



AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS - ANH

“CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA CUENCA CORDILLERA ORIENTAL-SECTOR SOAPAGA”

CONTRATO N° 085

INFORME FINAL ÁREA SOAPAGA

ORIGINAL

Realizado por GEOESTUDIOS LTDA., Bogotá, D.C., Julio de 2006



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	15
LISTA DE ANEXOS	16
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	3
1.1. LOCALIZACION DEL ÁREA	3
1.2. METODOLOGIA	4
1.2.1. Fase Inicial de Oficina	4
1.2.2. Fase de Comprobación de Campo	5
1.2.2.1. Cartografía Geológica	5
1.2.2.1.1. Acceso a Trasectas Propuestas	7
1.2.2.2. Levantamiento de Columnas Estratigráficas, Muestreo de Roca y toma de Lecturas Gamma Ray	24
1.2.2.3. Muestreo de Rezumaderos	27
1.2.2.3.1. Rezumaderos Propuestos	28
1.2.2.3.2. Rezumaderos Nuevos	41
1.2.3. Fase Final de Oficina	47
2. ESTRATIGRAFÍA	48
2.1. CONSIDERACIONES GENERALES	48
2.2. ROCAS METAMÓRFICAS	48
2.2.1. Neis de Buntia (P ^o ob)	50
2.2.2. Filitas y Esquistos de Busbanzá (P ^o efb)	50
2.2.3. Formación Cataclastitas de Soapaga (D ^o cs)	54
2.3. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS	56
2.3.1. Cuarzomonzonita de Santa Rosita (O ^o cs)	57
2.3.2. Stock de Chuscales (pDsch)	58
2.3.3. Stock de Otengá (pDso)	59
2.4. ROCAS SEDIMENTARIAS	61
2.4.1. Formación Tíbet ((Dt)	62
2.4.2. Formación Floresta (Df)	65
2.4.3. Formación Cucho (Cc)	67
2.4.4. Formación La Rusia (JLr)	69
2.4.5. Formación Girón (Jg)	70
2.4.6. Formación Tibasosa (K ₁ t)	76
2.4.7. Formación Une (K ₁ u)	83
2.4.7.1. Generalidades	83
2.4.7.2. Sección Estratigráfica	84
2.4.7.2.1. Facies	85
2.4.7.2.2. Asociaciones faciales. Ambientes de Depósito	89
2.4.7.3. Ambiente de Depósito de la Formación	91
2.4.7.4. Edad y Correlaciones	92
2.4.8. Formación Chipaque (K ₂ c)	92
2.4.8.1. Generalidades	92
2.4.8.2. Sección Estratigráfica	93
2.4.8.2.1. Sección de la Escuela Bellavista. Parte Inferior de la Formación	93
2.4.8.2.2. Sección del Anticlinal de San Antonio; vereda San Isidro, Municipio de Tasco	99



2.4.8.2.3. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	102
2.4.8.3. Ambiente de Depósito de la Formación	104
2.4.8.4. Edad y Correlaciones	104
2.4.9. Formación Plaeners (K ₂ p)	104
2.4.9.1. Generalidades	104
2.4.9.2. Sección Estratigráfica	106
2.4.9.2.1. Facies	108
2.4.9.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	113
2.4.9.3. Ambiente de Depósito de la Formación	115
2.4.9.4. Edad y Correlaciones	115
2.4.10. Formación Los Pinos (K ₂ lp)	115
2.4.10.1. Generalidades	115
2.4.10.2. Sección Estratigráfica	116
2.4.10.2.1. Sección Formación Los Pinos, vía Corrales –Tasco, Sección C2	117
2.4.10.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	120
2.4.10.2.3. Facies Formación Los Pinos, vía Corrales –Tasco, Sección C10	121
2.4.10.2.4. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	124
2.4.10.3. Formación Los Pinos (Nivel de Areniscas), Sección C3 - Loma El Tahir	125
2.4.10.3.1. Facies	127
2.4.10.3.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	128
2.4.10.4. Ambiente de Depósito de la Secuencia	129
2.4.10.5. Edad y Correlaciones	129
2.4.11. Formación Arenisca Tierna (K ₂ at)	129
2.4.11.1. Generalidades	129
2.4.11.2. Sección Estratigráfica	129
2.4.11.2.1. Facies	132
2.4.11.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	134
2.4.11.3. Ambiente de Depósito de la Formación	136
2.4.11.4. Edad y correlaciones	136
2.4.12. Formación Guaduas (K ₂ E ₁ g)	137
2.4.12.1. Generalidades	137
2.4.12.2. Sección Estratigráfica	137
2.4.12.2.1. Facies	140
2.4.12.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito	143
2.4.12.3. Ambiente de Depósito de la Formación	145
2.4.12.4. Edad y Correlaciones	146
2.4.13. Formación Areniscas de Socha (E ₁ ars)	146
2.4.13.1. Generalidades	146
2.4.13.2. Sección Estratigráfica	146
2.4.13.2.1. Formación Areniscas de Socha, Sección Vía del Ferrocarril - Río Chicamocha	146
2.4.13.2.2. Asociaciones Faciales	150
2.4.13.2.3. Formación Areniscas de Socha, en la Sección vía Corrales-Tasco - Cercanías Quebrada Tenería	152
2.4.13.2.4. Asociaciones Faciales	157
2.4.13.3. Ambiente de Depósito de la Formación	159
2.4.13.4. Edad y Correlaciones	159
2.4.14. Formación Arcillas de Socha (E ₁ as)	159
2.4.14.1. Generalidades	159
2.4.14.2. Sección Estratigráfica	160
2.4.14.2.1. Facies	161
2.4.14.2.2. Asociaciones Faciales	165
2.4.14.3. Ambiente de Depósito de la Formación	167
2.4.14.4. Edad y Correlaciones	167
2.4.15. Formación Picacho (E ₂ p)	168
2.4.15.1. Generalidades	168



2.4.15.2. Sección Estratigráfica	168
2.4.15.2.1. Formación Picacho - Sección Vía Ferrea Paz de Río	168
2.4.15.2.2. Asociación Facial y Ambientes de Depósito	171
2.4.15.2.3. Facies de la Formación Picacho - Sección Puente Cajones	172
2.4.15.2.4. Asociación Facial y Ambientes de Depósito	177
2.4.15.3. Ambiente de Depósito de la Formación	179
2.4.15.4. Edad y Correlaciones	179
2.4.16. Formación Concentración (E ₂ E ₃ c)	180
2.4.17. Depósitos Cuaternarios	185
2.4.17.1. Depósitos de origen glaciar (Qg)	185
2.4.17.2. Depósitos de origen fluviglaciar (Qfg)	185
2.4.17.3. Depósitos de origen aluvial (Qal)	185
2.4.17.4. Depósitos de origen coluvial (Qc)	186
2.5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	186
2.6. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	188
2.6.1. Generalidades	188
2.6.2. Roca Generadora	188
2.6.2.1. Formación Tibasosa	188
2.6.2.2. Formación Chipaque	189
2.6.2.3. Formación Plaeners	189
2.6.2.4. Formación Pinos	190
2.6.3. Roca Almacén	190
2.6.3.1. Formación Une	190
2.6.3.2. Arenisca Superior de Los Pinos	190
2.6.3.3. Formación Arenisca Tierna	190
2.6.3.4. Formación Areniscas de Socha	191
2.6.3.5. Formación Picacho	191
2.6.4. Roca Sello	191
2.6.5. Trampas	191
2.7. NOMENCLATURAS Y CORRELACIONES CON TRABAJOS DEL ÁREA	191
2.7.1. Generalidades	191
2.7.2. Correlaciones y Nomenclatura de Alvarado y Sarmiento (1944) y Renzoni (1981)	192
2.7.3. Correlaciones y Nomenclatura de Renzoni (1981) y Ulloa y Sarmiento (2001)	193
2.7.4. Correlaciones y Nomenclatura de Ulloa (2001) y el Presente Trabajo	194
2.7.5. Correlaciones Levantamientos Presente Trabajo con el Pozo Corrales 1 Contrato de Asociación Paz de Río	195
3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	197
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	197
3.2. MACIZO DE FLORESTA	198
3.3. COBERTERA PLEGADA	201
3.4. GEOMETRIA Y CINEMATICA	201
3.4.1. Estructuras en el Macizo de Floresta	201
3.4.1.1. Anticlinal Floresta	201
3.4.1.2. Sinclinal Floresta	202
3.4.1.3. Falla Tutasa	202
3.4.1.4. Falla Duga	202
3.4.1.5. Falla Topón	202
3.4.1.6. Falla Soapaga	202
3.4.1.7. Falla Divaquía	205
3.4.2. Estructuras en la Cobertera Plegada	205
3.4.2.1. Sinclinal Betéitiva	205
3.4.2.2. Anticlinal San Antonio	209
3.4.2.3. Anticlinal La Chapa	212



