . que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

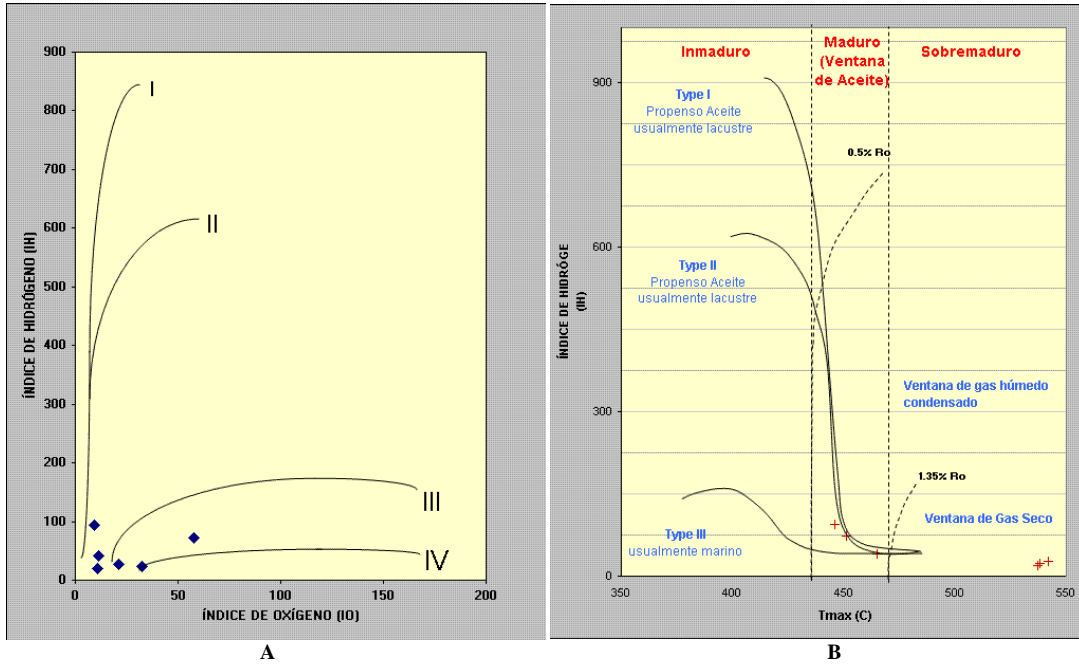


Figura 6-85. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera en la Sección Quebrada Guanabanal; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

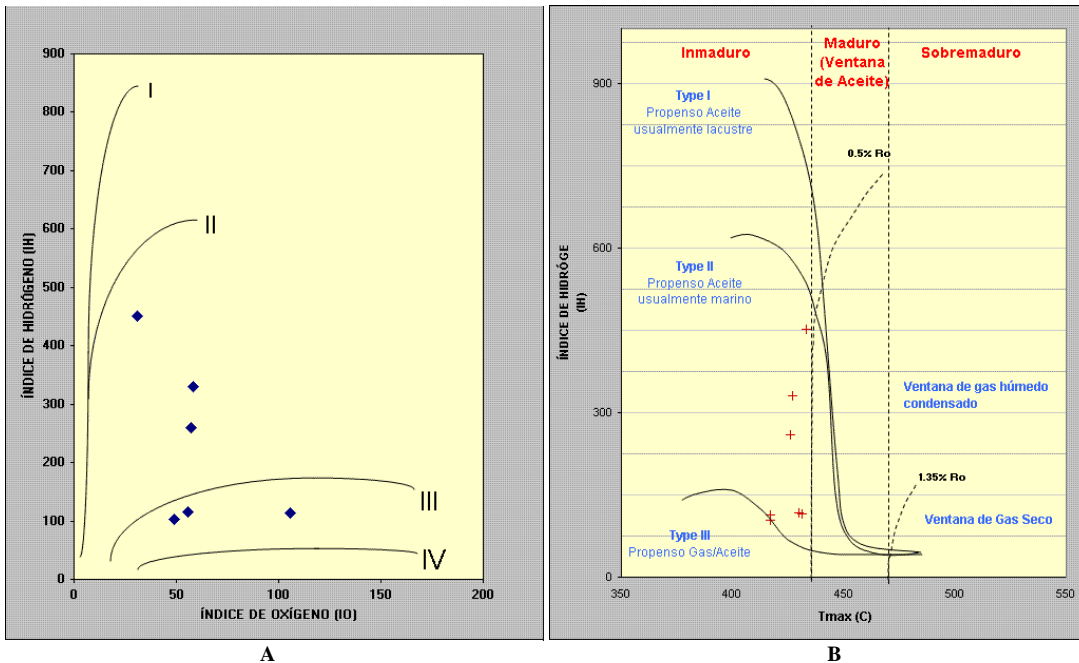


Figura 6-86. Diagramas de Van Krevelen y modificado para la Formación Mosquera en las Secciones Quebrada La Despensa y El Boqueron; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

El color amarillo- anaranjado claro de la espesa monoete (Figura 6-83), muestra QD-ER-020 de la Sección Quebrada La Despensa, sugiere un valor **TAI** (Índice de Alteración Termal) cerca de 2,4-2,5 (escala Chevron), que es coherente con un Ro medido promedio de 0,46%. Estos datos sugieren que la materia orgánica no ha alcanzado la etapa inicial de generación, a partir de la madurez termal de la materia orgánica oil-prone.

Comentario: Para la Formación Mosquera se reportaron valores de **COT** muy buenos, con materia orgánica tipo II y III que se encuentran inmaduros. En la Sección Guanabanal, estos valores se observan sobremaduros.

6.4.7 FORMACIÓN ESMITA

6.4.7.1 Miembro Limolítico Fosilífero

En el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita se analizaron 60 muestras para carbono orgánico total (**COT**) y a 50 de ellas se les realizó pirólisis (Tabla 6-44 y Anexo 13), en tres secciones discriminadas así: En la Sección Quebrada La Despensa (Figura 6-80) se analizaron 28 para **COT**, 22 de ellas para pirólisis; en la Sección Quebrada Guanabanal (Figura 6-81) se analizaron 23 muestras para **COT**, 19 de ellas para pirólisis y en la Sección El Boquerón (Figura 6-82) se analizaron 9 para **COT**, y las mismas para pirólisis.

Cantidad de materia orgánica: Las muestras analizadas en la Sección El Boquerón presentan buenos a excelentes contenidos de carbono orgánico total (**COT**), con valores que varían entre 1,69 y 19,24% en peso, con una mediana de 3,10% calificado como potencial muy bueno. En la Sección Quebrada la Despensa, se presentan pobres a excelentes contenidos de carbono orgánico total (**COT**), con valores que oscilan entre 0,09 y 26,23% en peso, con una mediana de 2,39% calificado como muy bueno. En la Sección Quebrada Guanabanal se presentan pobres a excelentes contenidos de carbono orgánico total (**COT**), con valores que oscilan entre 0,05 y 7,28% en peso, con una mediana de 1,18% calificado como potencial bueno. La mediana obtenida de todas las muestras analizadas del Miembro Limolítico Fosilífero es 1,83% peso, lo que es calificada como potencial buena. Los ambientes de depósito son interpretados como llanuras mareales lodo-arenosas, marismas y pantanos en sistemas fluvio estuarinos.

Calidad de la materia orgánica: En la Sección El Boquerón los valores de S1 oscilan entre 0,10 a 2,06 mgHC/g roca, potencial pobre a muy bueno, con una mediana de 0,31 mgHC/g roca que se califica como pobre. En la Sección Quebrada La Despensa los valores de S1 oscilan entre 0,07 a 2,49 mgHC/g roca, potencial pobre a muy bueno, con una mediana de 0,22 mgHC/g roca que se califica como pobre. En la Sección Quebrada Guanabanal los valores de S1 tienen un potencial pobre a bueno y sus valores oscilan entre 0,03 a 2,42 mgHC/g roca con una mediana de 0,30 mgHC/g roca que se califica

como pobre. La mediana calculada para todos los valores de S1 en la Formación Mosquera es de 0,28 mgHC/g roca que es calificada como potencial pobre.

Tabla 6-44. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita.

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
El Boquerón	382.3	EB-ER-085	6.37	0.31	8.59	0.78	413	134.77	12.24	4.83	0.51
	324.0	EB-ER-056	1.69	0.10	1.23	0.58	412	72.61	34.24	5.62	
	298.2	EB-RR-062	1.83	0.28	2.90	0.58	420	158.12	31.62	15.15	
	284.5	EB-RR-051	17.94	1.70	25.01	9.82	420	139.40	54.73	9.48	
	268.2	EB-RR-041	19.23	2.06	21.89	13.04	422	113.83	67.81	10.70	
	251.3	EB-RR-031	1.65	0.24	2.34	0.53	418	142.08	32.18	14.30	
	242.0	EB-RR-024	3.10	0.53	6.51	0.30	417	209.86	9.67	17.02	0.54
	234.5	EB-ER-048	1.93	0.14	1.09	0.69	411	56.36	35.68	7.15	
	233.0	EB-ER-046	6.32	1.17	21.07	0.69	420	333.18	10.91	18.51	0.46
			PROMEDIO	6.68	0.72	10.07	3.00	417	151.13	32.12	11.42
		MEDIANA	3.10	0.31	6.51	0.69	418	139.40	32.18	10.70	0.51
Quebrada La Despensa	586.5	QD-ER-097	0.56	0.13	1.19	0.53	427	211.74	94.31	22.41	
	584.5	QD-ER-095	15.41	0.48	16.11	5.43	422	104.56	35.24	3.11	
	582.5	QD-ER-092	2.84	0.34	8.01	0.96	428	282.24	33.83	12.09	0.49
	579.0	QD-ER-089	0.84	0.11	0.76	0.69	430	90.58	82.24	12.56	
	391.5	QD-RR-065	0.16								
	389.5	QD-RR-064	0.09								
	379.0	QD-ER-074	2.47	0.24	2.31	2.15	428	93.67	87.19	9.81	
	377.5	QD-ER-073	2.53	0.09	2.67	2.32	429	105.45	91.63	3.46	
	371.0	QD-ER-071	5.29	0.42	10.19	3.53	425	192.59	66.72	8.00	0.48
	370.0	QD-ER-070	7.25	0.60	17.09	3.96	429	235.59	54.59	8.23	0.49
	343.0	QD-ER-068	9.67	0.69	14.39	4.72	423	148.89	48.84	7.19	
	341.5	QD-ER-067	9.06	0.54	6.96	8.18	409	76.80	90.27	5.99	
	325.0	QD-RR-049	2.12	0.17	3.56	0.92	429	168.08	43.44	7.95	0.50
	320.5	QD-RR-047	11.58	0.65	20.09	6.35	426	173.53	54.85	5.60	0.51
	314.5	QD-RR-045	3.21	0.10	2.31	1.93	428	71.99	60.14	2.99	
	305.5	QD-RR-040	2.57	0.09	1.24	2.11	429	48.25	82.10	3.38	
	304.0	QD-RR-039	3.07	0.13	3.56	0.76	429	115.96	24.76	4.10	0.56
	292.5	QD-ER-062	2.31	0.11	2.13	1.30	430	92.17	56.25	4.61	
	280.0	QD-ER-056	0.33								
	278.5	QD-ER-053	0.67	0.18	1.25	0.53	429	186.29	78.99	26.48	
	278.0	QD-ER-051	0.34								
	276.0	QD-ER-049	1.82	0.33	3.17	1.59	431	174.56	87.56	17.93	
	273.1	QD-ER-047	26.23	2.49	71.27	1.34	418	271.67	5.11	9.47	0.50
	268.5	QD-ER-041	4.00	0.21	8.42	0.65	428	210.29	16.23	5.30	0.51
	247.0	QD-RR-031	0.11								
	238.0	QD-RR-026	0.70	0.22	0.98	0.81	439	141.01	116.55	31.67	
	235.5	QD-RR-024	1.26	0.07	1.10	1.32	435	87.16	104.60	5.46	
228.0	QD-RR-023	0.31									
		PROMEDIO	4.17	0.38	9.03	2.37	427	149.23	64.34	9.90	0.51
		MEDIANA	2.39	0.22	3.37	1.47	429	144.95	63.43	7.57	0.50

(Continuación)

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Quebrada Guanabanal	640.5	QG-RF-019	1.82	0.22	3.40	0.08	437	186.81	4.40	12.13	0.59
	585.5	QG-JE-059	0.10	0.02	0.01	0.24	443	10.42	250.00	20.57	
	557.5	QG-JE-056	1.15	0.17	1.14	0.26	438	98.79	22.53	14.61	
	533.5	QG-JE-053	0.72	0.10	0.61	0.37	442	84.49	51.25	13.67	
	499.0	QG-JE-049	1.18								
	444.5	QG-RD-018	0.25								
	439.7	QG-RD-015	0.44								
	436.2	QG-RD-012	4.79	1.03	6.26	0.57	448	130.58	11.89	21.50	0.77
	400.5	QG-JE-045	0.05								
	352.0	QG-JE-039	0.88	0.69	2.61	0.20	445	296.59	22.73	78.29	
	346.0	QG-JE-037	7.28	2.42	10.45	0.48	442	143.54	6.59	33.25	0.80
	329.5	QG-JE-032	4.50	2.08	5.18	0.51	452	115.06	11.33	46.19	0.90
	323.5	QG-JE-029	1.00	0.35	0.92	0.28	454	92.09	28.03	34.59	0.92
	316.2	QG-JE-027	2.17	0.68	1.90	0.69	460	87.44	31.75	31.52	
	315.5	QG-JE-026	0.86	0.30	0.45	0.34	455	52.63	39.77	35.51	
	294.0	QG-JE-020	1.88	0.65	0.73	0.32	478	38.91	17.06	34.61	
	288.0	QG-JE-019	1.97	0.48	0.51	0.38	483	25.89	19.29	24.17	
	283.8	QG-JE-017	1.71	0.35	0.21	0.34	494	12.28	19.88	20.49	1.65
	278.0	QG-JE-015	1.17	0.12	0.10	0.36	534	8.55	30.77	10.25	
	272.0	QG-JE-013	1.83	0.03	0.09	0.28	404	4.91	15.28	1.61	
	267.0	QG-JE-010	5.91	0.06	0.01	0.51	436	0.17	8.63	1.00	
	260.5	QG-JE-009	1.51	0.28	0.01	0.61	213	0.66	40.50	18.29	
	245.0	QG-JE-008	1.05	0.13	0.08	0.58	439	7.62	55.24	12.83	
			PROMEDIO	1.92	0.53	1.82	0.39	442	73.55	36.15	24.48
		MEDIANA	1.18	0.30	0.61	0.36	445	52.63	22.53	20.57	0.85
TOTAL		PROMEDIO	3.69	0.50	6.48	1.73	431	120.81	47.83	15.71	0.66
		MEDIANA	1.83	0.28	2.33	0.67	429	109.64	35.46	12.11	0.51

En la Sección El Boquerón los valores de S2 tienen un potencial entre pobre a excelente y sus valores oscilan entre 1,09 y 25,01 mgHC/g roca, con una mediana de 6,51 mgHC/g roca calificada como potencial buena. En la Sección Quebrada La Despensa los valores de S2 se encuentran entre potencial pobre a excelente y sus valores oscilan entre 0,76 y 71,27 mgHC/g roca, con una mediana de 3,37 mgHC/g roca calificada como favorable. En la Sección Quebrada Guanabanal los valores de S2 varían entre 0,01 y 10,450gHC/g roca, con un potencial pobre a bueno, con una mediana de 0,61 mgHC/g roca calificada como pobre. La mediana calculada para todos los valores de S2 en el Miembro Limolítico Fosilífero es de 2,33 mgHC/g roca que es calificada como roca con pobre potencial de petróleo.

En la Sección El Boquerón los valores de Índice de Hidrógeno (IH) varían entre 56 y 333 mgHC/g COT e indica que el potencial de aporte de kerógeno oscila entre gas en poca cantidad y aceite en cantidad moderada, con una mediana de 139,3 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad. En la Sección Quebrada La Despensa los valores de Índice de Hidrógeno varían entre 48 y 282

mgHC/g COT con una mediana de 143 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad. En la Sección Quebrada Guanabanal los valores de Índice de Hidrógeno varían entre 0 y 297 mgHC/g COT con una mediana de 52 mgHC/g COT, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Las diferencias en los valores de S1, S2 e Índice de Hidrógeno en las muestras de las secciones Quebrada Guanabanal y Quebrada La Despensa, indica una mayor evolución termal para la Sección Quebrada Guanabanal.

Composición de la materia orgánica: La materia orgánica, en las secciones El Boquerón y Quebrada La Despensa, consiste predominante de material húmico finamente disperso, de madurez baja, bien preservada asociado a material amorfo muy pequeño. Gran cantidad del material fino amorfo es probablemente restos húmicos degradados (Figura 6-87.). Las partículas de vitrinita de tamaño bastante grandes son comunes y exhiben un rango estrecho de valores de reflectancia; hay cantidades moderadas de material *liptinítico*.

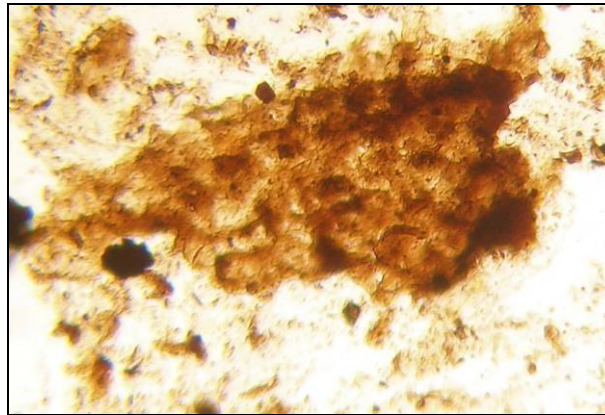


Figura 6-87. Material fino amorfo, probablemente restos húmicos degradados

En la sección Quebrada Guanabanal, el kerógeno es pirítico y contiene materia orgánica de origen terrestre incluyendo *inertinita* y *vitrinita* (*telocollinita* de buena calidad) y en menor importancia restos *algáceos* y de *esporas* (Figura 6-88).

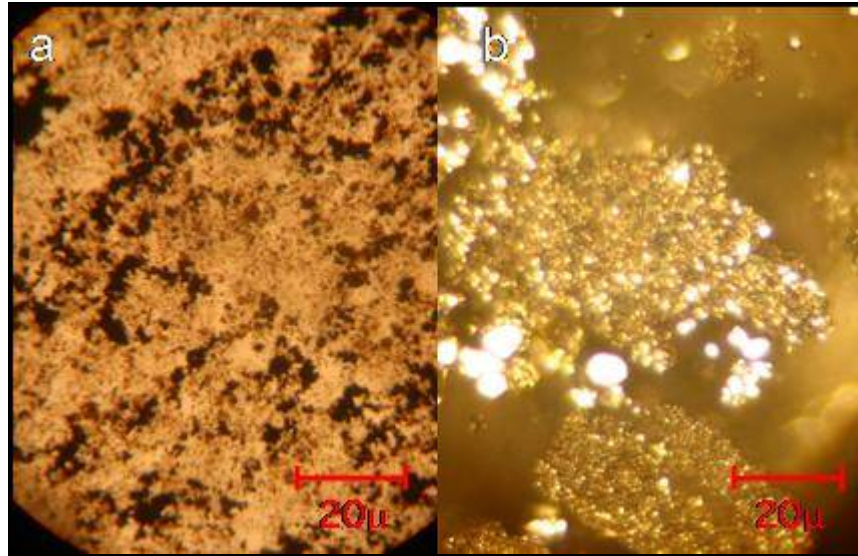


Figura 6-88. Kerógeno bastante pirítico, compuesto por inertinita y vitrinita de alta madurez. A) Luz azul incidente y B) luz blanca incidente. Las fotos a y b no corresponden al mismo sitio.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante es de tipo II y III con unas muestras que caen dentro del rango tipo IV (Figura 6-89A), mientras que en la Sección Quebrada La Despensa y Sección El Boquerón (Figura 6-90A y Figura 6-91A) están inmaduras y reflejan el potencial original de las rocas; las muestras de la Sección Quebrada Guanabanal (Figura 6-92A), tienen una madurez mayor y sus características originales están disminuidas por el proceso de transformación de la materia orgánica en hidrocarburos. Conforme a la composición de los macerales, en la Sección Quebrada La Despensa y Sección El Boquerón, el kerógeno se clasifica como tipo mixto II/III con un potencial considerado desde pequeño hasta favorable, principalmente para la generación de hidrocarburos gaseosos. Para la muestra QG-JE-017, de la Sección Quebrada Guanabanal, el kerógeno se clasifica como tipo III/IV sin un potencial efectivo para la generación de cantidades significativas de hidrocarburos a excepción de gas de importancia secundaria.

Grado de madurez de la materia orgánica: En las secciones de las quebradas Boquerón y Despensa las temperaturas de pirólisis (**T_{max}**) oscilan entre 409°C y 439°C indicativa de rocas inmaduras (Figura 6-90B y Figura 6-91B), mientras que la mediana calculada para cada sección es 417,5°C y 428,5°C, respectivamente, e indican rocas inmaduras. En la quebrada Guanabanal las temperaturas de pirólisis (**T_{max}**) oscilan entre 437°C y 534°C indicativa de rocas de madurez temprana y sobremaduras (Figura 6-92B) y su mediana calculada de 445°C indica rocas en pico de generación.

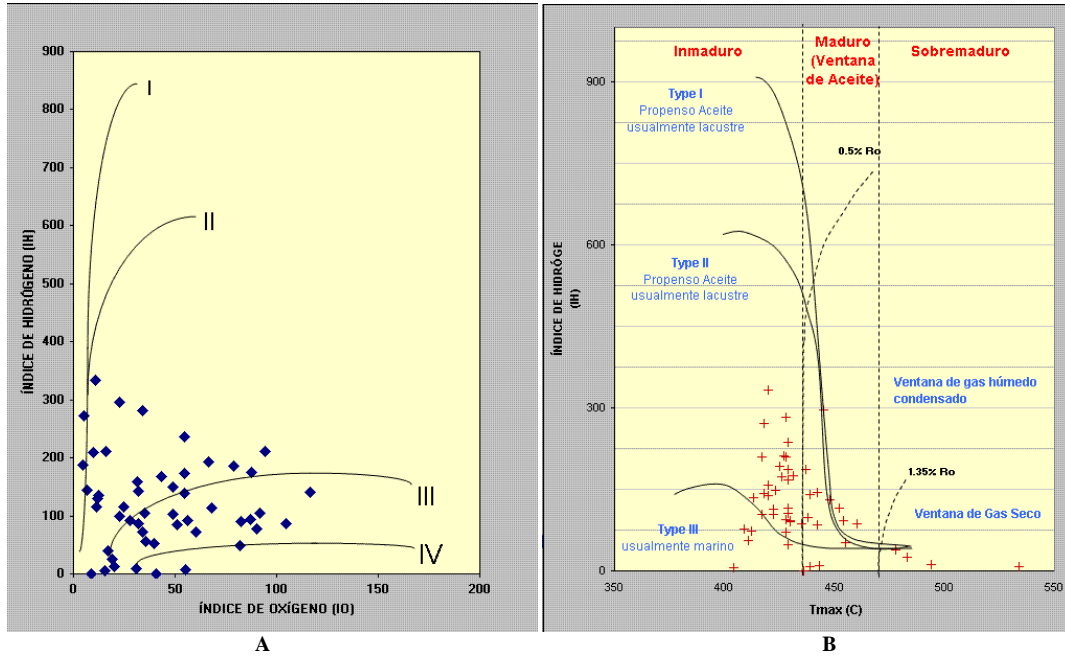


Figura 6-89. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

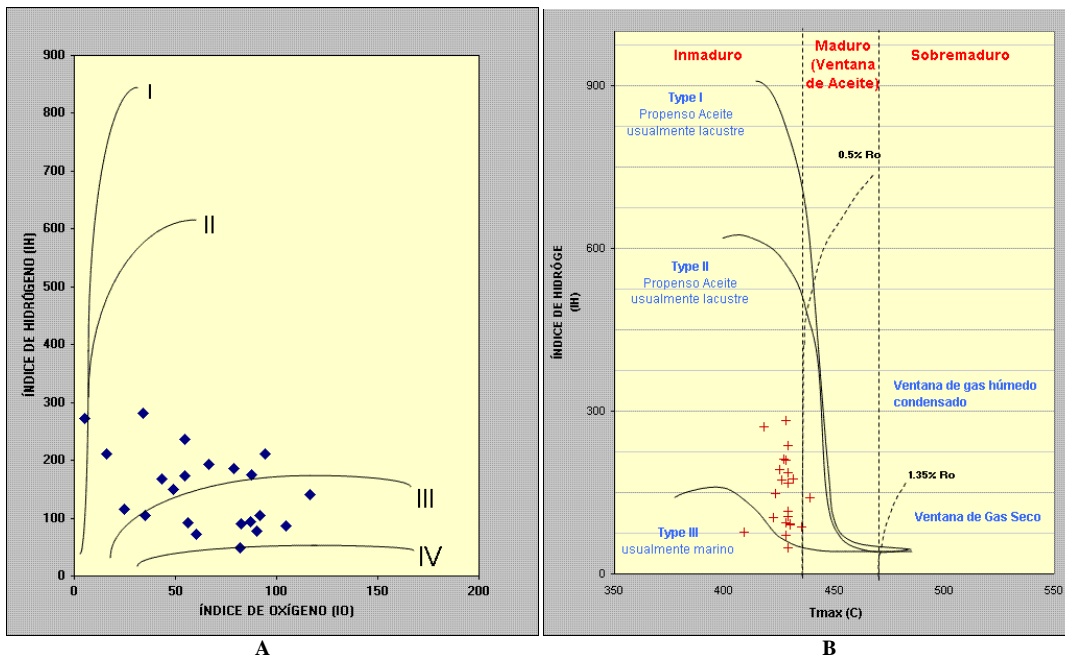


Figura 6-90. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección La Despensa; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

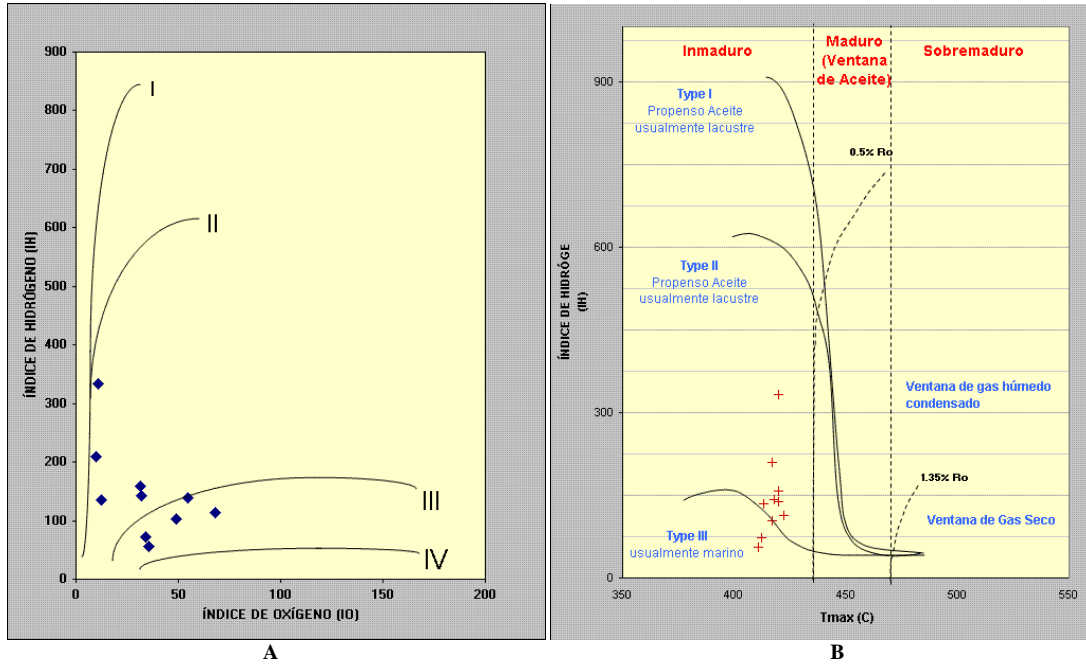


Figura 6-91. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección El Boquerón; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

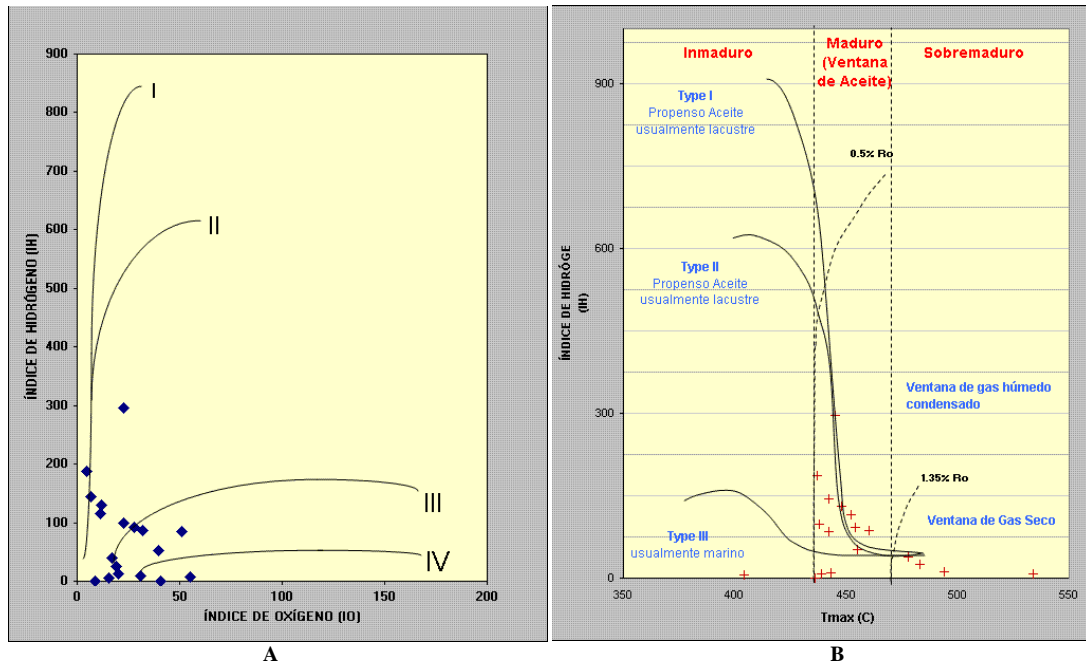


Figura 6-92. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico fosilífero, Formación Esmita en la Sección Quebrada Guanabana; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

De acuerdo a las medidas realizadas de la reflectancia de vitrinita mejor preservada, el **Ro** está entre 0,46% a 0,51% en la sección El Boquerón y de 0,49 a 0,56% en la sección Quebrada La Despensa, indicando que está moderadamente madura a cerca de entrar a la ventana de generación del hidrocarburo. Las esporas de plantas están presentes y su color de **TAI** correlaciona firmemente con el %Ro, particularmente a través de la ventana de aceite. El color amarillo- anaranjado claro de los fragmentos de la espora sugiere un valor de **TAI** cerca de 2,5 (escala Chevron), que es coherente con un Ro medido promedio de 0,51%. Estos datos sugieren que la materia orgánica en las secciones El Boquerón y la Quebrada La Despensa no ha alcanzado la etapa inicial de generación a partir de la madurez termal de la materia orgánica oil-prone.

Para la Sección Quebrada Guanabanal, la madurez termal, basada en los datos de la reflectancia de la vitrinita (**Ro** del 0,59% al 1,65%), indica que kerógeno se encuentra, en un amplio rango, desde el inicio de generación de aceite hasta la zona de gas condensado húmedo.

Comentario: Para el Miembro Limolítico Fosilífero se reportaron valores de **COT** buenos con materia orgánica tipo II y III, con potenciales favorables para la generación de gas y bajos para la generación de petróleo. En la sección de Guanabanal los análisis indican que la roca está en etapa de inmadurez térmica.

6.4.7.2 Miembro Arenáceo

Para el Miembro Arenáceo de la Formación Esmita se analizaron 16 muestras para carbono orgánico total (**COT**) y a 13 de ellas se les realizó pirólisis (Tabla 6-45 y Anexo 13), discriminadas así: En la Sección Quebrada La Despensa (Figura 6-80) se analizaron 11 para **COT**, 9 de ellas para pirólisis; en la Sección Quebrada Guanabanal (Figura 6-81) 2 muestras para **COT**, y las mismas para pirólisis; en la Sección El Boquerón (Figura 6-82) se analizaron 3 para **COT**, 2 de ellas para pirólisis.

Cantidad de materia orgánica: Las muestras del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita presentan entre pobres a excelentes potenciales de **COT**, con valores que oscilan entre 0,13 y 34,05% peso, con una mediana de 3,12% peso, que es calificado como potencial muy bueno. Esta unidad se acumuló en llanuras de inundación - marismas y pantanos, canales secundarios y río meandriforme.

Calidad de la materia orgánica: Las muestras del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita presentan valores de S1 que oscilan entre 0,09 y 2,39 mgHC/g roca, con potencial pobre a favorable con una muestra (QD-RR-092) que cae dentro del rango de potencial de petróleo muy bueno; la mediana calculada de 0,33 mgHC/g roca es calificada como pobre. Los valores de S2 oscilan entre 1,09 y 91,62 mgHC/g roca, con potencial pobre (3 muestras) y excelentes (4 muestras); la mediana calculada de 5,93 mgHC/g roca se califica con potencial bueno. Los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**)

varían entre 65 y 269 mgHC/g COT con una mediana de 169,09 mgHC/g roca, que indica un potencial de generación de aceite y gas en poca cantidad.

Tabla 6-45. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Arenáceo de la Formación Esmita

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %	
Quebrada La Despensa	791,0	QD-RR-139	0,71	0,34	1,09	2,43	522	154	343	48		
	769,0	QD-RR-127	1,30	0,13	1,48	0,77	426	114	59	10		
	737,5	QD-ER-123	20,11	0,54	13,05	17,02	423	65	85	3		
	718,0	QD-RR-123	7,96	0,48	17,77	0,54	424	223	7	6	0,53	
	704,5	QD-RR-115	4,65	0,22	3,15	3,16	423	68	68	5		
	703,5	QD-RR-113	1,67	0,29	4,27	0,27	428	256	16	18	0,55	
	697,0	QD-RR-110	0,28									
	673,0	QD-ER-110	2,73	0,27	5,02	0,39	429	184	14	10	0,53	
	611,5	QD-RR-094	0,13									
	608,5	QD-RR-092	34,05	2,39	91,62	5,77	425	269	17	7		
	604,5	QD-RR-088	3,51	0,30	5,94	1,72	425	169	49	8		
	PROMEDIO			7,01	0,55	15,93	3,56	436,1	166,87	73,10	12,65	0,54
MEDIANA			2,73	0,30	5,02	1,72	425,0	169,09	48,96	8,43	0,53	
El Boquerón	657,0	EB-RR-109	0,14									
	577,0	EB-ER-108	17,87	1,18	40,10	11,54	428	224	65	7	0,46	
	523,5	EB-RR-098	1,77	0,09	1,88	0,47	427	106	27	5	0,49	
	PROMEDIO			6,59	0,63	20,99	6,01	427,5	165,41	45,59	5,75	0,47
MEDIANA			1,77	0,63	20,99	6,01	427,5	165,41	45,59	5,75	0,47	
Quebrada Guanabanal	796,0	QG-JE-087	38,39	0,67	37,95	19,35	432	99	50	2	0,51	
	738,2	QG-JE-063	14,49	0,95	26,56	4,36	431	183	30	7	0,54	
	PROMEDIO			26,44	0,81	32,26	11,86	431,5	141,08	40,25	4,13	0,52
MEDIANA			26,44	0,81	32,26	11,86	431,5	141,08	40,25	4,13	0,52	
TOTAL	PROMEDIO		9,36	0,60	19,22	5,21	434,1	162,68	63,82	10,28	0,52	
	MEDIANA		3,12	0,34	5,94	2,43	427,0	169,09	48,96	6,62	0,53	

Composición de la materia orgánica: La materia orgánica consiste predominante de material húmico *vitrínico* finamente disperso, de madurez baja, bien preservada asociada a material *amorfo* muy pequeño. La mayoría del material fino amorfo es probablemente restos húmicos degradados.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de índice de hidrógeno (IH) e índice de oxígeno (IO) el kerógeno predominante es de tipo II y III (Figura 6-93A).