3.4.2.4. Falla Paz de Rio.....	214
3.4.2.5. Falla Canelas	217
3.4.2.6. Falla Los Tintos.....	218
3.4.2.7. Falla Betétiva.....	218
3.4.2.8. Falla Socha Viejo.....	218
3.4.2.9. Falla El Salitre	218
3.4.2.10. Falla Colacote.....	218
3.4.2.11. Falla Otenga.....	218
3.4.3. Análisis de Datos	219
3.4.3.1. Zona 1.....	220
3.4.3.2. Zona 2.....	221
3.4.3.3. Zona 3.....	221
3.4.3.4. Zona 4.....	222
3.4.3.5. Zona 5.....	222
3.4.3.6. Zona 6 y 7.....	222
3.4.4. Direcciones Principales de la Deformación	223
3.4.4.1. Elipses de Deformación.....	224
4. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	226
4.1. EL MACIZO DE FLORESTA	226
4.2. SECTOR ORIENTAL DEL MACIZO DE FLORESTA.....	227
4.3. SECTOR OCCIDENTAL DEL MACIZO DE FLORESTA.....	229
4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	229
4.5. GEOLOGÍA DEL PETROLEO.....	229
5. CONCLUSIONES.....	231
6. RECOMENDACIONES.....	234
7. BIBLIOGRAFÍA.....	235



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de Localización del Sector Soapaga. Datum Bogotá.</i>	4
<i>Figura 2. Localización y acceso de la Trasecta 1. Datum Bogotá.</i>	8
<i>Figura 3. Localización y acceso de la Trasecta 2. Datum Bogotá.</i>	9
<i>Figura 4. Localización y acceso de la Trasecta 3. Datum Bogotá.</i>	10
<i>Figura 5. Localización y acceso de la Trasecta 4. Datum Bogotá.</i>	11
<i>Figura 6. Localización y acceso de la Trasecta 5. Datum Bogotá.</i>	12
<i>Figura 7. Localización y acceso de la Trasecta 6. Datum Bogotá.</i>	13
<i>Figura 8. Localización y acceso de la Trasecta 7. Datum Bogotá.</i>	14
<i>Figura 9. Localización y acceso de la Trasecta 8. Datum Bogotá.</i>	15
<i>Figura 10. Localización y acceso de la Trasecta 9. Datum Bogotá.</i>	16
<i>Figura 11. Localización y acceso de la Trasecta 10. Datum Bogotá.</i>	17
<i>Figura 12. Localización y acceso de la Trasecta 11. Datum Bogotá.</i>	19
<i>Figura 13. Localización y acceso de la Trasecta 12. Datum Bogotá.</i>	20
<i>Figura 14. Localización y acceso de la Trasecta 13. Datum Bogotá.</i>	21
<i>Figura 15. Localización y acceso de la Trasecta 14. Datum Bogotá.</i>	22
<i>Figura 16. Localización y acceso de la Trasecta 15. Datum Bogotá.</i>	23
<i>Figura 17. Localización y acceso de la Trasecta 16. Datum Bogotá.</i>	23
<i>Figura 18. Bastón de Jacob, consta de: Nivelador, transportador, rayo láser y longitud de 1.5 metros con subdivisiones cada 10 centímetros.</i>	26
<i>Figura 19. El scentillómetro utilizado es de fácil transporte y manipulación para la obtención de los datos gama ray en afloramiento de roca.</i>	27
<i>Figura 20. Localización Rezumadero R1. Datum Bogotá.</i>	28
<i>Figura 21. Localización Rezumadero R2. Datum Bogotá.</i>	29
<i>Figura 22. Estación: JC180 a JC196, Foto: R2JC180, Tipo: Panorámica, Carpeta: JC, Azimut: 105° – 155°. Descripción: Potrero sobre la Formación. Girón, donde según las coordenadas suministradas debería localizarse el rezumadero R2. A la derecha el cañón de la quebrada Paloquemado, y al fondo la vía a Socotacito Alto y el camino de acceso Coordenadas: N= 1.172.051, E= 1.160.341, origen Bogotá.</i>	30
<i>Figura 23. Localización Rezumaderos R3, Colacote (JM053), Qda Chicuzá (QCNT11) y Puente Rochino (TG8AB076). Datum Bogotá.</i>	31
<i>Figura 24. Estación: JR052, Foto: FR3, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JR, Azimut: 5°. Descripción: Impregnación de grasa en bloques caídos. Se infiere que la grasa se utilizó en los cables de las góndolas que transportan el mineral de hierro; note el grosor de la marca del cable dejada en la roca cuando se hizo el tendido. Asociado al R3 Coordenadas: N= 1.154.864, E= 1.146.918, origen Bogotá.</i>	31
<i>Figura 25. Localización Rezumaderos R4, R5, R6, R7 y Villa Franca (JU062). Datum Bogotá.</i>	32
<i>Figura 26. Estación: JU267, Foto: FR4, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 310°. Descripción: Rezumadero de petróleo R4, presente en depósitos actuales cubriendo la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1.149.902, E= 1.141.652, origen Bogotá.</i>	32
<i>Figura 27. Estación: JU101, Foto: FR5, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 210°. Descripción: Rezumadero de petróleo R5 en la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1.147.786, E= 1.144.465, origen Bogotá.</i>	33
<i>Figura 28. Estación: JR021, Foto: FR6, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JR, Azimut: 290°. Descripción: Rezumadero R6. Impregnación de petróleo en bloques rodados de la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1146408.3, E= 1143259.04, origen Bogotá.</i>	33