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis (Tmax) oscilan entre 423 y 432°C y la mediana de 427°C, son indicativos de rocas inmaduras (Figura 6-93B).

De acuerdo con las medidas de la reflectancia de *vitrinita* mejor preservada, el **Ro** varía entre 0,46% y 0,49% en la Sección El Boquerón; 0,53% y 0,55% en la Sección Quebrada La Despensa; 0,54% y 0,51% en la Sección Quebrada Guanabanal.

El color amarillo-anaranjado claro de la *espora trilete* (Figura 6-94), sugiere un valor de **TAI** de cerca de 2,5 (escala Chevron), que es coherente con los **Ro** obtenidos en las diferentes secciones. Estos datos sugieren que la materia orgánica no ha alcanzado la etapa inicial de generación a partir de la madurez termal de la materia orgánica oil-prone.

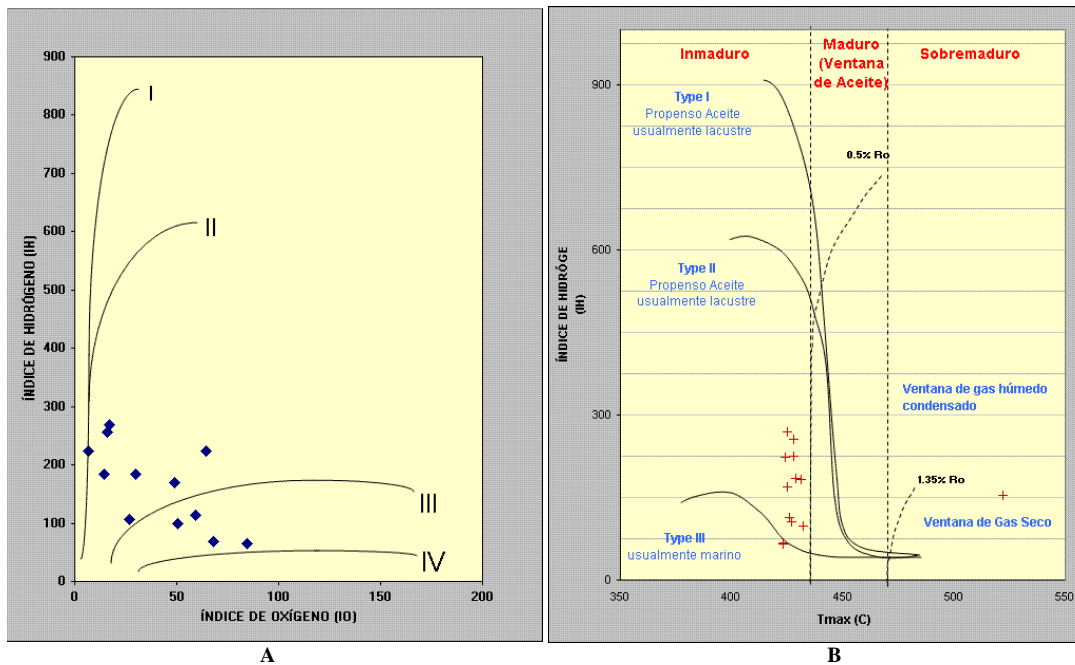


Figura 6-93. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro arenáceo, Formación Esmita Total; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

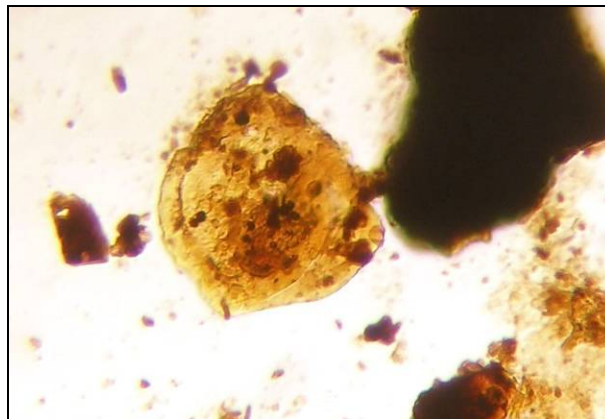


Figura 6-94. Color amarillo-anaranjado claro de la *espora trilete*, con valor TAI de cerca de 2.5 (escala Chevron), que es coherente con los Ro obtenidos.

Comentario: Para el Miembro Limolítico Fosilífero se reportaron valores de **COT** y materia orgánica tipo II y III, indicadores de que la roca se encuentra en etapa de inmadurez térmica.

6.4.7.3 Miembro Limolítico Rojizo

Para el Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita, se analizaron 6 muestras para carbono orgánico total y a 5 de ellas se les realizó pirólisis (Tabla 6-46 y Anexo 13) y se discriminan así: En la Sección Quebrada La Despensa (Figura 6-80) se analizaron 5 para **COT**, 4 de ellas para pirólisis, y en la Sección El Boquerón (Figura 6-82) se analizó 1 para **COT** y ninguna para pirólisis.

Cantidad de materia orgánica: Las muestras del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita presentan valores de **COT** que oscilan entre 0,02 y 23,03% peso, potencial entre pobre a excelente, con una mediana de 2,14% peso que es calificado como potencial muy bueno.

Las rocas de esta unidad fueron acumuladas en llanuras de inundación, ríos meandriformes y pantanos.

Tabla 6-46. Datos de pirólisis, COT y Ro del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita

SECCIÓN	METRO m	MUESTRA No	COT % peso	S1 mg/g	S2 mg/g	S3 mg/g	Tmax °C	IH	IO	S1/ COT	Ro %
Quebrada La Despensa	882,5	QD-RR-164	1,66	0,18	2,22	0,95	431	133	57	11	
	872,5	QD-RR-158	23,03	1,02	22,62	12,64	426	98	55	4	
	864,00	QD-RR-151	2,42	0,24	5,84	0,33	427	242	14	10	0,52
	835,00	QD-ER-147	5,45	0,64	11,56	3,54	428	212	65	12	0,49
	827,00	QD-ER-140	1,86	0,58	4,99	1,07	428	269	58	31	0,45
			PROMEDIO	6,88	0,53	9,45	3,71	428,0	190,80	49,65	13,55
		MEDIANA	2,42	0,58	5,84	1,07	428,0	212,23	57,13	10,64	0,49
El Boquerón	703,5	EB-RR-131	0,02								
TOTAL		PROMEDIO	5,74	0,53	9,45	3,71	428,0	190,80	49,65	13,55	0,49
		MEDIANA	2,14	0,58	5,84	1,07	428,0	212,23	57,13	10,64	0,49

Calidad de la materia orgánica: Las muestras del Miembro Limolítico Rojizo de la Formación Esmita presentan valores de S1 que oscilan entre 0,18 y 1,02 mgHC/g roca, potencial entre pobre a bueno y una mediana calculada de 0,58 mgHC/g roca, calificado como favorable. Los valores de S2 oscilan entre 2,22 y 22,62 mgHC/g roca, potencial pobre a excelente, con una mediana de 5,83 mgHC/g roca, calificado como bueno. Los valores de Índice de Hidrógeno varían entre 98 y 269 mgHC/g COT, con una mediana de 212,10 mgHC/g COT, que indica un potencial bajo para la generación de aceite y gas.

Composición de la materia orgánica: La materia orgánica obtenida en la Sección Quebrada La Despensa se compone fundamentalmente de materiales húmicos finamente dispersos, de madurez baja, bien conservada relacionados con material amorfo. Gran parte del material fino amorfo son probablemente restos húmicos degradados.

Tipo de kerógeno: De acuerdo a la relación de los valores de Índice de Hidrógeno (**IH**) e Índice de Oxígeno (**IO**) el kerógeno predominante es de tipo II y III (Figura 6-95A), en la Sección Quebrada La Despensa.

Grado de madurez de la materia orgánica: Las temperaturas de pirólisis oscilan entre 426°C y 431°C (Figura 6-95B) y su mediana de 428°C indicando que son rocas inmaduras.

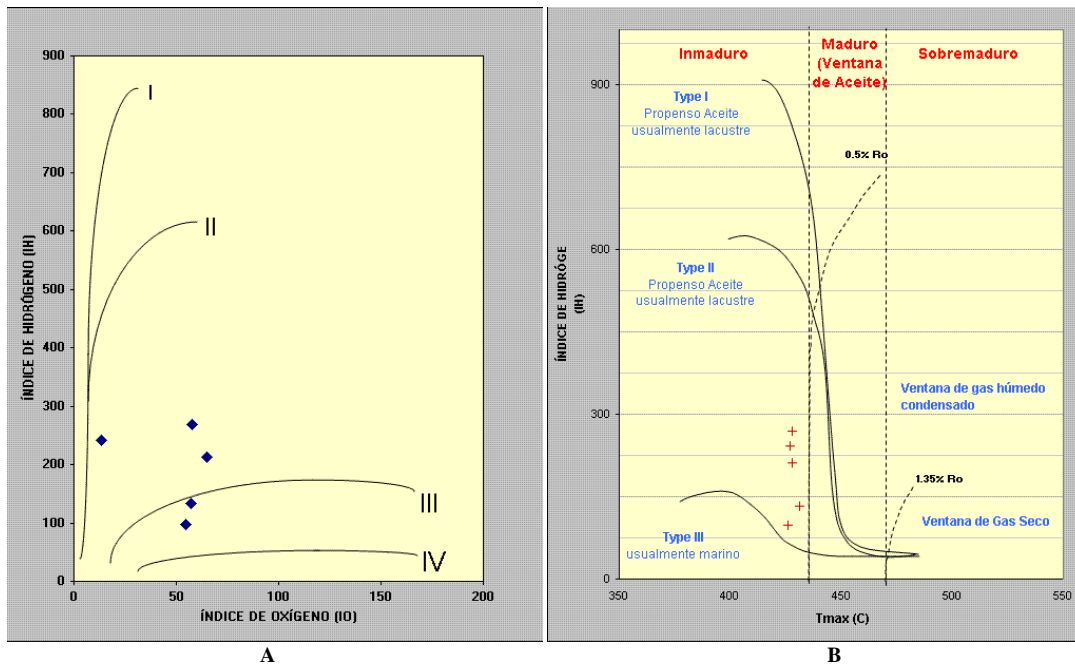


Figura 6-95. Diagramas de Van Krevelen y modificado para el Miembro Limolítico Rojizo, Formación Esmita; A) relación IH vs. IO que muestra el tipo de kerógeno, B) relación índice de hidrógeno vs Tmax. que muestra el grado de madurez y el tipo kerógeno.

El color amarillo-anaranjado de las esporas (Figura 6-96) sugiere un valor de TAI alrededor de 2,5 (escala Chevron), lo cual es coherente con los valores obtenidos Ro de 0,49% y 0,52%. Estos datos sugieren que la materia orgánica no ha llegado a la etapa de generación a partir de la madurez térmica para la materia orgánica oil-prone.

Comentario: Para el Miembro Limolítico Fosilífero se reportaron valores de COT buenos y materia orgánica tipo II y III, térmicamente inmadura.



Figura 6-96. Color amarillo-anaranjado claro de una *espora*, con valor TAI cerca de 2.5 (escala Chevron), que es coherente con los Ro obtenidos.

7 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Es importante anotar que para las observaciones presentadas en este capítulo no se contó con una cartografía geológico-estructural, ni con el apoyo de información de pozo y/o sísmica, confiables. Los resultados aquí presentados están basados en la compilación e integración de la información, principalmente estratigráfica, disponible para el área de interés, más los trabajos estratigráficos detallados realizados en nueve sectores preseleccionados para el levantamiento, en rocas cenozoicas, de columnas estratigráficas escala 1:200, con la toma sistemática de muestras y medición de registros Gamma Ray cada 30 centímetros. Con base en tales actividades se hizo una cuidadosa selección de muestras para análisis de laboratorio con la finalidad de obtener datos bioestratigráficos, petrográficos, petrofísicos y geoquímicos, encaminados a la realización de definiciones litofaciales y bioestratigráficas y a la caracterización de las rocas aflorantes en la determinación de parámetros como generadoras y/o almacenadoras y su importancia como zona prospectiva para hidrocarburos.

SECTOR CAUCA NORTE

7.1 ROCA GENERADORA.

Para el sector Cauca Norte, solo se estudió la **Formación Cinta de Piedra**; los análisis geoquímicos realizados para esta unidad indica un potencial bajo como roca generadora, aunque hacia la base se obtuvieron potenciales de muy buenos a excelentes en COT (8,57% en peso), pero en general su potencial es considerado pobre. El kerógeno predominante es de tipo III, indicador de generación potencial para gas y en menor importancia para aceite; la roca, en general, es inmadura (Figura 7-1)

Otras probables rocas generadoras para este sector, no estudiadas en este trabajo, según informe de Trinity Gas Corporation (1997), es la Formación Vijos; unidad que presenta más posibilidades para generación de hidrocarburos. Para Barrero & Laverde (1998) los shales marinos, de la Formación Nogales en el sector de Tuluá, de edad Cretácico tardío, son los de mayor posibilidad de generación.

7.2 ROCA RESERVORIO

Las arenitas y conglomerados de la **Formación Cinta de Piedra** son las mejores rocas reservorio de la región, los análisis de porosidad presentan en promedio datos con valores pobres, aunque algunos valores son buenos; los valores de permeabilidad en promedio son pobres. Los mejores datos de porosidad y permeabilidad están asociados a

ríos trenzados distales; los valores más bajos a canales secundarios de llanuras de inundación y a ríos trenzados proximales (Figura 7-1).

En el sector Cauca Norte, no se conoce información sobre otras unidades reservorio del Terciario.

7.3 ROCA SELLO

La roca sello esta representada principalmente por una suceción, muy gruesa, de lodolitas homogéneas y lodolitas arenosas, localizadas en la parte media de la **Formación Cinta de Piedra**, Segmento I, de la Sección Cartago-Alcalá (Figura 7-1).

7.4 MIGRACIÓN

No hay evidencia, ni información adecuada, de migración de hidrocarburos en el sector de Cauca Norte.

7.5 TRAMPAS

Dadas las características litológicas y texturales de la Sección Cartago-Alcalá y las condiciones estructurales regionales, se infiere que las estructuras de entrapamiento podrían ser de tipo estratigráfico (lentes de arenitas) y estructural (asociado a plegamiento, fracturación y fallamiento).

7.6 COMENTARIO

Para el sector Cauca Norte, solo se estudió la **Formación Cinta de Piedra**; los análisis geoquímicos realizados para esta unidad indica un potencial bajo como roca generadora, aunque hacia la base se obtuvieron potenciales de muy buenos a excelentes en COT (8,57% en peso), pero en general su potencial es considerado pobre.

El kerógeno predominante es de tipo III, indicador de generación potencial para gas y en menor importancia para aceite; la roca, en general, es inmadura.

Como roca reservorio, los mejores datos obtenidos para porosidad y permeabilidad están asociados a arenitas y conglomerados en ríos trenzados distales; los valores más bajos a canales secundarios de llanuras de inundación y a ríos trenzados proximales (Figura 7-1).

Algunos autores indican para el Sector que otras rocas generadoras, no estudiadas en este trabajo, como la Formación Vijes; presenta buenas posibilidades para generación

para hidrocarburos (Trinity Gas Corporation, 1997) o que los shales marinos, de la Formación Nogales, de edad cretácico tardío, son los de mayor posibilidad de generación (Barrero & Laverde, 1998)

EDAD	UNIDAD	LITOLÓGIA	TOC	TIPO DE KEROGENO	MADUREZ TERMAL	PERMABILIDAD	POROSIDAD	AMBIENTE	ROCA			TRAMPAS	
									RESERVA	SELLO	GENERA		
MIOCENO TARDIO - CUATERNARIO	Fm Armenia y Fm Zarzal (500 m)												
	Fm La Paila (500 m)												
MIOCENO TEMPRANO A MEDIO	FORMACIÓN CINTA DE PIEDRA (4,000 - 6,000 m)		<8.57% Md=0.45% Pobre	Tipo II, III y IV gas (regular oil)(bajo)	Madurez Temprana e Inmaduras	<7.02 mD Md=0.7mD Pobre	<16.9% Md=8.3% Pobre	Ríos Trenzados y Meandriiformes Llanuras Inundación					
								Llanuras Inundación					
								Ríos Trenzados y Meandriiformes Llanuras Inundación					
Oligoceno													
Eoceno	Intervalo Clástico rojo (1.350 m)												
Cretácico Tardío (Paleoceno - Paleoceno)	Formación Nogales (200 - 600m)												
Cretácico Temprano	Batolito de Buga y Fm. Amaime												

Figura 7-1. Sistema petrolífero para el Sector Cauca Norte

SECTOR CAUCA SUR

Dentro del aquí denominado Sector Cauca Sur, objeto del presente estudio, están las formaciones Chimborazo, Guachinte, Ferreira y Esmita (no fue estudiado El Grupo Diabásico, parte basal de la Sección)

7.7 ROCA GENERADORA.

En el Sector Cauca Sur, específicamente en los **Miembros Los Chorros, La Leona y La Rampla, de la Formación Guachinte**, las lodolitas carbonosas fueron reconocidas, según los resultados de los análisis geoquímicos, como unidades con buen potencial como roca generadora. Se presentan zonas con potenciales de COT de buenos a excelentes: Miembro Los Chorros (valores hasta 11,39% con mediana de 2,88%); Miembro La Leona (valores hasta 3,01%) y Miembro La Rampla (valores hasta 19,92% con mediana de 4,98%).