Figura 29. Estación: 09JC042, Foto: 09JC042A, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 170°. Descripción: Fotografía mostrando el rezumadero R7 cerca de Betéitiva, el cual se encuentra hacia la base de la Formación Picacho y se localiza sobre el camino Betéitiva – Finca La Aguada. Coordenadas: N= 1146299.25, E= 1141069.60, origen Bogotá.	34
Figura 30. Localización Rezumadero R8. Datum Bogotá.....	35
Figura 31. Estación: JU265, Foto: JU265, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 70°. Descripción: Rezumadero de petróleo R8 en arenitas de la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1135616.07, E= 1137052.84, origen Bogotá.	35
Figura 32. Localización Rezumaderos R9, R10, R12, R13, R14, R15 y R16. Datum Bogotá.....	36
Figura 33. Estación: JM263. Foto: FJM263. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 125°. Descripción: Aspecto del sector de localización con las coordenadas del rezumadero R9. En esta ubicación no existen evidencias de rezumadero ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1119008, E= 1132129, origen Bogotá.....	36
Figura 34. Estación: JM264. Foto: FJM264. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 30°. Descripción: Limolitas de color violeta en el sitio de las coordenadas del rezumadero R9. En este sector no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1119102, E=1132067, origen Bogotá.	37
Figura 35. Estación: JM253. Foto: FJM253. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 190°. Descripción: Depósito coluvial enmascarando rocas de la Formación Guaduas en el sector de localización de las coordenadas del rezumadero R11. En esta ubicación no existen evidencias de rezumadero ni de rocas impregnadas. Unidad: Deposito Coluvial (Qc). Coordenadas: N= 1136224, E= 1130433, origen Bogotá.	37
Figura 36. Localización Rezumadero R11. Datum Bogotá.....	38
Figura 37. Estación: JM254. Foto: FJM254A. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 350° a 90°. Descripción: Contorno geológico del área de localización de las coordenadas del rezumadero R 11. Donde se observa la secuencia suprayacente a la unidad de la localización, conformada por las formaciones Areniscas de Socha, arcillas de Socha y Picacho. Unidad: Formaciones Guaduas (K₂E_{1g}), Areniscas de Socha (E_{1as}), Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Picacho (E_{2p}). Coordenadas: N= 1136228, E= 1130398, origen Bogotá.	38
Figura 38. Estación: JM257. Foto: FJM257A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 180°. Descripción: Cuarzoarenitas impregnadas y con fluidos en la Formación Picacho. Localización que corresponde al rezumadero R11. Unidad: Formación Picacho (E_{2p}). Coordenadas: N= 1129689.03, E= 1135825.01, origen Bogotá.	39
Figura 39. Estación: JM259. Foto: FJM259. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 196°. Descripción: Rocas de la Formación Arenisca de Socha que afloran en el sitio de las coordenadas del rezumadero R 13. En esta ubicación no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Arenisca de Socha (E_{1as}). Coordenadas: N= 1121939, E= 1127249, origen Bogotá.	40
Figura 40. Estación: JM260. Foto: FJM260A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 186°. Descripción: Rocas de la Formación Arenisca de Socha que afloran en cercanías el sitio de las coordenadas del rezumadero R 13. En esta ubicación no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Arenisca de Socha (E_{1as}). Coordenadas: N= 1121992, E=1127262, origen Bogotá.....	40
Figura 41. Localización Rezumaderos El Infierno, Puente Cajones Peña Blanca y vía Corrales – Tasco. Datum Bogotá.....	41
Figura 42. Estación: 09JC050, Foto: 09JC050A, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 245°. Descripción: Fotografía mostrando el rezumadero localizado en la Formación Picacho en el sitio denominado El Infierno, al W de Betéitiva. espesor del rezumadero (4 m.). Unidad: Formación Picacho. Muestras de fluido e impregnación de roca: 09JC050. Coordenadas: N= 1146615.97, E= 1139778.55, origen Bogotá.	42

- Figura 43.** Estación: JU022. Foto: JU022A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 290°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho con impregnación y rezumadero inactivo de hidrocarburo. Muestras de fluido e impregnación: JU-022B - JU-022A. Localidad Puente Cajones. Coordenadas: N= 1.140.058, E= 1.139.150, origen Bogotá. 42
- Figura 44.** Estación: JU266. Foto: JU266A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 190°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho con impregnación y rezumadero de hidrocarburo. Muestras de fluido e impregnación de roca: JU266A - JU266. Localidad de Cerro Culatas. Coordenadas: N= 1.133.554, E= 1.136.371, origen Bogotá. 43
- Figura 45.** Estación: JU017. Foto: JU017A-C. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 200°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho en la carretera Corrales – Tasco donde se presenta impregnación de hidrocarburo de las arenitas que la componen. Muestras de impregnación de roca: JU017A y JU017B. Coordenadas: N= 1.139.623, E= 1.139.097, origen Bogotá. 44
- Figura 46.** Estación: JR018. Foto: JR27. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 295°. Descripción: Impregnación de hidrocarburo en arenitas de grano grueso del techo de la Formación Picacho; estratificación no clara. Muestra de roca impregnada: TG10JR05G. Coordenadas: N= 1143093, E= 1139469, origen Bogotá. 44
- Figura 47.** Estación: JM053. Foto: FJM053. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 122°. Descripción: Impregnación de petróleo en arenitas de grano medio de la Formación Picacho. Muestra de impregnación de roca: JM053. Localidad de Colacote. Coordenadas: N= 1.153.070, E= 1.144.402, origen Bogotá. 45
- Figura 48.** Estación: JU064. Foto: JU064A-C. Tipo: Panorámica. Carpeta: JU. Azimut: 040°. Descripción: Vista panorámica de la Formación Picacho, donde las arenitas que la componen se encuentran impregnadas (Villa Franca). Muestra de impregnación de roca: JU062. Coordenadas: N= 1.149.948, E= 1.141.558, origen Bogotá. 46
- Figura 49.** Estación: NT050. Foto 5. Tipo: Afloramiento. Carpeta: NT. Azimut: 300°. Descripción: Cuarzoarenita impregnada de asfalto. Pertenece a un banco de unos 15 m de espesor hacia la base de la Formación Concentración o techo de Picacho. Unidad: Formación Picacho. Muestra de impregnación de roca: QCNT11. Coordenadas: N= 1.150.718, E= 1.142.748, origen Bogotá. 46
- Figura 50.** Columna Estratigráfica Generalizada del Área 49
- Figura 51.** Estación: JM222. Foto: FJM222. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 260°. Descripción: Filitas micáceas con cordierita, de color gris y lila. Unidad: Esquistos y Filitas de Busbanzá (P_Cefb). Coordenadas: N= 1.139.484, E= 1.132.327, origen Bogotá. 51
- Figura 52.** Estación: JM001. Foto: FJM001. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 360°. Descripción: Filitas micáceas color crema a amarillo, muy fracturadas y meteorizadas. Unidad: Esquistos y filitas de Busbanzá (P_Cefb). Coordenadas: N= 1.142.391, E= 1.133.697, origen Bogotá. 52
- Figura 53.** Estación: JM004. Foto: FJM004. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 150° a 206°. Descripción: Rocas graníticas del Stock de Otengá en contacto intrusivo con rocas de los Esquistos y filitas de Busbanzá y en contacto fallado, (Falla Divaquía) con rocas de la Formación Girón. Unidad: Esquistos y filitas de Busbanzá (P_Cefb), Unidad: Stock de Otengá (PDso) y Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.142.429, E= 1.134.043, origen Bogotá. 53
- Figura 54.** Estación NT061. Foto 12. Tipo: Afloramiento. Carpeta NT. Azimut 340°. Descripción: Roca cizallada y fracturada, tipo brechoso. Unidad: Cataclastitas de Soapaga (D₂cs). Coordenadas: N= 1.157.981, E= 1.144.833, origen Bogotá. 54
- Figura 55.** Estación NT062. Foto: 13. Tipo: Afloramiento. Carpeta NT. Azimut: 360°. Descripción: Esquistos verdosos dentro de la roca brechada (en la parte baja de la foto). Unidad: Cataclastitas de Soapaga (D₂cs). Coordenadas: N= 1.157.671, E= 1.144.308, origen Bogotá. 55
- Figura 56.** Estación JU157. Foto: JU157A, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 165°. Descripción: Relación fallada entre rocas de las Formaciones Girón (Jg) y Cataclastitas de Soapaga (D₂cs). Carretera Belén – Paz de Río en la localidad Puente Negro. Coordenadas: N= 1.157.829, E= 1.143.831, origen Bogotá. 56