El kerógeno predominante es de tipo II-III, indicador de potencial de generación buena para gas y baja para aceite (Miembro Los Chorros); tipo II, bueno para gas y favorable para aceite (Miembro La Leona) y tipo II-III, favorable tanto para generación de gas como de aceite (Miembro La Rampla). Las rocas presentan inmadurez termal a madurez temprana (Miembro Los Chorros), madurez termal temprana (Miembro La Leona) y madurez temprana y pico de generación (Miembro La Rampla) (Figura 7-1)

Otras probables rocas generadoras para el Sector Cauca Sur, no estudiadas en este trabajo, fueron planteadas por Geolin-Ecopetrol, (2000) quienes realizaron análisis de COT y Pirólisis (para rocas marinas cretácicas del Grupo Diabásico-Sedimentario), los cuales generaron valores favorable de COT hasta de 1,04%, con una mediana 0,69% y la materia orgánica en la roca se encuentra entre madurez temprana y pico de generación (Figura 7-2, valores en rojo). Además, análisis geoquímicos realizados en la Formación Aguaclara, indican que sería una muy buena roca generadora; presenta un contenido de 2% de COT (Barrero y Laverde, 1998).

7.8 ROCA RESERVORIO

Las rocas reservorio se localizan dentro de los niveles arenosos de la Formación Chimborazo - Miembro Loma Larga, Formación Guachinte – Miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla y la Formación Ferreira – Miembro Suarez.

- Los niveles arenosos del Miembro Loma Larga (Formación Chimborazo), presentan valores de porosidad hasta de 18,3% con una mediana de 8,3% y permeabilidades hasta 27,9 mD y una mediana de 4,21 mD: Se interpretaron como depósitos de ríos trezados y meandriformes.
- La mejor roca almacenadora se encuentra en el Miembro La Cima de la Formación Guachinte, presenta valores de porosidad hasta de 14,1% con una mediana de 9,7% y permeabilidades hasta 87,2 mD con una mediana de 1,050D. Fue interpretado como depósitos asociados a ríos trezados y meandriformes.
- Los niveles arenosos del Miembro Los Chorros (Formación Guachinte), presentan valores de porosidad de hasta 13,6% y una mediana de 9,6% y permeabilidades hasta 91,9 mD con una mediana de 0,56 mD. Fueron interpretado como depósitos asociados a ríos meandriformes.

- Los niveles arenosos del Miembro La Rampla (Formación Guachinte), presentan valores de porosidad hasta de 18,2% con una mediana de 10% y permeabilidades de hasta 31,50D con una mediana de 0,92 mD. Fueron interpretado como depósitos asociados a ríos meandriformes,
- Los niveles arenosos del Miembro Suarez (Formación Ferreira), con valores de porosidad hasta de 11,5% y una mediana de 8,9% y permeabilidades de hasta 13,9 mD y mediana de 0,97 mD. Fueron interpretado como depósitos asociados a ríos trenzados y meandriformes, (Figura 7-2).

En el Pozo Berejú-1, cerca del municipio de Cerrito – Valle del Cauca, se registraron niveles masivos de conglomerados y arenitas semejantes a laos de las formaciones Esmita, Ferreira y Guachinte aptas para la acumulación de hidrocarburos (Trinity Gas Corporation, 1997).

EDAD	UNIDAD	LITOLÓGIA	TOC	TIPO DE KEROGENO	MADUREZ TERMAL	PERMABILIDAD	POROSIDAD	AMBIENTE	ROCA			TRAMPAS
									RESERV	SELLO	GENERA	
MIOCENO TARDIO - CUATERNARIO	Fm Popayan (200 - 500 m)											
	Fm Galeón (100 m)							Volcánico				
	Fm Esmita (680m)							Ríos Trenzados				
EOCENO MEDIO - EOCENO TARDIO	Miembros El Palmar, San Francisco y Bucarica (300m)											
	Mbro Suárez (243 m)		<19.76% Md=1.79% bueno	Tipo II y III gas (bueno) oil(bajo)	Madurez temprana y Pico de generación	<13.9 mD Md=0.97mD Pobre	<11.5% Md=8.9% Pobre	Ríos Trenzados y Meandriformes Llanuras Inundación				
	Mbro La Rampla (442 m)		<19.92% Md=4.98% excelente	Tipo II y III gas (favorable) oil(favorable)	Madurez temprana y Pico de generación	<31.5 mD Md=0.92mD Pobre	<18.2% Md=10.0% Pobre	Llanuras Inundación y Ríos Meandriformes				
	Mbro La Leona (43 m)		<3.01% excelente	Tipo II gas(bueno) oil(favorable)	Madurez temprana	<0.16 mD Md=0.11mD Pobre	<11.9% Md=10.46% Aceptable	Lagos Someros				
	Mbro Los Chorros (275 m)		<11.39% Md=2.88% muy bueno	Tipo II y III gas(bueno) oil(bajo)	Inmadura y Madurez temprana	<91.9 mD Md=0.56 mD Pobre	<13.6% Md=9.6% Pobre	Llanuras de Inundación, Marismas y Ríos Meandriformes				
FORMACION CHIMBORAZO	Mbro La Cima (88.5 m)					<87.2 mD Md=1.05 mD aceptable	<14.1% Md=9.7% Pobre	Ríos Trenzados y Meandriformes				
	Mbro Loma Larga (640.5 m)		<2.78% Md=0.52% favorable	Tipo II y III gas (moderado) oil(bajo)	Madurez temprana y Pico de generación	<27.9 mD Md=4.21mD aceptable	<18.3% Md=8.3% Pobre	Abanicos Aluviales Ríos Trenzados y Meandriformes, Llanuras de Inundación				
	Mbro Confitas (168 - 2000 m)							Abanicos Aluviales				
CONIACIANO - MASTRICHIANO	Gr Diabásico Fm Aguaclara (1336 - 3406 m)		<1.04% Md=0.69% Favorable		Madurez temprana y Pico de generación			Marino Profundo y Turbiditas				
	Gr Diabásico Fm Marlapito (864 - 1200 m)							Fondo Oceánico Arco de Islas				

Figura 7-2. Sistema petrolífero para el Sector Cauca Sur. En rojo datos obtenidos de Geolin-Ecopetrol, (2000) y de Barrero y Laverde, (1998)

7.9 ROCA SELLO

En este sector la roca sello corresponde a arcillas y lodolitas de la Formación Guachinte (Miembro La Leona), a diferentes niveles de sedimentitas finas de la Formación Ferreira y a la secuencia fina basal de la Formación Esmita (Barrero y Laverde, 1998) (Figura 7-2).

7.10 MIGRACIÓN

No hay evidencia de migración de hidrocarburos en el Sector Cauca Sur.

7.11 TRAMPAS

Las trampas que se podrían encontrar en el Sector Cauca Sur, según Barrero & Laverde, 1998, son de tipo estructural y corresponden a anticlinales fallados en el bloque colgante, localizadas a lo largo de cinco cabalgamientos orientados en dirección norte-noreste; con interpretación sísmica les permitió delinear nueve cierres estructurales.

7.12 COMENTARIO

En la Cuenca Cauca-Patía, de las zonas estudiadas, este sector es el que indica parámetros litofaciales y geoquímicos más interesantes para la búsqueda de prospectos de hidrocarburos, ratificados por los siguientes resultados:

El Sector Cauca Sur, específicamente en los **Miembros Los Chorros, La Leona y La Rampla, de la Formación Guachinte**, las lodolitas carbonosas fueron reconocidas, según los resultados de los análisis geoquímicos, como unidades con buen potencial como roca generadora. Se presentan zonas con potenciales de COT de buenos a excelentes: Miembro Los Chorros (valores hasta 11,39% con mediana de 2,88%); Miembro La Leona (valores hasta 3,01%) y Miembro La Rampla (valores hasta 19,92% con mediana de 4,98%).

El kerógeno predominante es de tipo II-III, indicador de potencial de generación buena para gas y baja para aceite (Miembro Los Chorros); tipo II, bueno para gas y favorable para aceite (Miembro La Leona) y tipo II-III, favorable tanto para generación de gas como de aceite (Miembro La Rampla). Las rocas presentan inmadurez termal a madurez temprana (Miembro Los Chorros), madurez termal temprana (Miembro La Leona) y madurez temprana y pico de generación (Miembro La Rampla) (Figura 7-1)

Las rocas reservorio se localizan dentro de los niveles arenosos de la Formación Chimborazo (Miembro Loma Larga), Formación Guachinte (Miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla) y la Formación Ferreira (Miembro Suarez).

Los niveles arenosos del Miembro Loma Larga (Formación Chimborazo), presentan valores de porosidad hasta de 18,3% con una mediana de 8,3% y permeabilidades hasta 27,9 mD y una mediana de 4,21 mD. Fueron depositados en ambientes de ríos trezados y meandriformes. La mejor roca almacenadora se encuentra en el Miembro La Cima

(Formación Guachinte), la cual presenta valores de porosidad hasta de 14,1% con una mediana de 9,7% y permeabilidades hasta 87,2 mD y una mediana de 1,050D. Fue depositada en ambientes de ríos trezados y meandriformes. Los niveles arenosos del Miembro Los Chorros (Formación Guachinte), presentan valores de porosidad hasta de 13,6% y una mediana de 9,6% y permeabilidades hasta 91,9 mD, con una mediana de 0,56 mD. Fueron depositados en ambientes de ríos meandriformes. Los niveles arenosos del Miembro La Rampla (Formación Guachinte), presentan valores de porosidad hasta de 18,2% con una mediana de 10% y permeabilidades de hasta 31,50D, con una mediana de 0,92 mD. Fueron depositados en ambientes de ríos meandriformes, Los niveles arenosos del Miembro Suarez (Formación Ferreira), con valores de porosidad hasta de 11,5% y una mediana de 8,9% y permeabilidades de hasta 13,9 mD y mediana de 0,97 mD. Fueron depositados en ambientes de ríos trezados y meandriformes. Además, algunos segmentos arenosos de la Formación Ferreira (Miembro Suarez) y Formación Chimborazo (Miembro Loma Larga), asociados a ambientes de ríos meandriformes y trezados (Figura 7-2).

Otras probables rocas generadoras para el Sector Cauca Sur, no estudiadas en este trabajo, fueron planteadas por Geolin-Ecopetrol, (2000) quienes realizaron análisis de COT y Pirólisis (para rocas marinas cretácicas del Grupo Diabásico-Sedimentario), los cuales generaron valores favorable de COT hasta de 1,04%, con una mediana 0,69% y la materia orgánica en la roca se encuentra entre madurez temprana y pico de generación (Figura 7-2, valores en rojo). Además, análisis geoquímicos realizados en la Formación Aguaclara, indican que sería una muy buena roca generadora; presenta un contenido de 2% de COT (Barrero y Laverde, 1998).

Para la prospectividad del Sector Cauca Sur es de sumo interés las manifestaciones de gas (débiles y fuertes) que fueron observadas en algunos pozos, como el Candelaria-1 en la Formación Guachinte (?) (Intercol, 1965; Barrero y Laverde, 1998), mientras que en el Pozo Juga-1, perforado por Trinity Gas Corporation (1997) no se reportaron manifestaciones de gas o aceite.

SECTOR PATIA

7.13 ROCA GENERADORA.

Análisis geoquímicos de segmentos lodosos de la **Formación Mosquera**, indican un pobre potencial como roca generadora, aunque con potenciales muy buenos de COT (<22,18% y mediana de 2,73%). El kerógeno es de tipo II-III con fuertes indicios de que la roca se encuentra térmicamente inmadura a sobremadura (Sección Guanabanal)

Las zonas lodolíticas carbonosas de la **Formación Esmita** se constituyen como la mejor roca generadora del Sector Patía, específicamente, el Miembro Limolítico Fosilífero, cuyos resultados analíticos indican un pobre potencial como roca generadora, aunque con potenciales muy buenos de COT (<26,23% y mediana de 1,83%). El kerógeno es de tipo II-III, favorable para generación de gas y baja para aceite, pero con fuertes indicios de que la roca se encuentra térmicamente inmadura a sobremadura (Sección Guanabanal) Los Miembros Arenáceo y Limolítico Rojizo (Formación Esmita) con pobre potencial como roca generadora pero con muy buenos valores de COT que pueden llegar hasta el <38,39% y <23,03% y medianas de 3,12% y 2,14% respectivamente, ambos con kerógeno tipo II y III, rocas termalmente inmaduras (Figura 7-3).

Otras probables rocas generadoras para este sector pero no estudiadas en este trabajo, fueron planteadas por Geolin-Ecopetrol, (2000) quienes analizaron tres muestras de la Secuencia Alto Chapungo, dando como resultado un buen a excelente potencial para la generación de hidrocarburos y se encontró una muy buena correlación entre estas muestras y crudo del oil-seep de la quebrada Matacea (ECOPETROL – ICP, 1991). La caracterización del oil-seep de la quebrada Matacea, cuenca Cauca-Patía, (Preparada para ECOPETROL por Western Atlas International Core Laboratories Division, 1989), resume que la filtración de crudo es de gravedad media, con bajo contenido de azufre, biodegradada, moderadamente madura, de edad post-Jurásica y fue generada de materia orgánica depositada en un ambiente lacustre marginal marino, además se sugiere una significativa contribución de plantas terrestres. También, se han obtenido datos de análisis geoquímicos muy buenos para generación de hidrocarburos en muestras de la Secuencia del Río Guabas (Geolin-Ecopetrol, 2000) (Figura 7-3).

7.14 ROCA RESERVORIO

La roca reservorio principal es la Formación Mosquera, cuyos análisis indican valores aceptables de porosidad <16,8% y una mediana de 2,3%, permeabilidades pobres <44,3 mD y mediana de 0,97 mD. Los sedimentos fueron acumulados en ríos trezados y meandriformes. De menor importancia fueron reconocidos, en la Formación Esmita, el Miembro Limolítico Fosilífero, con una porosidad insignificante (<5,9% y mediana de 3,4%) y permeabilidad pobre (<0,106 mD, con medianaza de 0,99 mD); los segmentos en el Miembro Arenoso, igualmente presentan valores pobres de porosidad <18,8% y

una mediana de 7,2%, y una pobre permeabilidad <1,86 mD y mediana de 0,03 mD; fueron depositados en ambientes de ríos meandriformes. (Figura 7-3)

7.15 ROCA SELLO

El sello regional lo constituyen los shales a la base de la Formación Esmita y sellos locales estarían formados por los shales intraformacionales de la Formación Mosquera. (Barrero y Laverde, 1998), (Figura 7-3).

EDAD	UNIDAD	LITOLÓGIA	TOC	TIPO DE KEROGENO	MADUREZ TERMAL	PERMABILIDAD	POROSIDAD	AMBIENTE	ROCA			TRAMPAS
									RESERV	SELLO	GENERA	
MIOCENO TARDIO - PLEISTOCENO	Fm Popayan (100 - 500 m)							Volcánico				
	Fm Galén (80 - 145 m)							Ríos Trenzados				
OLIGOCENO - MIOCENO TARDIO	Miembro Conglomerático (222 m)							Ríos Meandriformes				
	Miembro Limolítico rojizo (55 - 124 m)		<23.03% Md=2.14% Muy Buena	Tipo II y III	Inmadura	<0.76 mD Md=0.31mD Pobre	<12.8% Md=8.2% Pobre					
	Miembro Arenisco (198 - 305 m)		<38.39% Md=3.12% Muy Buena	Tipo II y III	Inmadura	<1.86 mD Md=0.03mD Pobre	<18.8% Md=7.2% Pobre	Ríos Meandriformes Marismas y Pantanos				
	Miembro Limolítico Fosilífero (254 - 406.5 m)		<26.20% Md=1.83% Buena	Tipo II y III (gas favorable) (oil baja)	Inmadura Sobremadura Zona de Guanabanal	<0.106 mD Md=0.01mD Pobre	<5.9% Md=3.4% Insignificante	Estuarino				
CONCIZO - TEMPRANO (P) PALOCENO	Fm Mosquera (166 - 241.5 m)		<22.18% Md=2.73% Muy buena	Tipo II y III	Inmadura Sobremadura Zona de Guanabanal	<44.4 mD Md=0.99mD Pobre	<16.8% Md=10.3% Aceptable	Abanicos Aluviales Ríos trenzados Ríos Meandriformes				
	Fm Peña Morada (211 m) y Sección Río Guabas (1340 m)		<1.78% Md=1.17% Bueno <6.97% Md=3.51% Muy Bueno	Tipo IV	Madura			Abanicos Aluviales Plataforma Somera				
CRETÁCICO TEMPRANO (?) - CONIACIANO	Gr Diabásico ?		<4.61% Md=2.46% Muy Bueno	Tipo II y III	Madura Sobremadura			Fondo Oceánico Arco de Islas				

Figura 7-3. Sistema petrolífero para el Sector Patía. En rojo datos obtenidos de Geolin-Ecopetrol, (2000)

7.16 MIGRACIÓN

La presencia del manadero de la quebrada Matacea (oil seeps) indica que hay migración de hidrocarburos en el área.

7.17 TRAMPAS

Las trampas identificadas en la Subcuenca del Patía, son de tipo estructural (anticlinal simple), aunque potencialmente pueden existir de tipo estratigráfico asociadas a canales fluviales o deltáicos y/o trampas de tipo hidrodinámico, ubicadas especialmente en la parte central de la Cuenca Patía donde se aprecian dos estructuras anticlinales favorables a un posible entrapamiento de hidrocarburos en la Formación Mosquera (ECOPETROL-ICP, 1992).

7.18 COMENTARIO

De las unidades estudiadas en el sector Patía se encontraron buenos valores para roca generadora (inmaduras en dos secciones y sobremaduras en otra), en los segmentos lodolíticos carbonosos de las formaciones Esmita (Miembro Limolítico Fosilífero) y Formación Mosquera. Aceptables valores para roca reservorio se obtuvieron en los segmentos arenosos de la Formación Esmita (Miembro Arenoso) y en especial la Formación Mosquera, asociados a ambientes de ríos meandriformes y trenzados.

La presencia del manadero en areniscas de la Formación Esmita, en la quebrada Matacea, implica la existencia de generación, migración y conductos para movilizar hidrocarburos, lo cual hace muy atractiva la zona prospectivamente.