Figura 57. Estación: NT063 Foto 14. Tipo: Afloramiento, Azimut: 210°, Carpeta: NT. Descripción: Contacto Girón, en la parte baja de la foto, (color violeta), con las Cataclastitas de Soapaga superpuestas al Girón. Unidad: Cataclastitas de Soapaga. (D?cs). Coordenadas: N= 1.157.830, E= 1.143.855, origen Bogotá.....	56
Figura 58. Estación: JM157. Foto: FJM157. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 130°. Descripción: Expresión morfología, en cercanías de la vereda Tuaté Bajo, de rocas de la Formación Tibet en contacto fallado (Falla de Tutasá) con rocas intrusivas de la Cuarzomonzonita de Santa Rosita. Unidad: Formación Tibet (Dt) y Cuarzomonzonita de Santa Rosita (Ocs). Coordenadas: N= 1.158.072, E= 1.132.856, origen Bogotá.....	58
Figura 59. Estación: JM016. Foto: FJM016B. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 180°. Descripción: Trazo de la Falla Divaquía, en el sector de la quebrada Buntía, donde pone en contacto rocas del Stock de Otengá y del Neis de Buntía con la Formación Girón a su vez en contacto discordante con la secuencia Cretácica que corresponde a las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque. Unidad: Stock de Otengá (PDso) Neis de Buntía (PCob), formaciones Girón (Jg), Tibasosa (K_{1t}), Une (K_{1U} y Chipaque (K_{2c}). Coordenadas: N= 1.142.797, E= 1.136.585, origen Bogotá.....	60
Figura 60. Estación: AB-013, Foto: AB-013. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 220°. Descripción: Intrusivo grano diorítico de Otengá (pDso), Roca porfirítica con cristales muy alterados por meteorización. Coordenadas: N= 1.145.238, E= 1.136.102, origen Bogotá.....	61
Figura 61. Estación: JM123. Foto: FJM123. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 020°. Descripción: Arcosa color crema, blanco y lila, de grano medio, en capas tabulares gruesas y muy gruesas. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1.156.805, E= 1.135.199, origen Bogotá.....	63
Figura 62. Estación: JM127. Foto: FJM127. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 020°. Descripción: Intercalación de arcosas a subarcosas y limolitas arenosas color amarillo claro y crema, en capas subtabulares. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1.156.612, E= 1.135.974, origen Bogotá.....	63
Figura 63. Estación: AB-005. Foto: AB-005. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 065°. Descripción: Contacto Formación Tibet (Dt) y la Granodiorita de Chuscales – Aguacalara. Coordenadas: N= 1.144.343, E= 1.131.125, origen Bogotá.....	64
Figura 64. Estación: JM235. Foto: FJM235. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 034°. Descripción: Intercalación de arcosas y limolitas arenosas de colores crema, blanco y amarillo claro en capas tabulares finas y medias. Unidad: Formación Floresta (Df). Coordenadas: N= 1.140.496, E= 1.130.171, origen Bogotá.....	66
Figura 65. Estación: AB-143. Foto: AB-143. Tipo: Detalle. Carpeta AB. Azimut: 210°. Descripción: Formación Floresta (Df), donde se aprecian los niveles de lodolita gris violeta altamente fracturados y plegados. Coordenadas: N= 1.153.416, E= 1.137.801, origen Bogotá.....	67
Figura 66. Estación JU147. Foto: JU147A, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 005°. Descripción: Capas medias de la Formación Cucho que se presentan con geometría tabular. Carretera Belén – Paz de Río, margen izquierda del Río Pargua. Coordenadas: N= 1.157.052, E= 1.141.104, origen Bogotá.....	68
Figura 67. Estación: JM241. Foto: FJM241. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 290°. Descripción: Zona de cizalla en arcosa y conglomerado polimíctico, de color gris rojizo. Unidad: Formación la Rusia (Jlr). Coordenadas: N= 1.146.135, E= 1.121.271, origen Bogotá.....	69
Figura 68. Estación: JM019. Foto: FJM019. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 315° 040°. Descripción: Contacto fallado entre rocas graníticas del Stock de Otengá y conglomerados polimícticos y litoarenitas conglomeráticas, de tonalidades rojizas de la Formación Girón. Unidad: Stock de Otengá (PDso) y Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.142.300, E= 1.136.752, origen Bogotá.....	71
Figura 69. Estación: AB-01. Foto: AB-017. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 145°. Descripción: Capas gruesas de la Formación Girón (Jg) altamente meteorizados y fracturados. Coordenadas: N= 1.144.850, E= 1.137.274, origen Bogotá.....	72

- Figura 70. Estación: JR032. Foto: JR64. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 220°. Descripción: Capas subtabulares gruesas de arenitas de grano fino y arenitas conglomeráticas de color rojo violáceo. Unidad: Formación Girón. Coordenadas: N= 1.149.804, E= 1.139.526, origen Bogotá..... 73**
- Figura 71. Estación: JR033. Foto: JR65. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 165°. Descripción: Capas subtabulares gruesas de limolita verdosa. Unidad: Formación Girón. Coordenadas: N= 1.149.944, E= 1.139.672, origen Bogotá..... 74**
- Figura 72. Estación: JM041. Foto: FJM041B. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 220°. Descripción: Conglomerado polimítico, clasto soportado y matriz soportado con tonalidades rojizas, en capas lenticulares gruesas. Clastos redondeados hasta de 10 cm y matriz arenolimososa de grano medio. Muy fracturadas. Unidad: Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.153.597, E= 1.142.979, origen Bogotá..... 75**
- Figura 73. Estación: JM183. Foto: FJM183. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 0°. Descripción: Limolita arenosa y subarcosa de color gris violeta en capas tabulares muy gruesas con estratificación plano paralela, ondulada paralela y no paralela; suprayacida por cuarzoarenita crema de grano fino a medio en capas subtabulares medias. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.153.579, E= 1.126.464, origen Bogotá..... 77**
- Figura 74. Estación: JM193. Foto: FJM193. Tipo: Detalle. Carpeta: JM. Azimut: 310°. Descripción: Arenita a arenita conglomerática de color blanco, amarillo, gris verdoso y morado, de grano medio a grueso con gránulos y guijos; en capas subtabulares y lenticulares gruesas a medias. Niveles de limolita, limolita arenosa y conglomerado fino. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.153.209, E= 1.127.623, origen Bogotá..... 77**
- Figura 75. Estación: JM181. Foto: FJM181. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 210° a 260°. Descripción: Expresión morfológica, en el sector de Cerinza, de la secuencia cretácica conformada por las formaciones Tibasosa, Une, Chipaque en contacto fallado (Falla Boyacá) con rocas de la Formación la Rusia. La falla de Boyacá se encuentra enmascarada por depósitos cuaternarios. Unidad: Formaciones a Rusia (Jlr), Tibasosa (K_{1t}), Une (K_{1u}) y Chipaque (K_{2c}). Coordenadas: N= 1.153.817, E= 1.126.318, origen Bogotá..... 78**
- Figura 76. Estación: JM022. Foto: FJM022. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 096°. Descripción: Diaclasamiento en Mudstone y Wackestone, color gris medio y oscuro en capas subtabulares medias. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.141.955, E= 1.136.788, origen Bogotá..... 80**
- Figura 77. Estación: AB-020. Foto: AB-020. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 240°. Descripción: Arcillolitas y Arenitas de capas delgadas a medias de la parte basal de la Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.144.431, E= 1.137.759, origen Bogotá..... 81**
- Figura 78. Estación: AB-022. Foto: AB-022. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 160°. Descripción: Capas gruesas de arenitas grano medio de la parte intermedia de la Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.144.366, E= 1.138.114, origen Bogotá..... 82**
- Figura 79. Estación: JM142. Foto: FJM142. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 0° - 090°. Descripción: Cuarzoarenitas color blanco y gris claro, de grano fino a medio con niveles de grano grueso a guijos, en capas subtabulares media y gruesa, estratificación cruzada, plano paralela y no paralela con láminas y lentes de arcillolita y materia carbonosa. Intercalado con limolitas y arcillolitas color gris medio a negro. Unidad: Formación Une (K_{1u}). Coordenadas: N= 1.158.633, E= 1.130.700. 84**
- Figura 80. Localización de la Columna Estratigráfica 7, Sección C7. Datum Bogotá..... 85**
- Figura 81. Foto: FC7-05. Metraje: 63.0. Azimut: 270°. Descripción: Capas subtabulares muy gruesas de arenitas de grano grueso con estratificación cruzada. Sección invertida. Unidad: Formación Une. Coordenadas: N= 1140277, E= 1136917, origen Bogotá..... 86**
- Figura 82. Foto: FC7-10. Metraje: 207.0. Azimut: 270°. Descripción: Capas medias subtabulares de cuarzoarenitas de grano grueso con estratificación cruzada. Sección invertida. Unidad: Formación Une. Coordenadas: N= 1140080, E= 1137045, origen Bogotá..... 87**



Figura 83. Foto: FC7-11. Metraje: 247.0. Azimut: 150°. Descripción: Capas delgadas y muy delgadas de arcillolitas negras y sublitoarenitas de grano fino; abundante bioturbación. Sección invertida. Unidad: Formación Une. Coordenadas: N= 1140119, E= 1137093, origen Bogotá.....	87
Figura 84. Foto: FC7-12. Metraje: 399.0. Azimut: 30°. Descripción: Sucesión gruesa de shale con nódulos ferruginosos y capas tabulares de sublitoarenita de grano fino con fragmento de conchas. Sección invertida. Unidad: Formación Chipaque Coordenadas: N= 1140003, E= 1137284, origen Bogotá.	94
Figura 85. Localización de la Columna Estratigráfica 9, Sección C9. Datum Bogotá.....	99
Figura 86. Foto: FC9-01. Metraje: 106.0. Azimut: 85°. Descripción: Capas muy delgadas de Cuarzoarenitas micáceas alternando con limolitas y arcillolitas. Unidad: Formación Chipaque. Coordenadas: N= 1143891, E= 1141956, origen Bogotá.	103
Figura 87. Foto: FC9-02. Metraje: 157.5. Azimut: 195°. Descripción: Contacto neto concordante entre shale gris y niveles delgados de chert y limolitas silíceas. Unidad: Contacto Chipaque – Plaeners. Coordenadas: N= 1143871, E= 1142043, origen Bogotá.	103
Figura 88. Estación: JM173. Foto: FJM173. Tipo: Detalle. Carpeta: JM. Acimut: 234°.Descripción: Fracturamiento en capas tabulares finas a muy finas de Limolitas silíceas color gris medio a crema. Unidad: Formación Plaeners (K_p). Coordenadas: X= 1126036.142-Y= 1155708.06. Origen Bogotá.....	104
Figura 89. Estación: JM174. Foto: FJM174. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Acimut: 275° a 15°. Descripción: Intenso fracturamiento y replegamiento en capas tabulares finas a muy finas de limolitas silíceas y chert. Unidad: Formación Plaeners (K_p). Coordenadas: X= 1126121.419-Y= 1155702.707. Origen Bogotá.....	105
Figura 90. Estación: 03JC179, Foto: 349, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 350°. Descripción: Capas finas a medias de lodolitas silíceas pertenecientes a la Fm. Plaeners aflorando en la esquina NW del bloque, sobre la vía nacional que conduce a Cúcuta. Coordenadas: N= 1.167.238, E= 1.134.674, origen Bogotá.	106
Figura 91. Localización de la Columna Estratigráfica 4, Sección C4. Datum Bogotá.....	107
Figura 92. Foto: FC4-02. Metraje: 100 A 142. Azimut: 52°. Descripción: Panorámica de la parte superior de la unidad conformada por limolitas silíceas y arcillolitas. Unidad: Formación: Plaeners. Coordenadas: N= 1143185, E= 1142254, origen Bogotá.	107
Figura 93. Foto: FC4-01. Metraje: 124. Azimut: 100°. Descripción: Capas delgadas de chert con laminación fláser, (Facies Lsh) en la parte inferior capas delgadas de arcillolita. Unidad: Formación: Plaeners. Coordenadas: N= 1143247, E= 1142215, origen Bogotá.....	110
Figura 94. Estación: 03JC 093, Foto: 302, Tipo: Detalle, Carpeta: JC, Azimut: 05°. Descripción: Calizas (Grainstone, Dunham, 1962) presentes en la Fm. Los Pinos sobre la margen derecha del río Chicamocha, 100 m. Aguas arriba de la localidad de Puente Cotamo. Coordenadas: N= 1.157.021, Este= 1.152.322, origen Bogotá.....	116
Figura 95. Localización de la Columna Estratigráfica 2, Sección C2.....	117
Figura 96. Foto: FC2-02. Metraje: 15.3. Azimut: 97°. Descripción: Limolitas silíceas de la Formación Plaeners en la parte baja, en contacto concordante con cuarzoarenita y limolitas de la Formación Los Pinos. Unidad: Formación Los Pinos – Plaeners. Coordenadas: N= 1143186, E= 1142414, origen Bogotá.	118
Figura 97. Localización de la Columna Estratigráfica 10, Sección C10. Datum Bogotá.....	122
Figura 98. Foto: FC10-02. Metraje: 74.4. Azimut: 150°. Descripción: Capas delgadas de arenita de grano fino fosilíferas. Unidad: Formación Los Pinos. Coordenadas: N= 1143911, E= 1142388, origen Bogotá.	122
Figura 99. Localización de la Columna Estratigráfica 3, Sección C3. Datum Bogotá.....	125
Figura 100. Foto: FC3-01. Metraje: 38.9. Azimut: 190°. Descripción: Capas muy gruesas tabulares de cuarzoarenita grano medio (facie Axib) con interposición de niveles muy delgados de limolita negra. Formación: Los Pinos (Nivel de Arenisca). Coordenadas: N= 1145023, E= 1142556, origen Bogotá.....	126