8 CONTINUIDAD LITOLÓGICA Y CORRELACIÓN DE LAS COLUMNAS LEVANTADAS EN LOS SECTORES CAUCA SUR Y PATÍA

SECTOR CAUCA SUR

En las secciones estratigráficas llamadas La Cima, Río Guachinte, Río Guachinte Norte y Río Guachinte Techo, en el presente estudio, se estableció su continuidad litológica (Figura 8-1). Entre las secciones La Cima y Río Guachinte la continuidad es establecida en los miembros La Cima y Los Chorros por doce metros de litología similar conformando “Horizontes Guía”. Allí son observadas, a la base, 2 m de arenitas y los restantes 10 m, la sedimentitas finas con locales interposiciones de capas finas a medias de arenitas y cintas a capas medias de carbón; las arenitas de la base corresponden al tope del Miembro La Cima y el conjunto con los carbones a la base del Miembro Los Chorros. La edad, Eoceno Medio, asignada en el presente estudio por Bioss Ltda (2008) es corroborada en ambas secciones (Anexo 10.1).

La continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte y Río Guachinte Norte en el Miembro La Rampla es establecida por la similitud en 53,3 m de sedimentitas conformadas por tres capas muy gruesas de hasta 20 m de espesor de cuarzoarenitas a arenitas feldespáticas con estratificación inclinada, restos vegetales e intraclastos lodosos separadas por dos capas muy gruesas de lodolitas donde en la superior presentan hacia el tope interposiciones de capas finas de arenitas. Estos niveles van siendo los “Horizontes Guía” ya que los tres paquetes de arenitas presenta gran resalte morfológico y continuidad en el sector (Figura 8-2). La edad asignada en el presente estudio por Bioss Ltda (2008) es corroborado por que en las dos secciones es Eoceno Medio-Tardío (Anexo 10.1).

La continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte Norte y Río Guachinte Techo para el Miembro La Rampla es establecida por su similitud litológica de 30 m constituidos por tres capas muy gruesas de hasta 14 m de espesor de lodolitas masivas con fantasmas de raíces y moscovita separadas por dos capas muy gruesas de arenitas feldespáticas a arenitas con estratificación inclinada e intraclastos lodosos, siendo los “Horizontes Guía” los tres paquetes de lodolitas.

Además, con base en la poligonal y los datos de rumbo y buzamiento para la Sección Guachinte Norte se pudo inferir geoméricamente que el espesor entre el último afloramiento en la sección y la base del Miembro Suárez de la Formación Ferreira es de 32,50, similar el espesor medido en la Sección Guachinte Techo, a partir del nivel guía más alto estratigráficamente correlacionado (Figura 8-3). La edad, Eoceno Tardío,

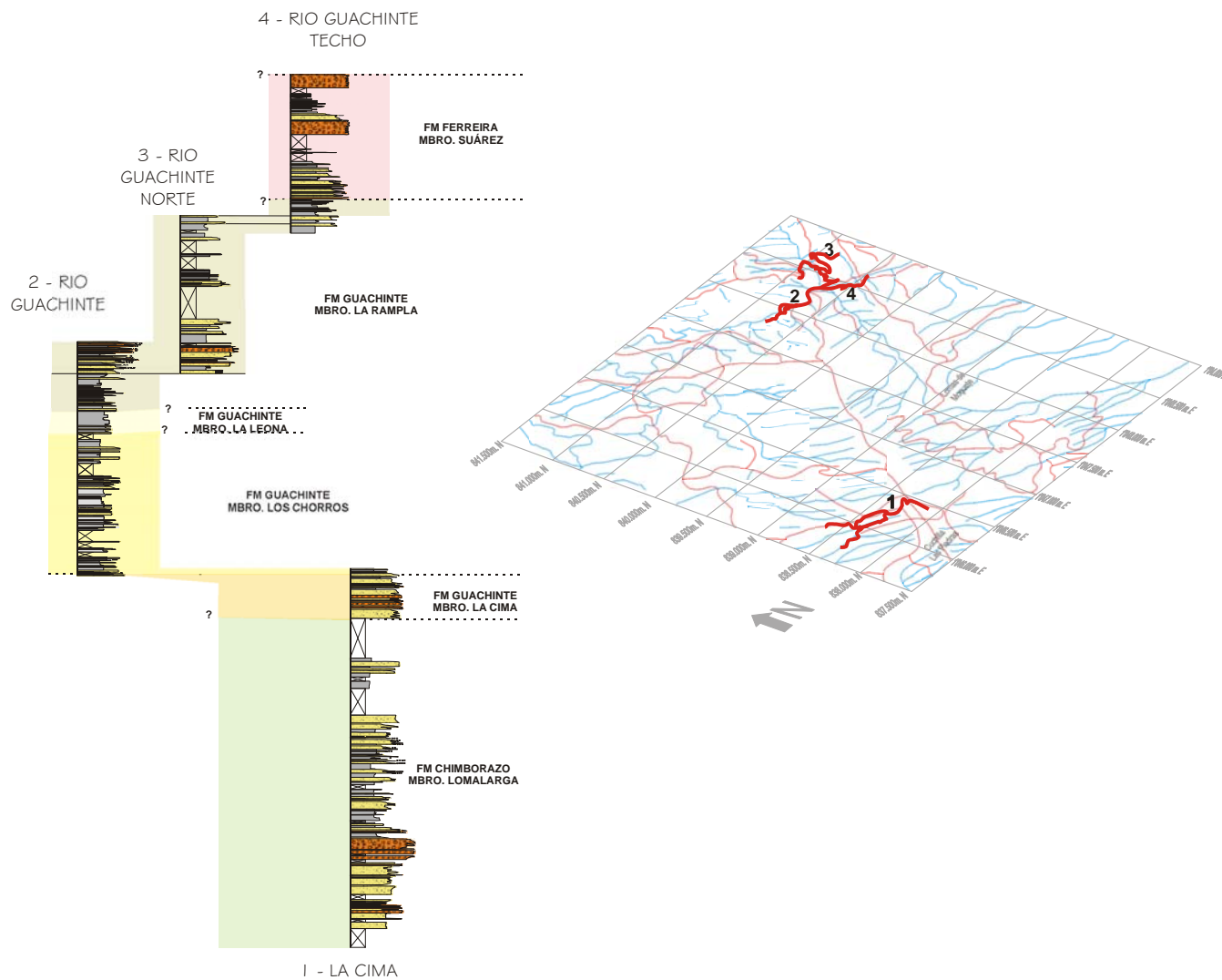


Figura 8-1. Continuidad Litológica de las unidades levantadas en el Sector Cauca Sur

asignada en el presente estudio por Bioss Ltda (2008) es corroborada en ambas secciones (Anexo 10.1).



Figura 8-2.. Continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte y Río Guachinte Norte para el Miembro La Rampla. A) Panorámica de la Sección Río Guachinte. B) Panorámica de la Sección Río Guachinte Norte.



Figura 8-3. Continuidad estratigráfica entre las secciones Río Guachinte Norte y Río Guachinte Techo para el Miembro La Rampla A) Panorámica de la Sección Río Guachinte Norte. B) Panorámica de la Sección Río Guachinte Techo.

SECTOR PATÍA

Para este sector fueron levantadas cuatro secciones llamadas de Sur a Norte El Boquerón, Quebrada Guanabanal, Quebrada La Despensa y Río Esmita en ellas se presenta continuidad litológica, en donde las unidades presentes en este sector son denominadas de más antigua a más reciente Grupo Diabásico y formaciones Peña Morada, Mosquera y Esmita.

En las secciones El Boquerón, Quebrada Guanabanal y Quebrada La Despensa fueron levantadas de base a tope, la parte más superior del Grupo Diabásico (2 a 10,5 m) y las Formaciones Mosquera (en su totalidad) y Esmita La totalidad de los Miembros de base a tope, Limolítico fosilífero, Arenáceo y parte basal (?) del denominado informalmente Limolítico Rojizo (55,2 a 124,5 m) y en la Sección Río Esmita fue levantada la parte más superior del Grupo Diabásico (6 m), de la Formación Peña Morada y sus miembros que de base a tope son los llamados informalmente Miembro Calcáreo (en su Totalidad) y Parte basal (?) del Miembro Conglomerático (86 m) en esta misma sección se observó el contacto entre las formaciones Peña Morada (4 m, infrayacente) y base del Mosquera (38 m, suprayacente) ver Figura 8-4.

Para establecer la relación de las rocas sedimentarias en las secciones estudiadas se tuvieron en cuenta horizontes o capas guía y su morfología característica, estos para el sector son: El Grupo Diabásico en las secciones levantadas son rocas ígneas, básicas (basaltos, diabasas, gabros) que resaltan morfológicamente por formar serranías con pendientes muy altas, En la Formación Mosquera la litología común son capas gruesas o bancos de conglomerados finos a arenitas con cuarzo lechoso, chert e intraclastos lodosos generalmente con estratificación inclinada, en las secciones Quebrada la Despensa y El Boquerón estas muestran en la base conglomerados polimícticos hasta con pequeños cantos de rocas ígneas (pórpidos, diabasas, intrusivas félsicas, basaltos y riolitas), muestran geofomas aserradas debido a la interposición de sedimentitas finas, además, la edad asignada en el presente estudio por Bioss Ltda (2008) para las cuatro secciones es Oligoceno (?) – Mioceno Temprano (Anexo 10.1); las sedimentitas de la Formación Mosquera están suprayacidas por sedimentitas finas con gasterópodos, bivalvos y lamelibránquios en capas finas hasta gruesas pertenecientes a la base de la Formación Esmita, Miembro Limolítico Fosilífero, su expresión morfológica corresponde a valles, el miembro Arenáceo en general son interposiciones arenitas lodolitas con locales capas con fósiles diferenciándose del suprayacente Miembro Limolítico Rojizo consiste en que en este miembro predominan las sedimentitas finas de color pardo rojizo, no presenta morfológicamente relevancia ya que pueden formar valles o zonas planas o aserradas de acuerdo al grado de compactación de estas rocas, la edad asignada en el presente estudio por Bioss Ltda (2008) en las cuatro secciones es Oligoceno (?) – Mioceno Medio (Anexo 10.1); en general las capas u horizontes guía a gran escala en el Sector Patía son los basaltos, diabasas, gabros del Grupo Diabásico, los gasterópodos, bivalvos y lamelibránquios y el color pardo rojizo en las sedimentitas finas de los miembros Limolítico Fosilífero y Limolítico Rojizo de la Formación Esmita, respectivamente además de las geofomas presentadas.

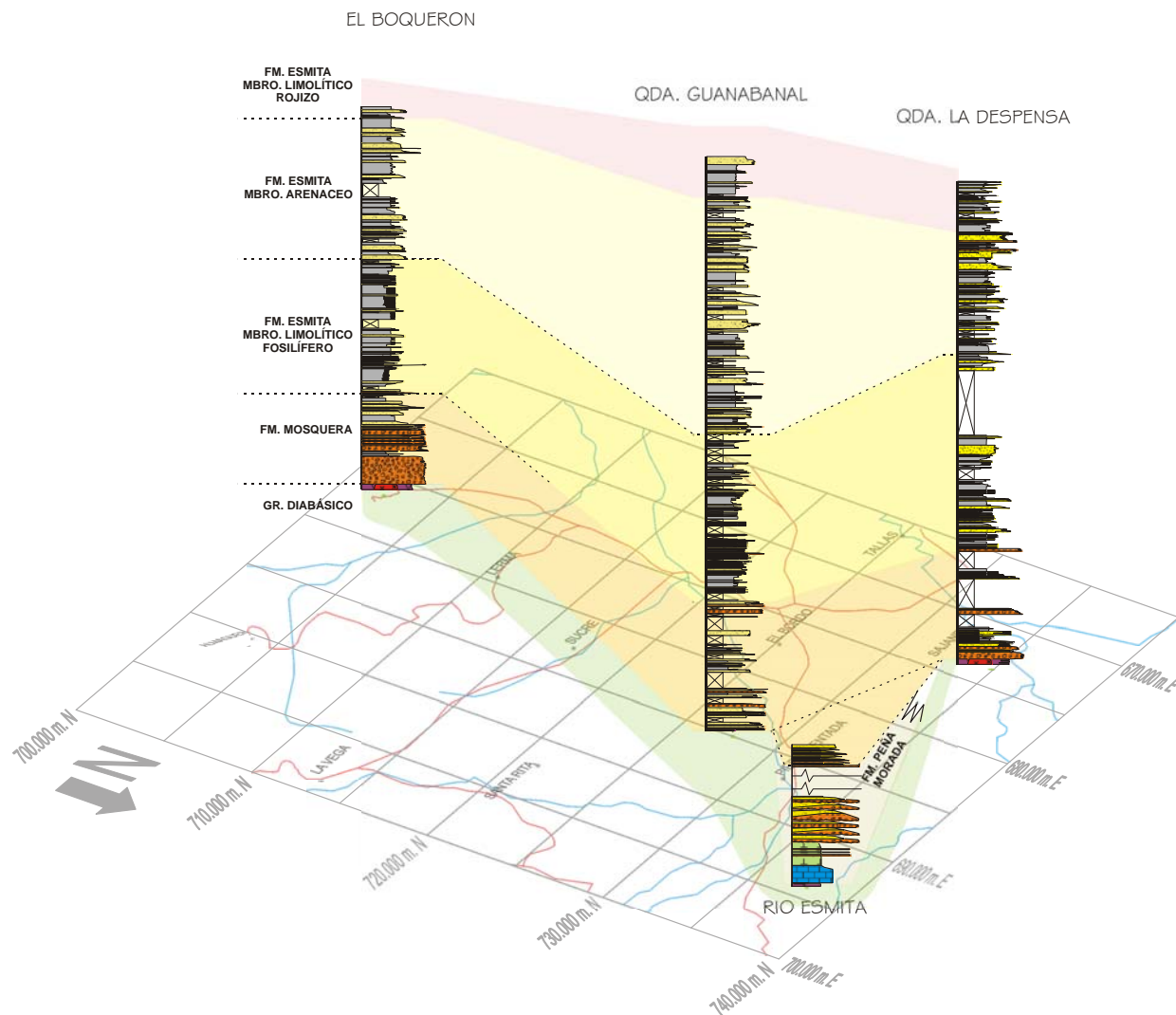


Figura 8-4. Correlación estratigráfica de las unidades levantadas en el Sector Patía

9 RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

Las reconstrucciones paleoambientales de las unidades estudiadas, así como sus posibles áreas fuente son esbozadas a continuación en forma esquemática y sin escala, sus convenciones están mostradas en la Tabla 8-1. La ausencia de datos suficientes y confiables de paleocorrientes medidas, la recurrencia en los altos grados de inclinación de los estratos para muchos segmentos estudiados (mayores de 70°), la carencia de cartografías detalladas a escalas adecuadas y en consecuencia, la imposibilidad de tener un modelo estructural aceptable, entre otros factores, limitan la interpretación paleogeográfica. Por lo tanto, las figuras que se presentan a continuación están basadas principalmente en: interpretaciones hechas con base en los arreglos litofaciales dispuestos en las columnas estratigráficas estudiadas; análisis bioestratigráficos (dataciones con palinomorfos), petrográficos, petrofísicos y geoquímicas y consultas bibliográficas.

En el sector Cauca Norte, durante el Oligoceno, las sedimentitas de la Formación Cinta de Piedra fueron acumuladas en ámbitos continentales de sistemas de ríos meandriformes principalmente y con menor desarrollo de llanuras de inundación y ríos trezados distales; de manera marginal, las sedimentitas la parte superior de la columna, acumuladas durante el Mioceno temprano, se depositaron en ámbitos de pantanos y marismas. En la Figura 9-1 se plantea una distribución aproximada de los diferentes ambientes en los cuales se acumuló la unidad.

En el sector Cauca Sur afloran las sedimentitas más antiguas estudiadas en el proyecto y corresponden al techo de la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga, acumuladas durante el Eoceno medio en ámbitos aluviales de sistemas de abanicos, ríos trezados, llanuras de inundación y ríos meandriformes, que fueron divagando y colmatando la cuenca, asociados a pulsos tectónicos. Hacia la base del miembro, bajo la secuencia de conglomerados, se obtuvieron muestras de sedimentitas finas con gasterópodos y bivalvos, que indican la proximidad a zonas marinas o transicionales. En la Figura 9-2 se ilustra la posible distribución geográfica de los ambientes en los que se originó el Miembro Loma.

El Miembro La Cima se acumuló en ámbitos de ríos trezados y hacia el tope, ríos meandriformes con escasa preservación de las facies finas asociadas a llanuras de inundación, posiblemente debido a la alta migración de los canales que origina un apilamiento por retrabajamiento de los sedimentos donde es preservada solamente la fracción gruesa. La Figura 9-3 muestra una posible distribución de estos ambientes durante el Eoceno medio, tiempo en el cual se acumuló el Miembro La Cima y se postula una línea costera relativamente próxima ubicada hacia el Oeste, con áreas de aportes al Este.

El primer registro claro de influencia marina se presenta en la Formación Guachinte, a partir de las sedimentitas del Miembro Los Chorros depositadas en ámbitos de marismas, pantanos y charcas someras, mientras el Miembro La Leona pudo alcanzar ambientes hasta de anteplaya (*shoreface*), la presencia de glauconita corrobora las condiciones marinas. Lo anterior puede indicar que hubo un pulso transgresivo representado por el relativo incremento en el nivel del mar o por subsidencia de la cuenca, que trasladó la línea de costa hacia el Este y en consecuencia, sus ambientes asociados migraron en el mismo. El Miembro La Rampla, se acumuló principalmente en ámbitos continentales de llanuras de inundación y pantanos con algunos desarrollos de ríos meandriformes y trenzados. La Figura 9-4 registra los paleoambientes en zonas de transición para la acumulación de los miembros Los Chorros y La Leona, contiguas a las áreas continentales donde fueron acumuladas las rocas del Miembro La Rampla, indicando un pulso regresivo donde la línea de costa migra en dirección Oeste.

El Miembro Suárez, base de la Formación Ferreira, evidencia la continuidad del proceso regresivo, con dominio claramente continental de sistemas de ríos meandriformes a la base, y de ríos trenzados en los intervalos medio y superior. Entre los depósitos gruesos de conglomerados y arenitas se presentan interposiciones de paquetes decamétricos de lodolitas carbonosas y carbón, acumuladas en ámbitos de marismas y pantanos. Tal alternancia puede significar que, si bien se presenta un proceso regresivo general, este tuvo algunos pulsos transgresivos registrados en secuencias litofaciales con influencia marina. La Figura 9-4 representa la posible distribución geográfica de ambientes de ríos trenzados, meandriformes, pantanos y marismas para esta unidad.

El Sector Patía no presenta registro litológico del Eoceno, indicando que mientras en el Sector Cauca Sur se acumularon las sedimentitas de las formaciones Guachinte y Ferreira, este sector debió estar sometido a erosión. Al parecer, las rocas sedimentarias más antiguas del Sector Patía, corresponden a la Formación Peña Morada de edad Paleógena(?), que fue acumulada en dos ámbitos diferentes: el Miembro Calcáreo en plataforma somera dominada por carbonatos y el Miembro Conglomerático en abanicos delta (fan deltas) disectando la zona de plataforma. Esto se evidencia por la concentración de clastos y arenitas calcáreas que demuestran los procesos de erosión hacia la base de la secuencia del Miembro Conglomerático.

Aunque esta unidad fue estudiada solo en la localidad del Río Esmita, bibliográficamente, Orrego-1975, referencia una secuencia similar en el Río Guabas, ubicada aproximadamente 20 Km hacia el ENE del río Esmita. La Figura 9-5 representa una posible distribución de ambientes, donde se muestra las zonas de abanicos deltas cortando una plataforma somera dominada por lodos y carbonatos. Los paquetes decamétricos de conglomerados deben estar asociados a pulsos tectónicos y fallamiento, cuyo estudio no es objeto de este proyecto.

Las secuencias de la Formación Mosquera indican que la unidad se acumuló en ámbitos continentales aluviales que incluyen abanicos proximales y distales principalmente en la

Sección El Boquerón; ríos trezados y meandriformes divagando sobre llanuras de inundación, pantanos y de manera marginal, marismas, son los ambientes dominantes en las secciones Q. Guanabanal y Q. La Despensa. La presencia de los depósitos más gruesos hacia el sur y una gradación hacia el norte, sugieren un posible basculamiento con dirección norte. Además, en la Sección El Boquerón se presenta una gradación tanto en el tamaño como en la composición de los clastos, indicando el cambio del tipo de roca fuente. La ausencia de cuerpos litológicos enriquecidos en cuarzo cercanos a la zona del levantamiento, puede indicar que hubo exhumación y erosión de todo el cuerpo que originó los conglomerados. La Figura 9-6 ilustra la reconstrucción paleoambiental de la Formación Mosquera con sus posibles áreas fuente.

El intervalo basal de la Formación Esmita, Miembro Limolítico Fosilífero, caracterizado por la abundancia de fósiles de bivalvos y gasterópodos, fue acumulado en un sistema estuarino en donde las facies de la Sección Guanabanal muestra una mayor influencia marina en la boca del estuario, donde se registran ambientes de marismas, llanuras intermareales, canales mareales, depósitos de playa hasta plataforma somera. Mientras que en las áreas de las secciones El Boquerón y Quebrada La Despensa, El Miembro Limolítico Fosilífero se desarrolló en ámbitos de marismas, llegando localmente a llanuras intermareales. Dicha relación pudo ser establecida comparando los conjuntos de icnofósiles encontrados en las tres secciones. Mientras en la sección Guanabanal hay amplia variedad y cantidad de icnoformas que corresponden a las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana*, en las otras dos secciones solo se encontraron estructuras de alimentación (*fodinichnias*) con baja diversidad y asociados a lodolitas carbonosas, indicando icnofacies *Skoyenia* asociada a ambientes con influencia continental. La Figura 9-7 representa los ambientes del Miembro Limolítico Fosilífero para las tres secciones estudiadas evidenciando un evento transgresivo.

El Miembro Arenáceo y el Miembro Limolítico Rojizo fueron acumulados en ámbitos netamente continentales, asociados a corrientes meandriformes que fueron cortando extensas llanuras de inundación. Estos depósitos corresponden a las últimas fases de los procesos de acumulación sedimentaria en la cuenca. La Figura 9-8 representa la reconstrucción ambiental, evidenciando la ausencia de influencia marina, indicando el retroceso en la línea de costa (regresión) en dirección Oeste.

Tabla 8-1. Convenciones de las reconstrucciones paleoambientales

	Llanuras de inundación		Marismas
	Pantanos		Dirección de aportes
	Mar		Abanicos delta
	Llanuras mareales		Canales mareales
	Ríos Meandriformes		Ríos Trezados

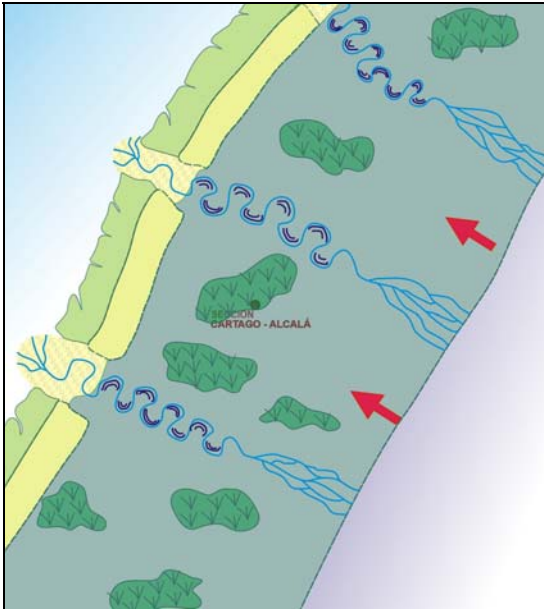


Figura 9-1. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Cintita de Piedra.

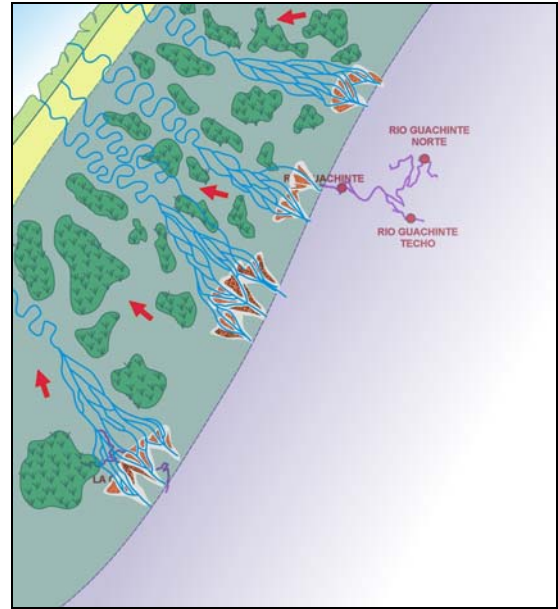


Figura 9-2. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Chimborazo, Miembro Loma Larga y Formación Guachinte, Miembro La Cima.

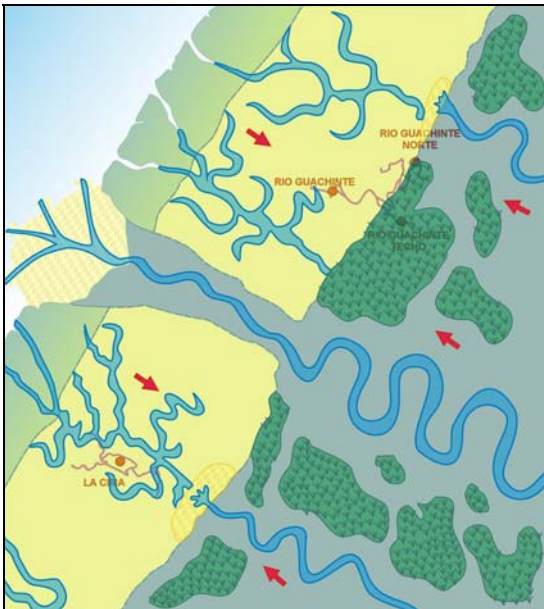


Figura 9-3. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Guachinte, miembros Los Chorros, La Leona y la Rampla.

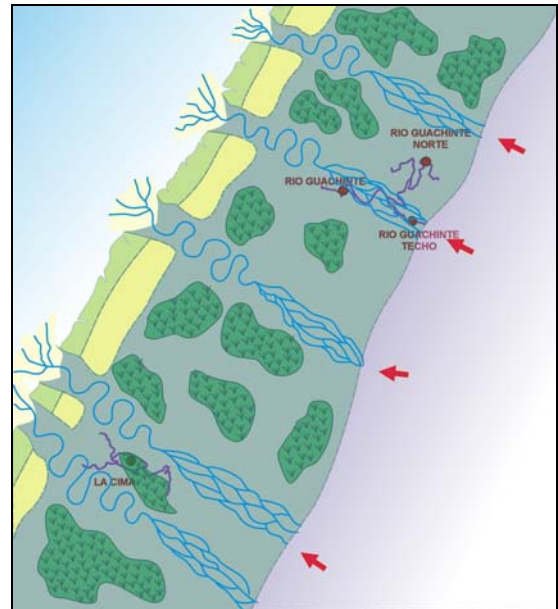


Figura 9-4. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Ferreira, Miembro Suárez.

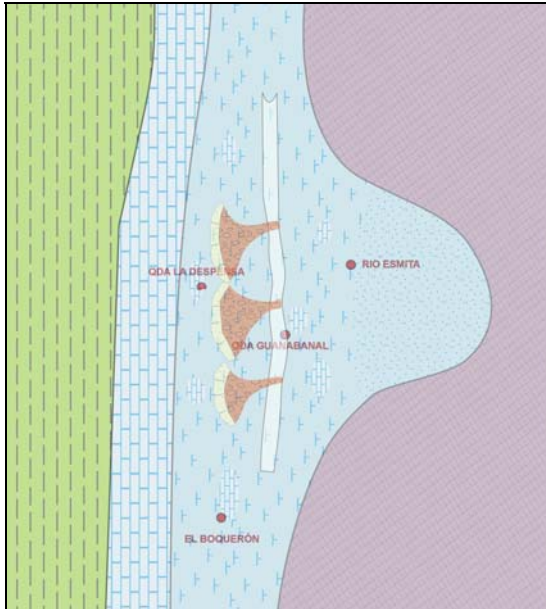


Figura 9-5. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Peña Morada.

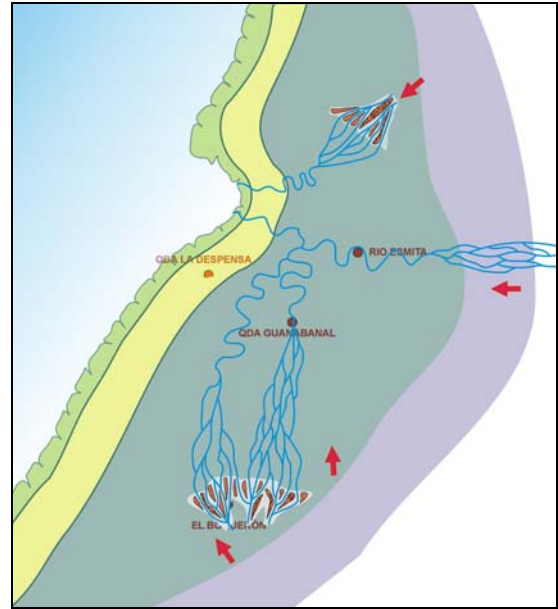


Figura 9-6. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Mosquera.

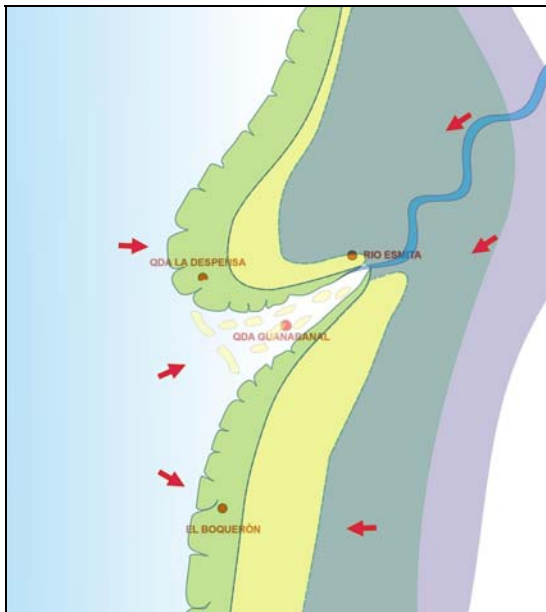


Figura 9-7. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Esmita, Miembro Limolítico Fosilífero.

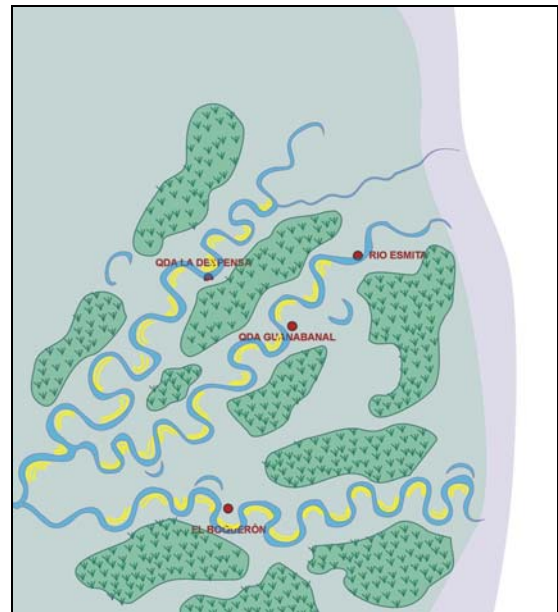


Figura 9-8. Reconstrucción paleoambiental para la Formación Esmita, miembros Arenáceo y Limolítico Rojizo.

10 CONCLUSIONES

Para el área estudiada existe una notoria discrepancia en la nomenclatura estratigráfica representada en la asignación del nombre para una determinada unidad, generalmente de carácter informal, con la cual algunos autores las designan y las subdividen, creando numerosas dificultades y confusiones para una correcta correlación entre cada uno de los parámetros y en especial, entre las mismas unidades; por lo tanto, la litología y espesor asignado por cada autor, inclusive para la misma localidad-tipo, no concuerda; así como la carencia en la sustentación manifiesta en la asignación de edad y ambiente de depósito, que en la mayoría de los casos se asigna por su posición estratigráfica. Todo esto sugiere la necesidad de realizar una cartografía geológica sistemática que lleve a entender a cabalidad la evolución geológico-estructural de la Cuenca Cauca - Patía.

La Formación Cinta de Piedra posee una edad Oligoceno - Mioceno Temprano y consta principalmente de arenitas, y en menor proporción lodolitas y conglomerados, formados en medios continentales, principalmente en ríos meandriformes con desarrollos menores en llanuras de inundación y ríos trenzados. Hacia el tope presenta evidencias de influencia marina.

El Miembro Loma Larga de la Formación Chimborazo se acumuló durante el Eoceno medio, y está conformado, en la base, por secuencias incompletas de arenitas acumuladas en ríos trenzados distales y proximales, seguidas por paquetes decamétricos de conglomerados depositados en abanicos aluviales; el intervalo superior del miembro tiene arenitas y lodolitas abigarradas depositadas en ríos meandriformes y llanuras de inundación, en la base del miembro se encontró una muestra con fósiles que sugiere proximidad a la línea de costa.

Los cuatro miembros de la Formación Guachinte fueron depositadas durante el Eoceno Medio y Tardío. El Miembro La Cima, base de la unidad, lo conforman capas gruesas de arenitas conglomeráticas, arenitas localmente con interposiciones de lodolitas que se originaron en ríos trenzados distales y meandriformes. El primer registro claro de la influencia marina se presenta en el Miembro Los Chorros, consiste en sedimentitas finas principalmente e interposiciones de carbón, las cuales fueron depositadas en ambientes de llanuras de inundación, zonas de marismas y pantanos; la fracción arenosa representa ríos meandriformes y canales secundarios. El Miembro La Leona, compuesta por lodolitas, limolitas y arenitas lodosas, con presencia de gasterópodos y bivalvos principalmente, que indican depósitos de charcas someras y marismas hasta plataforma interna, evidenciada por un mayor contenido de glauconita. El Miembro La Rampla de edad Eoceno Tardío, consta de sedimentitas finas, algunas de ellas carbonosas y mantos de carbón, acumuladas en zonas de pantanos y llanuras de inundación, las arenitas indican ríos meandriformes y los conglomerados ríos trenzados distales. El miembro, en

general, representa un evento regresivo, donde la línea de costa migra nuevamente en dirección Oeste.

El Miembro Inferior de la Formación Ferreira, Miembro Suárez, con edad Eoceno Tardío, está compuesto en la parte inferior por arenitas y lodolitas acumuladas en ámbitos de ríos meandriformes y llanuras de inundación; en el intervalo medio y superior se presentan paquetes decamétricos de conglomerados acumulados en ríos trezados proximales, estos conglomerados lo separan sedimentitas predominantemente finas y con algunos mantos de carbón explotables, formados en llanuras de inundación y pantanos. Las sedimentitas del Miembro Suárez de afinidad principalmente continental evidencian la continuidad del evento regresivo iniciado con el Miembro La Rampla.

En el Sector Patía se describieron las formaciones Peña Morada, Mosquera y Esmita. La Formación Peña Morada consiste de dos secuencias litofaciales claramente diferenciables definidas informalmente en este trabajo como Miembro Calcáreo, la parte inferior y Miembro Conglomerático, la parte superior de la unidad. El Miembro Inferior está compuesto por rocas acumuladas en una plataforma somera dominada por lodos calcáreos, sobre estos se depositaron conglomerados acumulados en abanicos proximales; esto indica que hubo un abrupto descenso en el nivel del mar, registrando el mayor evento regresivo. Su edad se asume Paleógena por posición estratigráfica, dado que las 10 muestras datadas con bioestratigrafía resultaron estériles, algunos autores le asignan una edad Cretácico Tardío.

La Formación Mosquera de edad Oligoceno-Mioceno Temprano, aflora en las cuatro columnas levantadas en el Sector Patía, predominan conglomerados, acumulados en ambientes de abanicos proximales-distales y ríos trezados, las arenitas y lodolitas, producto de depósitos de ríos meandriformes y llanuras de inundación; puntualmente presenta sedimentitas con influencia marina.