Figura 101. Foto: FC3-02. Metraje: 58.2. Azimut: 270°. Descripción: Capa delgada de arenita grano grueso con marcas de ondulitas de corriente. Formación: Los Pinos (Nivel de Arenisca). Coordenadas: N= 1145016, E= 1142577, origen Bogotá.	126
Figura 102. Localización de la Columna Estratigráfica 6, Sección C6. Datum Bogotá.	130
Figura 103. Foto: FC6-03. Metraje: 20.0. Azimut: 18°. Descripción: Bancos muy gruesos de arcillolita e interposición de capas gruesas de arenita grano fino a muy fino. Unidad: Formación Tierna. Coordenadas: N= 1139281, E= 1141466, origen Bogotá.	131
Figura 104. Foto: FC6-05. Metraje: 69.0. Azimut: 7°. Descripción: Bancos muy gruesos subtabulares de arenita grano grueso, bien cementada. Unidad: Formación Tierna. Coordenadas: N= 1139445, E= 1141472, origen Bogotá.	131
Figura 105. Localización de la Columna Estratigráfica 6, Sección C6. Datum Bogotá.	138
Figura 106. Foto: FC6-13. Metraje: 269.0. Azimut: 32°. Descripción: Capas gruesas de carbón entre niveles delgadas de arcillolita, limolita y arenita grano muy fino. Unidad: Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1139747, E= 1141818, origen Bogotá.	138
Figura 107. Foto: FC6-14. Metraje: 328.0. Azimut: 20°. Descripción: Bancos muy gruesos de arcillolitas e interestratificación de arenitas grano muy fino y limolita. Unidad: Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1139703, E= 1141871, origen Bogotá.	139
Figura 108. Localización de la Columna Estratigráfica 1, Sección C1. Datum Bogotá.	147
Figura 109. Foto: FC1-03. Metraje: 68.0. Azimut: 210°. Descripción: Sucesión muy gruesa capas subtabulares de litoarenitas de grano medio. Canal Activo Río Meandrificado. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1147726, E= 1142175, origen Bogotá.	151
Figura 110. Localización de la Columna Estratigráfica 8, Sección C8. Datum Bogotá.	152
Figura 111. Foto: FC8-27. Metraje: 163.6. Azimut: 202°. Descripción: Capas medias canaliformes de cuarzoarenitas de grano fino con interposición de limolitas. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143273, E= 1140365, origen Bogotá.	153
Figura 112. Foto: FC8-30. Metraje: 175.0. Azimut: 190°. Descripción: Sucesión muy gruesa de capas medias y delgadas de cuarzoarenita y subarcosa de grano fino. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143209, E= 1140340, origen Bogotá.	154
Figura 113. Foto: FC8-10. Metraje: 65.4. Azimut: 200°. Descripción: Interestratificación de limolitas y cuarzoarenitas de grano muy fino en capas delgadas tabulares. Facies: Llanura de inundación. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143381, E= 1140504, origen Bogotá.	158
Figura 114. Localización de la Columna Estratigráfica 1, Sección C1. Datum Bogotá.	160
Figura 115. Foto: FC1-09. Metraje: 321.1. Azimut: 250°. Descripción: Sucesión gruesa de capas medias de arenitas de grano fino, limolitas fisibles y capa media de carbón. Unidad: Formación Arcillas de Socha. Coordenadas: N= 1147637, E= 1141881, origen Bogotá.	166
Figura 116. Foto: FC1-13. Metraje: 555.0. Azimut: 185°. Descripción: Arcillolitas y limolitas en contacto concordante con arenitas de grano grueso de la Formación Picacho; note el cambio de topografía. Unidad: Formaciones Arcillas de Socha - Picacho. Coordenadas: N= 1147620, E= 1141632, origen Bogotá.	169
Figura 117. Localización de la Columna Estratigráfica 5, Sección C5. Datum Bogotá.	173
Figura 118. Foto: FC5-04. Metraje: 102.0. Azimut: 185°. Descripción: Capas canaliformes de arenita cuarzosa grano fino con impregnación de petróleo. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140145, E= 1139090, origen Bogotá.	173
Figura 119. Foto: FC5-09. Metraje: 157.0. Azimut: 195°. Descripción: Arenitas del techo de la Formación Picacho; a la derecha cambio de topografía representado por arcillolitas de la Formación Concentración. Unidad: Formaciones Picacho - Concentración. Coordenadas: N= 1140144, E= 1139012, origen Bogotá.	174
Figura 120. Foto: FC5-06. Metraje: 132.0. Azimut: 25°. Descripción: Estratificación cruzada en una arenita. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140146, E= 1139051, origen Bogotá.	178

Figura 121. Foto: FC5-08. Metraje: 140.5. Azimut: 90°. Descripción: Arenita con bioturbación. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140146, E= 1139042, origen Bogotá.	178
Figura 122. Estación: JU017, Fotografía: JU017E-G, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 270° - 005°. Descripción: En primer plano se observa la secuencia Terciaria superior representada en las formaciones Picacho (K_{2p}) y Concentración (E₂E_{3c}) con disminución progresiva del ángulo de buzamiento hacia el occidente. En segundo plano se aprecia la relación fallada entre esta secuencia y la serie Cretácica basal (Ki) por acción de la falla Soapaga. Carretera Corrales – Tasco. Coordenadas: N= 1.139.623, E= 1.139.097, origen Bogotá.	182
Figura 123. Estación: JU025, Fotografía: JU025A-B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 310° - 020°. Descripción: Morfología característica de la Formación Concentración conformada por intercalaciones de arenitas (Ss) generalmente en capas tabulares gruesas con bancos espesos de arcillolitas (Cly) abigarradas con predominio de color rojo. Carretera Corrales–Tasco. Coordenadas: N= 1.140.207, E= 1.138.826, origen Bogotá.	183
Figura 124. Estación: AB-123. Foto: AB-123. Tipo: Afloramient. Carpeta AB. Azimut: 32°. Descripción: Fm Concentración (E₂E_{3c}), Arenitas altamente diaclasadas con niveles de lutitas muy fisibles. Coordenadas: N= 1.157.550, E= 1.148.807, origen Bogotá.	184
Figura 125. Estación: AB-131. Foto: AB-131. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 30°. Descripción: Fm Concentración (E₂E_{3c}), donde se aprecian los niveles de arenitas gruesa infrayacida por niveles lutíticos, con fracturamiento moderado que origina bloques grandes. Coordenadas: N= 1.156.644, E=1.147.853, origen Bogotá.	184
Figura 126. Ubicación Estructural del área de estudio. MS: Macizo de Santander, MO: Macizo de Onzaga-Mogotes, MF: Macizo de Floresta, MC: Macizo del Nevado del Cocuy, AP: Alto de Pisba, FB: Falla de Boyacá, FS: Falla de Soapaga y SB: Sinclinal de Betétiva. Modificado de Kammer 1996. Datum Bogotá.	197
Figura 127. Estación: JU147, Fotografía: JU147B, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 025°. Descripción: Pliegues concéntricos de forma circular afectado algunas fallas de tipo inverso presentes en rocas de la Formación Cucho. Carretera Belén – Paz de Río. Coordenadas: N= 1.157.052, E= 1.141.104, origen Bogotá.	199
Figura 128. Estación: JU253, Fotografía: JU253C-D, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 345°- 060°. Descripción: Pendiente estructural conformada por rocas de la Formación Tibasosa al NE de la población de Santa Rosa de Viterbo. Coordenadas: N= 1.141.871, E= 1.123.174, origen Bogotá.	199
Figura 129. Diagramas rosa de rumbo para los planos de estratificación de las unidades Pre – Cretácicas en el Macizo de Floresta.	200
Figura 130. Diagramas rosa de rumbo para los planos de estratificación de las unidades Cretácicas del Macizo de Floresta.	200
Figura 131. Diagrama rosa del rumbo de los planos de estratificación en rocas Cretácicas y Terciarias al oriente del Macizo de Floresta.	201
Figura 132. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector sur del área. a) Bloque colgante y b) Bloque yacente.	203
Figura 133. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector medio del área. a) Bloque colgante y b) Bloque yacente.	203
Figura 134. Estación: JU063, Fotografía: JU063A-C, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180°- 250°. Descripción: Expresión de la Falla de Soapaga en el sector dos de su recorrido, en esta área pone en contacto la Formación Girón (Jg) con el flanco invertido del Sinclinal de Betétiva que lo conforman las Formaciones Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Picacho (E_{2p}). NW de la localidad de Villa Franca. Coordenadas: N= 1.150.034, E= 1.141.502, origen Bogotá.	204
Figura 135. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector más norte del área. a) y b) Bloque colgante y c) Bloque yacente.	205
Figura 136. Diagramas resultado del análisis de datos de planos de estratificación tomados en campo en las unidades que conforman el Sinclinal de Betétiva., a. y b. Diagramas rosa del rumbo y de la dirección de buzamiento respectivamente. c. Diagrama de densidad de polos.	206