El Miembro Limolítico Fosilífero base de la Formación Esmita, en la Sección Quebrada Guanabanal, lo constituyen sedimentitas finas, heterolíticas y de cuarzoarenitas que fueron acumuladas en ámbitos de marismas, de pantanos, de llanuras mareales, de canales mareales y de plataforma somera, siendo este miembro depositado, en un sistema estuarino. En las secciones de la Quebrada La Despensa y El Boquerón, este miembro tiene menor influencia marina y se deposita en zonas de pantanos, marismas y llanuras intermareales; predominan las llanuras de inundación y los canales de desborde y secundarios. Los miembros superiores de la Formación Esmita, Miembro Arenáceo y el llamado en este trabajo de manera informal Miembro Limolítico Rojizo, conformados principalmente por arenitas y lodolitas acumuladas en ámbitos de ríos meandriformes y llanuras de inundación, representan el inicio de un nuevo proceso regresivo, donde la línea de costa migra en dirección Oeste.

Diferentes autores escriben sobre la parte más superior de la Formación Esmita, denominándolo Miembro Conglomerático, constituido por aglomerados principalmente,

en las 3 secciones levantadas en el Sector Patía, no fue observado, sólo se encontraron unas sedimentitas finas de color rojizo, llamadas aquí informalmente “Miembro Limolítico Rojizo”.

En el Sector Patía la edad de la roca Cenozoica más antigua es Oligoceno y está en contacto discordante con el Grupo Diabásico, lo que indica que para el Eoceno, Paleoceno y Cretácico más superior era un paleoalto, mientras que en el Sector Cauca Sur, hay presencia de sedimentitas del Eoceno Medio y continúan rocas más antiguas no estudiadas por presentarse cubiertas, infiriendo una posible discordancia progresiva.

A partir de los valores obtenidos de Gamma Ray, su representación geométrica y su relación con la litología observada presenta interpretaciones como: La línea aserrada regular o irregular en capas o bancos hemolíticos o heterolíticos; campanas en bancos o capas granocrecientes; embudo en bancos o capas granodecrecientes; cóncavo en capas o bancos granocreciente con granodecrecimiento hacia el tope; convexo cuando inicia con granodecrecimiento y termina con granocrecimiento una capa o banco; picos y depresiones cuando las capas presentan contraste litológico o contraste por el contenido de mica (moscovita) y materia orgánica. Es importante la escala en la interpretación de la forma geométrica en un registro Gamma Ray; para el presente estudio fue menor a 13 m, ya que, a esta medida presenta un buen contraste visual de un evento o de eventos amalgamados.

La Formación Cinta de Piedra los análisis geoquímicos realizados para esta unidad indica un potencial bajo como roca generadora, aunque hacia la base se obtuvieron potenciales de muy buenos a excelentes en COT (8,57% en peso), pero en general su potencial es considerado pobre. El kerógeno predominante es de tipo III, indicador de generación potencial para gas y en menor importancia para aceite; la roca, en general, es inmadura. Como roca reservorio, arenitas y conglomerados, los mejores datos obtenidos para porosidad y permeabilidad están asociados a ríos trenzados distales; los valores más bajos a canales secundarios de llanuras de inundación y a ríos trenzados proximales

En la Cuenca Cauca-Patía, de las zonas estudiadas, el sector Cauca Sur, es el que presenta parámetros litofaciales y geoquímicos más interesantes para la prospección de hidrocarburos, ratificados por los siguientes resultados: específicamente en los Miembros Los Chorros, La Leona y La Rampla, de la Formación Guachinte, las lodolitas carbonosas fueron reconocidas, según los resultados de los análisis geoquímicos, como unidades con buen potencial como roca generadora. Se presentan zonas con potenciales de COT de buenos a excelentes. El kerógeno predominante es de tipo II-III, indicador de potencial de generación buena para gas y baja para aceite (Miembro Los Chorros); tipo II, bueno para gas y favorable para aceite (Miembro La Leona) y tipo II-III, favorable tanto para generación de gas como de aceite (Miembro La Rampla). Las rocas presentan inmadurez termal a madurez temprana (Miembro Los Chorros), madurez termal temprana (Miembro La Leona) y madurez temprana y pico de generación (Miembro La Rampla) Las rocas reservorio se localizan dentro de los niveles

arenosos y/o conglomeráticos, desde la Formación Chimborazo (Miembro Loma Larga), hasta la Formación Ferreira (Miembro Suarez).

De las unidades estudiadas en el sector Patía se encontraron buenos valores para roca generadora (inmaduras en dos secciones y sobremaduras en otra), en los segmentos lodolíticos carbonosos de las formaciones Esmita (Miembro Limolítico Fosilífero) y Mosquera. Aceptables valores para roca reservorio se obtuvieron en los segmentos arenosos de la Formación Esmita (Miembro Arenoso) y en especial la Formación Mosquera, asociados a ambientes de ríos meandriformes y trenzados.

Las rocas presentes en las secciones Río Esmita (Formación Peña Morada) y Quebrada Guanabanal (Formaciones Mosquera y Esmita) están, geoquímicamente, sobremaduras.

11 RECOMENDACIONES

Por no estar suficientemente cartografiadas ni definidas se sugiere como prioritarios, para futuros trabajos, la realización de una cartografía geológico-estructural detallada e integral para la Cuenca Cauca - Patía, principalmente para obtener un mas adecuado conocimiento de las unidades cenozoicas no estudiadas y en especial de las unidades cretácicas, posiblemente generadoras.

Con la información recolectada y procesada en los tres sectores no es posible establecer una correlación o paleogeografía, debido a la ausencia de información estructural y estratigráfica; por lo tanto, se recomienda la realización de otras secciones ubicadas especialmente en la parte occidental de la cuenca, con el fin de complementar la información ya obtenida y poder hacer correlaciones confiables y con un mismo criterio.

En la Cuenca Cauca – Patía se encontraron gran cantidad especies no identificadas de palinomorfos y foraminíferos, indicando el alto grado de desconocimiento bioestratigráfico que mediante una mayor cantidad de estudios palinológicos y micropaleontológicos especializados se pueda definir y detallar el gran potencial y a la vez obtener dataciones y correlaciones de alta resolución

Para tener mejores y mayores criterios geológicos respecto a la Cuenca Cauca – Patía, se debe complementar con un estudio detallado especialmente en las unidades cretácicas ya que algunas sedimentitas marinas en el Grupo Diabásico presentan fauna y microfauna inferiendose que estas rocas sean generadoras, lo mismo que las calizas de la Secuencia del Río Guabas o de la Formación Nogales.

12 REFERENCIAS

- ALFONSO, C. A; SACKS, P.E; SECOR, D.T; RINE, J; PÉREZ, V.E; 1980. A Tertiary Fold And Thrust Belt in the Valle del Cauca Basin, Colombian Andes, University of South Carolina; University of Hawaii. ECOPETROL, p. 100, ISN 51560, Informe Geológico 5268, Santa Fe de Bogotá.
- ALLEN, J. R. L, 1970. Sediments of the modern Niger delta, a summary and review, En Morgan, J. P, Deltaic sedimentation modern and ancient: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 15, pp. 138-151.
- ALLEN, J. R. L, 1981. Lower Cretaceous tides revealed by crossbedding with mud drapes. Nature vol. 289, pp. 579-581.
- BANERJEE, I, 1989. Tidal sand sheet origin of the transgressive basal Colorado Sandstone (Albian): a subsurface study of the Cessford field, southern Alberta. Bulletin of Canadian Petroleum Geology v. 37, pp. 1-17.
- BARRERO, D, MARTINEZ, J, VARGAS, C, Y PARDO, A, 2007. Petroleum Geology of Colombian Basins in ANH, Colombian Sedimentary Basins. Bogotá.
- BARRERO L, DARÍO; LAVERDE M, FABIO, 1998. Estudio Integral de Evaluación de la Geología y Potencial de Hidrocarburos de la Cuenca “Intramontana” Cauca - Patía, ILEX - ECOPETROL, 4 vol. ISN 48828, Informe geológico 4977, Santa fe de Bogotá.
- BHATTACHARYYA A, & CHAKRABORTY, C, 2000. Analysis of sedimentary successions. A field Manual. Balkema Publishers. Vermont. p. 408.
- BLAIR T.C. & MCPHERSON J.G. 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages. Journal Sedimentary Petrology. p. 450-489.
- BOERSMA, J. H, 1969. Internal structures of some tidal megaripples on a shoal in the Westerschelde estuary, the Netherlands. Report of a preliminary investigation: Geologie en Mijnbouw, v. 48, pp. 409-414.
- BOGGS, S. JR, 1992. Petrology of sedimentary rocks. Macmillan Publishing Company, New York. p.707.
- BOOTHROYD, J.C. AND ASHLEY, G.M, 1975. Process, bar morphology and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. In:

- Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation (Eds A.V. Jopling and B.C. McDonald), SEPM Spec. Publ, 23, pp. 193–222.
- BRYANT, I.D, 1983. Facies sequences associated with some braided river deposits of Late Pleistocene age from Southern Britain. In: Modern and Ancient Fluvial Systems: Sedimentology and Process (Eds J.D. Collinson and J. Lewin), Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ, 6, pp. 267–275.
- BRIDGE, J.S, 2003. Rivers and Floodplains, London, Blackwell, p. 491.
- CÁCERES, HUMBERTO, 1988. Reconocimiento Geológico de Campo Cuenca Valle del Cauca y del Patía. ECOPETROL–ESRI, 68 p. ISN 15174 Informe geológico 1613, Bogotá.
- CANT, D, J, 1984. Subsurface facies analysis. In Walker Roger, ed. Facies Models, second edition. Geoscience Canada, Reprinted Series 1, pp. 297-310.
- CANT, D, J y WALKER, 1976. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada Sedimentology, Volume 25, Issue 5 , Pages625 – 648, 1978 International Association of Sedimentologists
- CAPUZZO, N. AND WETZEL, A, 2004. Facies and basin architecture of the Late Carboniferous Salvan-Dorenaz continental basin (Western Alps, Switzerland/France). Sedimentology 51, pp. 675–697.
- CHAMBERLAIN, A, 1984. Surface Gamma Ray Logs: Tool for frontier areas. AAPG Bulletin, Vol. 68 (8), pp. 1040-1043.
- COLEMAN, J. M, GAGLIANO S. M, and SMITH, W. G. 1966. Chemical and physical weathering on saline high tidal flats, northern Queensland, Australia: Geol. Soc. Am Bull, 77, pp.205-206.
- COLEMAN, J.M, 1969. Brahmaputra River: channel processes and sedimentation. Sediment. Geol. 3 (2/3), pp. 129-239.
- COLLINS, J. D. 1996. Alluvial sediments. En: Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy (Ed. by H. G. Reading), p. 37-82. Blackwell Publishing.
- 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.
- COSTELLO, W.R, AND WALKER, R.G, 1972, Pleistocene sedimentology, Credit River, southern Ontario: a new component of the braided river model: Journal of Sedimentary Petrology, vol. 42, pp. 389-400.

- 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.
- DABRIO, C. J, y FERNÁNDEZ, J. (1983 a): Génesis y evolución de barras conglomeráticas en un río de baja sinuosidad. *Depresión de Granada España, Mediterránea*, vol. 2, pp. 3-28.
- DABRIO, C. J, y FERNÁNDEZ, J. (1983 b): Estructura interna en barras de ríos trezados conglomeráticos. *Libro de Comunicaciones del IX Congreso Nal, de Sedimentología, Menorca*, vol. 1. pp. 13-16.
- DALRYMPLE, R. W, 1992. Tidal Depositional Systems. En Walker R. G. and James, N, P. (Eds), *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Society of Canada, Ontario, pp. 195-218.
- DESLOGES, J.R. AND CHURCH, M, 1987. Channel and floodplain facies in a wandering gravel-bed river. *Soc. Econ. Palaeontol. Mineral. Spec. Publ*, 39, pp. 99–109.
- DUEÑAS J, E, AND AGUILERA B, H, 1978. Informe Geológico Preliminar del Valle del Cauca Sectores Norte y Central. *ECOPETROL*, Informe 608, 51 p.
- ECOPETROL - ESRI, 1988. Valle del Cauca Field Report. Volume I - Text. Report 88-0012.
- ECOPETROL - GEOESTUDIOS Ltda, 1995. Bloque Cañaduzales Parte SW. Geología. *ECOPETROL*, Informe 4096, Bogotá.
- ECOPETROL – ICP, 1992. Modelo Estructural en la Subcuenca del Patía y su implicación en la Acumulación de Hidrocarburos. V Congreso Colombiano del Petróleo, *Memorias*; pág. 178 - 190. Santafe de Bogotá.
- ECOPETROL – ICP, 1991. Evaluación Cuenca Patía - Segundo Informe Trimestral. Informe EPIS N° 3063. Santafe de Bogotá.
- EYNON, O. AND WALTER, R. O, 1974.: Facies relationships in Pleistocene outwash gravals, southern Ontario: a model for bar growth in braided rivers. *Sedimentology*, vol. 21, pp 43-70.
- FERNÁNDEZ, J, y DABRIO, C. J. (1983 a): Los conglomerados de Moraleda: un modelo de sistema fluvial de tipo braided. *Depresión de Granada, España, Estudios Geol*, vol. 39, pp.53-69.

- FERNÁNDEZ J, y DABRIO, C. J. (1983 b): Secuencias proximales y distales en ríos de baja sinuosidad. Libro de Comunicaciones del IX Congreso Nal. de Sedimentología, Menorca, 1. pp.17-20.
- FORBES, D.L, 1983. Morphology and sedimentology of a sinuous gravel-bed channel system: lower Baggage River, Yukon coastal plain, Canada. In: Modern and Ancient Fluvial Systems: Sedimentology and Process (Eds J.D. Collinson and J. Lewin), Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ, 6, 195–206.
- FORERO, H. y SARMIENTO, L, 1985. La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leiva. En Fernando Etayo (Ed), Proyecto Cretácico, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, No 16, Bogotá, Colombia, capítulo XVII, p. 1-14.
- FREY, R. W, AND SEILACHER, A, 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology: Lethaia, v. 13, pp. 183–207.
- GAGAN ET AL, 1988; The cyclone Winifred storm bed, central Great Barrier reef shelf, Australia. J. Sediment. Petrol, 58: pp. 845-856.
- GALLOWAY, W. E. 1998. Siliciclastic Slope and Base-of-Slope Depositional Systems: Component Facies, Stratigraphic Architecture, and Classification.
- GALVIS, J. N y RUBIANO, J L, 1985. Redefinición Estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis Facial. En Fernando Etayo (Ed), Proyecto Cretácico, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, No 16, Bogotá, Colombia, capítulo VII, p. 1-16.
- GROSSE, E, ALVARADO, B, 1931. Acerca de la Geología del Sur de Colombia. II. Informe Rendido al Ministerio de Industrias Sobre un Viaje por la Cuenca del Patía y el Departamento de Nariño. Instituto Geológico Nacional, INGEOMINAS, Informe Geológico 129, p.105. Bogotá.
- GROSSE, E, ALVARADO, B, 1935. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia 1917 a 1933. Ministerio de Industrias, Biblioteca del Departamento de Minas y Petróleos, pp.139 a 243, Imprenta Nacional, Bogotá.
- HARMS, J.C, SOUTHARD, J.B, SPEARING, D.R, WALKER, R.G, 1975. Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences. Short Course Notes, vol. 2. SEPM, Tulsa, OK. p.161.
- HARMS, J. C, SOUTHARD, J. B, y WALKER, R. G, 1982. Structures and sequences in clastic rocks. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist. Lecture notes for Short Course No 9.

- HEIN, F.J. AND WALKER, R.G, 1977. Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided Kicking Horse River, British Columbia. *Canadian Journal Earth Science* 14, pp.562-570.
- HESLOP, A, 1974. Gamma-ray log response of shaly sandstones. *Transaction of SPWLA, McAllen, Texas.*
- HOLZ, M, 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system—an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Sedimentary Geology* v. 162, pp. 305-331.
- HORI, K, SAITO, Y, ZHAO, Q, CJENG, X, WANG, P, SATO, Y, LI, C, 2001. Sedimentary facies of the tide-dominated paleo-Changjiang (Yangtze) estuary during the last transgression. *Marine Geology* v. 177, pp. 331-351.
- HOWARD, J. D, 1972. Trace fossils as criteria for recognizing shorelines in stratigraphic record. J. K. Rigby and W. K. Hamblin (eds.). *Recognition of ancient sedimentary environments: Soc. Econ. Paleontol. and Mineral. Spec. Pub.*, v. 16, pp. 215-225.
- HOWARD, J. D, 1975. The sedimentological significance of trace fossils. In R. W, Frey, (ed.). *The study of trace fossils. Springer-Verlag, Inc, New York*, pp. 131-146.
- HOWARD, J. D, 1978. Sedimentology and Trace Fossils. In P. B. Basan (ed.). *Trace fossils concepts. SEMP shore course No. 5*, pp. 13-47.
- 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.
- HUBACH, E, 1931. Informe sobre los Resultados de la Exploración de Carbón en la Hoya del Cauca, Referente a la Zona Quilichao-Caldono-Morales-El Playón-Suárez-Buenos Aires-Timba-Las Cañas-Jamundí. Informe 192, Serv. Geol. Nal, p.24.
- HUBACH, E, 1931. Los Yacimientos Carboníferos del Departamento del Valle del Cauca Informe 193, Serv. Geol. Nal, p.15.
- HUBACH, E, 1957. Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia, Informe 1212, Serv. Geol. Nal, p.166.
- HUBACH, E, ALVARADO, B, 1934. Geología de los Departamentos del Valle y del Cauca. Instituto Geológico Nacional, INGEOMINAS, Informe Geológico 224, p.239, Bogotá.

- INGEOMINAS-AUTECO, 1963. Estudio de la Cuenca Carbonífera del Valle del Cauca y del Cauca (Cuarta Parte). Estudio Geológico de las Formaciones Terciarias del Carbón de la Cuenca del Valle del Cauca y del Cauca, Traducción de Mateus R, L.E, INGEOMINAS Informe 1473.
- INGEOMINAS, 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, Publicación Geológica Especial, INGEOMINAS, Informe 14-1, pp. 1-235.
- INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO, 1991. Proyecto Evaluación Cuenca Patía. Informe final, 118 p. 7 vols. y 63 anexos, ISN 25645, Informe geológico 3071.
- INTERCOL, 1965. Historia del Pozo Candelaria - 1, Final, p.37.
- KREISA, R.D, MOIOLA, R.J, 1986. Sigmoidal tidal bundles and other tide-generated sedimentary structures of the Curtis Formation, Utah. Geol. Soc. Amer. Bull. 97, pp. 381–387.
- KEIZER, J, 1954. Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental: La Geología del Flanco Oriental de la Cordillera Occidental en la Región de San Antonio (Municipio de Jamundí) Valle del Cauca, INGEOMINAS, Informe 1046, p.57. Bogotá.
- KEIZER, J, 1954. Estudios Geológicos en la Región de Jamundí entre los ríos Guachinte y Jordán, INGEOMINAS, Informe 1064, p.48.
- KREISA, R. D AND MOIOLA, R. J, 1986. Sigmoidal tidal bundles and tide generated sedimentary structures of the Curtis Formation, Utah. Geological Society of America Bulletin, v. 97, pp. 381-387.
- LEEDER, MR, 1982. Sedimentology: Process and Products. Unwin-Hyman, London, 344.
- LEÓN, L. A, PADILLA, L. A, MARULANDA, N, 1973. Geología Recursos Minerales y Geoquímica de la Parte NE del Cuadrángulo O-5, El Bordo, Departamento del Cauca, INGEOMINAS, Informe 1652, p.125. Popayán.
- LØVBORG, L, 1984. The calibration of portable and airborne gamma-ray spectrometers. Theory, problems and facilities: Risø Natl. Laboratory, report Risø M-2456.
- LÜNING, S, WENDT, J, BELKA, Z, AND KAUFMANN B, 2004. Temporal–spatial reconstruction of the Frasnian (Late Devonian) anoxia in NW Africa: New field data from the Ahnet Basin (Algeria). Sedimentary Geology, Vol 163, pp. 237-264.

- MAIZELS, J, 1993. Lithofacies variations within sandur deposits the role of runoff, flow dynamics and sedimentary supply characteristics. *Sedimentary geology* 85, pp. 299-325.
- MACEACHERN, J. A, AND PEMBERTON, S. G, 1992. Ichnological aspects of Interior Seaway of North America; in, *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration—A Core Workshop*, S. G. Pemberton, ed.: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop 17, pp. 57–84.
- MACQUAKER, J.H.S, AND GAWTHORPE, R.L, 1993. Mudstone lithofacies in the Kimmeridge Clay Formation, Wessex Basin, southern England: implications for the origin and controls of the distribution of mudstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 63, pp. 1129-1143.
- MARTÍNEZ, J, RUBIO, F, 1991. *Arquitectura Facial de las Unidades Tectosedimentarias Terciarias, con la Evolución Geodinámica de la Subcuenca del Alto Patía, Cauca - Colombia*. Trabajo de Grado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- McCABE, P.J, 1984. Depositional environments of coal and coal bearing strata. *Special Publication Int. Association sedimentologist*, No. 7, pp. 13-42.
- McCOURT, W, J, 1984. *The Geology of the Central Cordillera*. The Department of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima (Sheets 243, 261, 262, 280 and 300). INGEOMINAS–Misión Británica.
- McCOURT, W.J, ASPDEN, J.A, 1983. Modelo Tectónico de Placas para la Evolución Fanerozoica de Colombia Central y del Sur, en X Conferencia Geol. del Caribe, p. 27, Cartagena.
- McCOURT, W.J, GROTHJOHANN, H, 1981. Resultados de los Trabajos Corrientes en la Cartografía Regional el Departamento el Valle del Cauca (Cordillera Central), en III Congreso Colombiano de Geología, Medellín.
- McLEAN Y JERZYKIEWICZ, 1978: Cyclicality, tectonics and coal: some aspects of fluvial sedimentology in the Brazeau- Paskapoo Formations, Coal Valley area, Alberta, Canada. In: Miall, A.D. (ed.): *Fluvial sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geology Memoir 5, 441–468.
- MEJÍA, U. L, 1983. Exploración y Evaluación de los Carbones del Área del Río Pance - Río Jordán, Departamento del Valle del Cauca, INGEOMINAS, Informe 1909, p. 59.

- MEJÍA, L, TORRES, P, ANGARITA, L, 1988. Estudio de los Carbones en las Áreas del Hoyo, Baraya y Guanabanal (Cauca). Informe final. INGEOMINAS, pp. 75, Popayán.
- MIALL, A.D, 1977. A review of the braided river depositional environment. Earth Sci. Rev, 13, pp.1-62.
- MIALL, A.D, 1978. Fluvial sedimentology: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, p.859.
- MIALL, A.D, 1985. Architectural Element Analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Science Reviews, Elsevier Science publishers B. V, Amsterdam, printed in the Netherlands, p. 261-308.
- MIALL, A.D, 1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis & Petroleum Geology. Springer Verlag, Berlin, London.
- MIDDLETON G. V, 1967. Sediment Deposition from Turbidity Currentes. Department of Geology, McMaster University, Hamilton, Ontario L8S3 m1, Canada.
- MOORE, CARL A, 1963. Handbook of Subsurface Geology. Pp. 93-97.
- MUTTI, E, ROSELL, J, ALLEN, G. P, FONNESU, F. AND SGAVETTI, M, 1985. The Eocene Baronia tide dominated delta-shelf system in the Ager Basin, En Mila, MD. and Rossell, J, (Eds.), Excursion guidebook : 6th European Regional Meeting, International Association of Sedimentologists, Lleida, Spain, pp. 579-600.
- MURCIA, L. A, PÉREZ, G, ORREGO, A, 1981. XX - Reconocimiento Geológico del Extremo Sur de la Depresión Cauca - Patía, Soc. Col. de Geol. y Geof. del Pet, 81p. ISN 14213, Informe geológico 2499.
- NELSON, H.W, 1957. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordilleras of Colombia in the Sector between Ibagué and Cali: Leiden Geol. Meded, Vol. 22, pp.1-76.
- NELSON, H.W, 1962. Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental de Colombia Sección entre Cali - Buenaventura: Serv. Geol. Nal, Bol. Geol, Vol. 10, N° 1-3, pp. 81-108, Colombia.
- NEMEC, W. AND POSTMA, G, 1993. Quaternary alluvial fans in Southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. En: Marzo, M and Puigdefábregas, C. (Eds.): Alluvial Sedimentation. International Association of Sedimentologists, Special Publication 17, pp. 235-276.

- NOEL P. JAMES and Alan C. Kendall, 1992. Introduction to carbonate and evaporite facies models. En Walker R. G and James, N, P. (Eds), Facies Models: Response to Sea Level Change. Geological Society of Canada, Ontario, pp. 265-275.
- ORDOÑEZ, ARANDIA, G, 1991. Ambientes de Sedimentación y Paleogeografía de la Formación Peña Morada, Pre - Eoceno Medio en el Valle del Alto Patía. Tesis de Grado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, ISN 25379, Informe geológico 3024, caja 1102, Bogotá.
- ORI, G.G, 1982. Braided to meandering channel patterns in humid-region alluvial fan deposits, River Reno, Po Plain (northern Italy). Sed. Geol, 31, pp. 231–248.
- ORREGO, A, 1975. Geología y Ocurrencias Minerales de la Parte Oeste del Cuadrángulo N-6 Popayán, INGEOMINAS, Informe 1690, p. 124, Popayán.
- ORREGO, A. & DARWIN, R, PARÍS, G, 1976. Geología del Cuadrángulo N-6 Popayán. INGEOMINAS, Informe 1711, p. 129. Bogotá.
- OXY, 1991. Informe Anual de Operaciones 1990, Contrato Asociación Cauca - Patía, ISN 17678, Informe Geológico 2723.
- PADILLA, L. 1978. Carácter Cíclico del Terciario Hullero del Valle del Cauca -Cauca. Procarbón de Occidente Ltda. Cali.
- PADILLA, L.E, 1991, Propuesta de Unificación para la Nomenclatura del Terciario al Sur del Valle y Norte del Cauca, en III Congreso Col. de Geol, Medellín.
- PARDO, A, SÁNCHEZ, M, GÓMEZ, A. 1993. La “Formación Nogales”: Una Unidad Sedimentaria Fosilífera del Campaniano - Maastrichtiano Aflorante en el Flanco Occidental de la Cordillera Central Colombiana. VI Congreso Col. Geol. Tomo I: pp. 248-261, Medellín.
- PARÍS, G, MARULANDA, N, 1975. Mapa Geológico de la Parte Oeste de la Plancha 387 Bolívar. Escala 1:50000, INGEOMINAS, Popayán.
- PARKINSON, D. N, 1996. Gamma-ray spectrometry as a tool for stratigraphical interpretation: examples from the western European Lower Jurassic. In: Hesselbo, S. P, and Parkinson, D. N. (Eds), Sequence Stratigraphy in British Geology. Geological Society of London. Special Publication 103, pp.231-255.
- PEMBERTON, S. G, 1992, Applications of Ichnology to Petroleum Exploration—A Core Workshop: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop 17, p. 429.

- PEMBERTON, S. G, AND WIGHTMAN, DARYL, M 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. En Pemberton (Ed). Applications of Ichnology to Petroleum Exploration—A Core Workshop: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop 17.
- PEMBERTON, S, G, MACEACHERN, J. A. AND FREY, R. W, 1992. Trace Fossil Facies Models: Environmental and Allostratigraphic Significance.
- PÉREZ, G, NUMPAQUE, L, 1980. Estudio Geológico de la Subcuenca del Río Patía. ECOPETROL, Informe geológico 706, p. 48, Bogotá.
- 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.
- PIERSON, SYLVAIN J, 1977. Geologic Well Log Analysis.
- POTTER, P. E, MAYNARD, J. B, AND PRYOR, W.A, 1980, Sedimentology of shales New York, Springer Verlag, p.360.
- PROTHERO, D. R. & SCHWAB, F, 1996. Sedimentary Geology. W. H. Freeman & Company. New York. p.575.
- REINECK, H.-E, SINGH, I.B, 1972. Genesis of laminated sand graded rhythmites in storm sand layers of shelf mud. Sedimentology 18, pp. 123–128.
- REINECK, H.-E. AND SINGH, I.B, 1980. Depositional Sedimentary Environments. Second revised and updated edition. Springer–Verlag. Berlin Heidelberg New York, p. 549.
- REINECK, H. E, AND WUNDERLICH, F, 1968. Classification and origin of flaser and lenticular bedding. Sedimentology. vol. 11, pp. 99-104.
- REINSON, G. E, 1992. Transgressive barrier island and estuarine systems. En Walker R. G and James, N, P. (Eds), Facies Models: Response to Sea Level Change. Geological Society of Canada, Ontario, pp. 179-194.
- RHOADS, D.C. & MORSE, J.W, 1971: Evolutionary and ecologic significance of oxygen-deficient marine basins. Lethaia 4, pp.413–428.
- RICCI F, 1999. Sedimentographica. A Photographic Atlas of Sedimentary Structures Second Edition. Columbia University Press.

- RIDER, M, 1990. Gamma ray log shape used as a facies indicator: critical analysis of an oversimplified method. In Hurst, A, Lovel, MA. and Morton, A. C. (eds), Geological application of wireline logs. Geological Society of London Special Publication No 48, pp. 27-37.
- RODRÍGUEZ G, J.L, VELANDIA G, J.Y, 1980. Evaluación de la Información Geológica y Geofísica de la Cuenca del Valle del Cauca, ECOPETROL, ISN 14252, p. 75, Informe Geológico 2534, Caja 920.
- ROSAS, H, 1973. Ocurrencias Minerales en el Departamento del Cauca. INGEOMINAS, Informe 1724, p. 100, Bogotá
- RUFFELL A. AND WORDEN R, 2003. Paleoclimate analysis using spectral gamma-ray data from the Aptian (Cretaceous) of southern England and southern France. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology, Vol. 155, pp. 265-283.
- RUST, B.R, 1972. Pebble orientation in fluvial sediments. J. Sed. Petrol, 42, pp. 384-388.
- 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.
- SCHIEBER, J, 1994b. Reflection of deep vs shallow water deposition by small scale sedimentary features and microfabrics of the Chattanooga Shale in Tennessee. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 17, pp. 773-784.
- SCHIEBER, J, 1995. Depositional cycles in the Chattanooga Shale of Tennessee: evidence of orbital forcing?. Geological Society of American. Abstract with Programs v.27/2 p85.
- SCHLUMBERGER LTD, 1972. Fundamentos de la Interpretación de perfiles.
- SEILACHER, A, 1967. Bathymetry of trace fossils: Marine Geology, v. 5, pp. 413-428.
- SEILACHER, A, 1975. Mechanische Simulation und funktionelle Evolution des Ammoniten-Septums. Paläont. Zeitschr. Vol. 49. pp. 268-286
- SEILACHER, A, 1978. Use of trace fossil assemblages for recognizing depositional environments. In P. B. Basan (ed.). Trace fossils concepts. SEMP short course No. 5 pp. 185-201.
- SERRA, O, 1985. Análisis de ambientes sedimentarios mediante perfiles de pozo. Traducido al español por A. N. Rossetti. Schlumberger Ltda. p. 272.

- SHANMUGAN, G, POFFENBERGER, M, ALAVA, J.T, 2000. Tide-dominated estuarine facies in the Hollin and Napo (T and U) formations (Cretaceous), Sacha Field, Oriente basin, Ecuador. AAPG Bulletin 84/5, pp. 652-682.
- 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.
- SMITH, G.A, 1986. Coarse-grained non marine volcanoclastic sediment: Terminology and depositional process. Geol. Soc. Am Bull. 97, pp. 1-10.
- SMITH, N. D, 1974, Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream: Journal of Geology, v. 81, pp. 205-223.
- SOHN, Y.K, RHEE, C.W. AND KIM, B.C, 1999. Debris flow and hyperconcentrated flood-flow deposits in an alluvial fan, NW part of the Cretaceous Yongdong Basin, central Korea. J. Geol. 107, pp. 111-132.
- STEEL, R.J, 1974. New Red Sandstone floodplain and piedmont sedimentation in the Hebridian Province, Scotland. Journal of Sedimentary Petrology 44, pp. 336-357.
- STEEL, R.J, 1988, Coarsening-upward and skewed fan bodies: symptoms of strike-slip and transfer fault movement in sedimentary basins, in Nemeč, W, and Steel, R.J, eds, Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings: Glasgow, Blackie & Sons, pp. 77-83.
- STOW D. A. V. AND PIPER D. J. W (Eds). 1985. Fine-grained Sediments: Deep-water Processes and Facies, 659 pp. Spec. Publ. Geol. Soc. Lond., 15. Bristol.
- STOW D. A. V., FAUGERES J. C. AND GONTHIER E. G. 1986. Facies distribution and textural variation in Faro Drift contourites: velocity fluctuation and drift growth. Mar Geol., 72, 71-100.
- STUTZER, O, 1926. Contribución a la Geología del Foso, Cauca - - Patía, en Compilación Estudios Geol. Ofic. Colombia; Inst. Geol. Nal, p. 69-140.
- STUTZER, O, 1926. Acerca de la Geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura, en Compilación Estudios Geol. Ofic. Colombia; Inst. Geol. Nal, pp. 39-52.
- TEN VEEN, J. H. AND POSTMAN G, 1996. Astronomical forced variations in gamma-ray intensity: Late Miocene hemipelagic successions in the eastern Mediterranean basin as a test case. Geology Vol. 24 (1), pp. 15-18.

- TERWINDT, J. H. J, 1981. Origin and sequences of sedimentary structures in shore mesotidal deposits of the North Sea. In Nio, S. D, and others, (eds.). Holocene marine sedimentation in the North Sea Basin: Special Publication No 5, International Association of Sedimentologists. Boston, Blackwell Scientific Publications, pp. 4-26.
- TODD, S.P, 1989. Stream-driven, high-density gravelly traction carpets: possible deposits in the Trabeg Conglomerate Formation, SW Ireland and theoretical considerations of their origin. *Sedimentology* 36, pp. 513–530.
- TODD, S.P. 1996; Process deduction from fluvial sedimentary structures. In: Carling, P.A. and Dawson, MR. (eds.), *Advances in Fluvial Dynamics and Stratigraphy*, Wiley, Chichester, pp. 299–350.
- TORRES, P, MEJÍA, L, ANGARITA, L, 1988. Estudio de los Carbones en las Áreas de El Hoyo, Baraya y Guanabanal (Cauca), p. 75, Popayán.
- TRINITY GAS CORPORATION, 1997. Informe Técnico Anual año 1996, Contrato de Asociación farallones, Pozo Berejú 1. ECOPETROL – EPIS, Santafe de Bogotá.
- VALENCIA C, Darío, 1997. Informe Técnico Anual Año 1996, Contrato de Asociación Farallones, TRINITY GAS COLOMBIA, 1 vol, p. 24, ISN 43763, Informe geológico 4638, Santa Fe de Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T, 1960. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos: *Bol. Geol*, Vol. 6 N 1-3, p. 67–128 Serv. Geol. Nal, Bogotá, Colombia.
- VERDUGO, G, ASPDEN, J.A, 1985. Mapa Geológico Preliminar, (Jamundí) (Esc 1:100.000) (Versión 1984, Publicada en 1985), Plancha 299, INGEOMINAS.
- VISSER, M J, 1980. Neap–spring cycles reflected in Holocene subtidal large-scale bedform deposits: A preliminary note. *Geology*, v. 8, pp. 543-546.
- WILLIAMS, G.E, 1971. Flood deposits of the sand-bed ephemeral streams of central Australia. *Sedimentology*, 17, pp. 1-40.
- WOOD R. D, WICHMANN, P. A, AND WATT H. B, 1974. Gamma-ray-neutron log, in Review 1; Dresser Industries, Inc, Houston Texas, pp.1-19.
- YEPES S, CÉSAR; GELVEZ, ISOLDA Y OTROS, 2000. Resumen Geológico y Operacional del Pozo Juga-1 Prospecto Cauca-Patía. ECOPETROL Gerencia Occidente. Santafe de 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.