- Figura 137.** Estación: 09JC060, Foto: 09JC060, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 340° - 050°. Descripción: Sector sur del Sinclinal Betéitiva al NW de la población del mismo nombre. El eje de la estructura se encuentra en la Formación Concentración (E_2E_3c) y sus flancos lo conforman las Formaciones Picacho (E_2p), Arcillas de Socha (E_1ars), Arenas de Socha (E_1as) y Guaduas (K_2E_1g). Rasgo notorio del pliegue es la inversión de su flanco occidental. Coordenadas: N= 1.147.138, E= 1.140.568, origen Bogotá..... 207
- Figura 138.** Estación: JU074, Fotografía: JU074A-B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 020°-095°. Descripción: Vista panorámica del sector norte del Sinclinal Betéitiva, donde se aprecia su flanco occidental conformado en esta sección por las Formaciones Picacho (E_2p) y Arcillas de Socha (E_1ars), afectado por la Falla de Soapaga que lo pone en contacto con la Formación Girón (Jg). En esta localidad el eje de pliegue es corresponde a la falla Betéitiva, de tipo inverso. Carretable Villa Franca – Belén. Coordenadas: N= 1.151.110, E= 1.141.480, origen Bogotá..... 208
- Figura 139.** Diagramas resultado del análisis de datos de planos de estratificación tomados en campo en las unidades que conforman el Anticlinal San Antonio., a. y b. Diagramas rosa del rumbo y de la dirección de buzamiento respectivamente. c. Diagrama de densidad de polos. 209
- Figura 140.** Estación: 09JC055, Foto: 09JC055 Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 155°- 210°. Descripción: Anticlinal San Antonio, corresponde a un pliegue simétrico que afecta rocas Cretácicas de las Formaciones Guaduas (K_2E_1g), Arenisca Tierna (K_2at), Los Pinos (K_2lp), Plaeners (K_2p) presentes en los flancos de la estructura y la Formación Chipaque (K_2c) en el núcleo. El pliegue se encuentra controlado en sus costados por las Fallas Los Tintos al oriente y Canelas al Occidente. Coordenadas: N= 1.144.895, E= 1.140.994, origen Bogotá. 210
- Figura 141.** Estación: JM027, Foto No: FJM027, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 160° - 240°. Descripción: Panorámica del sector sur del Anticlinal San Antonio, se aprecia el cierre de la estructura en las rocas de las Formaciones Arenisca Tierna y Los Pinos. Siguiendo el comportamiento regional el pliegue se encuentra afectado por fallas que lo limitan y otras que lo dislocan, en este caso se observa la Falla Los Tintos que corta oblicuamente a su eje. Coordenadas: N= 1.140.797, E= 1.142.118, origen Bogotá. 211
- Figura 142.** Estación: JU109, Fotografía: JU109D, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 015°. Descripción: Sector norte del Anticlinal La Chapa, conformado por la Formaciones Los Pinos (K_2lp) en su núcleo y en sus flancos las Arenisca Tierna (K_2at) y Guaduas (K_2E_1g), el pliegue esta truncado por la Falla Paz de Río que lo pone en contacto con la Formación Guaduas del bloque yacente, se aprecian además la expresión de las unidades Arenas de Socha (E_1as), Arcillas de Socha (E_1ars) y Picacho (E_2p). Coordenadas: N= 1.154.341, E= 1.149.740, origen Bogotá. 212
- Figura 143.** Estación: JU219, Fotografía: JU219G – I, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180° - 250°. Descripción: Vista panorámica del sector sur del Anticlinal La Chapa, corresponde a un pliegue claramente simétrico; su flanco oriental se encuentra afectado por la Falla Socha Viejo afectando la Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1.155.851, E= 1.150.084, origen Bogotá. 213
- Figura 144.** Estación: 06JC085, Fotografía: 06JC085, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180° - 210°. Descripción: Vista panorámica al sur de la población de Paz de Río donde se aprecia estructuras sinclinales amplias de menor expresión moderada afectando rocas de las formaciones Arenas de Socha (E_1as) y Arcillas de Socha (E_1ars). Coordenadas: N= 1.155.836, E= 1.147.665, origen Bogotá. 214
- Figura 145.** Estación: JU109, Fotografía: JU109A – C, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 300° - 015°. Descripción: Trazo de la Falla Paz de Río, donde afecta rocas Cretácicas aflorantes en el anticlinal La Chapa, truncando esta estructura oblicuamente y poniendo en contacto rocas de la Formación Los Pinos (K_2lp) con la Formación Guaduas (K_2E_1g). Coordenadas: N= 1.154.341, E= 1.149.740, origen Bogotá. 216
- Figura 146.** Estación: JU264, Fotografía: JU264A – B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 160° - 260°. Descripción: Trazo de la Falla C, donde afecta rocas Cretácicas aflorantes en el anticlinal San Antonio, en este sector pone en contacto las formaciones Los Pinos (K_2lp) con Guaduas (K_2E_1g). Carretera Corrales – Tasco. Coordenadas: N= 1.140.690, E= 1.140.012, origen Bogotá..... 217
- Figura 147.** Estación: AB052, Fotografía: AB052 Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180°-210°. Descripción: Desplazamiento de la Formación Picacho (E_2p) por acción de la Falla de Otengá que



presenta movimiento direccional sinistral. La falla también afecta las formaciones Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Arenas de Socha (E_{1as}), característica no observable en la foto. Coordenadas: $N= 1.144.638$, $E= 1.140.707$, origen Bogotá..... 219

Figura 148. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 1 ... 221

Figura 149. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 2 ... 221

Figura 150. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 3 ... 221

Figura 151. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 4 ... 222

Figura 152. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 5 ... 222

Figura 153. Diagrama rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 6 y 7. 223

Figura 154. Representaciones estereográficas y dihedros P y T resultado de análisis de fallas con indicadores cinemáticos para cinco sectores en el área de trabajo..... 224

Figura 155. Orientación de los ejes en el plano horizontal de las elipses de deformación para cinco sectores en el area de trabajo..... 225



LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i>	<i>Coordenadas del polígono que abarca el área de estudio</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Relación del total de kilómetros realizados en las trasectas geológicas y estructurales.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Relación de kilómetros programados y realizados en las trasectas geológicas y estructurales.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Relación de muestras colectadas en la fase de cartografía geológica.</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Relación total de metros levantados por formación en las columnas estratigráficas</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Relación de número y propósito de muestras colectadas en el levantamiento estratigráfico ..</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Relación de muestras de rezumadero colectadas.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Une. Columna Estratigráfica C7.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Chipaque. Columna Estratigráfica C7.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Chipaque., Columna Estratigráfica C9.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 11.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Plaeners. Columna Estratigráfica C4.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 12.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Los Pinos (Base). Columna Estratigráfica C2.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 13.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Los Pinos (Base). Columna Estratigráfica C10.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 14.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Los Pinos (Facies arenosa). Columna Estratigráfica C3.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 15.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Arenisca Tierna. Columna Estratigráfica C6.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 16.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Guaduas. Columna Estratigráfica C6.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 17.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Arenisca de Socha. Columna Estratigráfica C1.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 18.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Arenisca de Socha. Columna Estratigráfica C8.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 19.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Arcillas de Socha. Columna Estratigráfica C1.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 20.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Picacho. Columna Estratigráfica C1.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 21.</i>	<i>Facies presentes en la Formación Picacho. Columna Estratigráfica C5.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 22.</i>	<i>Nomenclaturas y correlaciones con trabajos del área.....</i>	<i>192</i>



LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. INFORME FINAL – FASE 1 Y ANEXOS
- ANEXO 2. HOJA DE DATOS ESTACIONES DE CAMPO
- ANEXO 3. MAPA DE ESTACIONES DE CAMPO, Escala 1:25.000
- ANEXO 4. MAPA GEOLOGICO, Escalas 1:25.000 y 1:100.000
- ANEXO 5. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS
- 5C1. *Columna Estratigráfica 1. Formaciones Areniscas de Socha, Arcillas de Socha y Picacho. Localidad Cosgua, Municipio de Tasco.*
 - 5C2. *Columna Estratigráfica 2. Formaciones Plaeners (Techo) y Los Pinos (Base). Localidad Vía Corrales – Tasco, Municipio de Tasco.*
 - 5C3. *Columna Estratigráfica 3. Formación Los Pinos (Nivel de Areniscas). Localidad Loma El Tahúr, Municipio de Tasco.*
 - 5C4. *Columna Estratigráfica 4. Formación Plaeners. Localidad Quebrada Tenería, Vereda San Isidro, Municipio de Tasco.*
 - 5C5. *Columna Estratigráfica 5. Formación Picacho. Localidad Puente Cajones, Municipio de Tasco.*
 - 5C6. *Columna Estratigráfica 6. Formaciones Arenisca Tierna y Guaduas. Localidad Quebrada Canelas, Municipio de Tasco.*
 - 5C7. *Columna Estratigráfica 7. Formaciones Une y Chipaque (Base). Localidad Escuela Buenavista, Municipio de Corrales.*
 - 5C8. *Columna Estratigráfica 8. Formación Arenisca de Socha. Localidad Vía Corrales – tasco, Municipio de Tasco.*
 - 5C9. *Columna Estratigráfica 9. Formación Chipaque (Techo). Localidad Vereda San Isidro, Sitio Tabacal, Municipio de Tasco.*
 - 5C10. *Columna Estratigráfica 10. Formación Los Pinos. Localidad Carretera Corrales – Tasco en cercanías a la Quebrada Tenería, Municipio de Tasco.*
- ANEXO 6. POLIGONALES SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS
- 6C1. *Poligonal Columna Estratigráfica 1*
 - 6C2. *Poligonal Columna Estratigráfica 2*
 - 6C3. *Poligonal Columna Estratigráfica 3*
 - 6C4. *Poligonal Columna Estratigráfica 4*
 - 6C5. *Poligonal Columna Estratigráfica 5*
 - 6C6. *Poligonal Columna Estratigráfica 6*
 - 6C7. *Poligonal Columna Estratigráfica 7*
 - 6C8. *Poligonal Columna Estratigráfica 8*
 - 6C9. *Poligonal Columna Estratigráfica 9*
 - 6C10. *Poligonal Columna Estratigráfica 10*
- ANEXO 7. LISTADO LECTURAS GAMMA RAY
- ANEXO 8. PERFIL DE CORRELACIÓN
- ANEXO 9. MAPA ESTRUCTURAL, Escala 1:25.000 y 1:100.000



ANEXO 10. PERFILES ESTRUCTURALES, Escala 1:25.000

Perfil 1 – 1'

Perfil 2 – 2'

Perfil 3 – 3'

Perfil 4 – 4'

Perfil 5 – 5'

ANEXO 11. ANEXO FOTOGRÁFICO

ANEXO 12. LISTADO DE MUESTRAS COLECTADAS

ANEXO 13. FORMATOS DE ENTREGA DE MUESTRAS AL ICP

ANEXO 14. FORMATOS DE CAMPO EN A-Z DE 1 A 3

ANEXO 15. FOTOGRAFÍAS AÉREAS EN SOBRE APARTE

ANEXO 16. ARCHIVOS EN FORMATO DIGITAL



RESUMEN

El área de estudio se sitúa geológicamente en el extremo sur del Macizo de Floresta y en ella afloran rocas cuyas edades oscilan entre el Paleozoico (Precámbrico) y el Cenozoico, (Neógeno). Las rocas del Paleozoico y parte basal del Mesozoico (Triásico Jurásico), forman propiamente el Macizo de Floresta y las del Mesozoico medio y superior y las del Cenozoico (Cretácico y Terciario), constituyen las rocas que circundan el macizo con afloramientos al sur, este y oeste. El área trabajada está casi en su totalidad dentro de la Plancha 172 de Paz de Río, publicada por INGEOMINAS (1988) y por esta razón se conserva la nomenclatura estratigráfica de ella con ajustes menores en el Cretácico. Hay que indicar, sin embargo que Ingeominas introduce en el área de Paz de Río, una mezcla de la nomenclatura de la Sabana de Bogotá, de la región de Sogamoso – Duitama, alguna Formación cretácica con localidad tipo en el área de Paz de Río (Los Pinos) y la nomenclatura del Terciario propia de esta última región.

Las rocas del Paleozoico, presentes dentro del propio Macizo de Floresta, están representadas por metamorfitas agrupadas en esquistos y filitas que han sufrido un metamorfismo regional y un pequeño afloramiento de ortoneis como la roca más antigua del área; y por rocas intrusivas que constituyen stocks Paleozoicos y alguno más reciente, posiblemente Triásico Jurásico (Stock de Otengá). Dentro del mismo Paleozoico se presentan igualmente rocas de las formaciones Tíbet, Floresta y Cucho que forman el cuerpo principal que da el nombre al Macizo.

Las rocas de la parte basal del Mesozoico, (Triásico – Jurásico) están constituidas por la Formación Girón, de la nomenclatura de Santander, y por pequeños afloramientos de la Formación La Rusia cuya localidad tipo está un poco al norte de la zona de estudio.

Las rocas del Cretácico afloran al oeste del Macizo en franjas discontinuas cortadas por depósitos Cuaternarios y al oriente del mismo macizo en tres franjas alargadas: una al oeste de la falla regional de Soapaga, entre ésta y el propio Macizo; una segunda, formando parte de una estrecha estructura anticlinal (Anticlinal de San Antonio) y la tercera hacia el borde noreste de la zona estudiada; igualmente en la parte central del Anticlinal de la Chapa. Las formaciones presentes son: Tibasosa, Une, Chipaque, Plaeners, Los Pinos, Arenisca Tierna y Guaduas (Transición Cretácico-Terciario).

Las rocas del Terciario están constituidas por las formaciones Arenisca de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, las cuales afloran al este del Macizo, y se presentan replegadas y falladas, constituyendo parte muy importante de este estudio.

Depósitos Cuaternarios son importantes en el borde occidental del Macizo ocupando áreas extensas con depósitos aluviales, en el sector Santa Rosa de Viterbo – Cerinza- Belén y la vía Belén Paz de Río y en el borde más noroccidental en el ascenso al Páramo de La Rusia en donde se observan depósitos glaciares y fluvio glaciares. Sobre el borde oriental del Macizo priman los depósitos coluviales de grandes bloques y ocupan áreas extensas en el sector Tasco –Paz de Río y suroeste de esta última localidad.



Las rocas del Paleozoico, ígneas, metamórficas y sedimentarias; las del Triásico-Jurásico, ígneas y sedimentarias y las del Cretácico más inferior (Formación Tibasosa) y del Terciario más superior (Formación Concentración), se estudiaron mediante trasectas de control geológico y estructural y las restantes, (Formaciones del Cretácico bajo y superior y Terciario), mediante levantamientos estratigráficos detallados. Esta actividad permitió obtener un mapa geológico con las unidades litoestratigráficas, los depósitos cuaternarios y las estructuras geológicas; además la realización de cinco (5) corte geológicos.

En el bloque se pueden diferenciar claramente dos provincias tectónicamente diferentes limitadas por grandes fallas inversas de alto ángulo generadas a partir de eventos de inversión tectónica ocurridos durante el Jurásico Tardío y el Cretácico temprano. Cada una de estas provincias posee un estilo de deformación característico, la primera provincia corresponde al Macizo de Floresta con una tectónica de escamación gruesa, y la segunda es una cobertera plegada compuesta por la secuencia Cretácica y Terciaria en el bloque yacente de la falla Soapaga la cual presenta una tectónica de escamación delgada representada por una serie de fallas inversas con vergencia ESE y fallas direccionales con rumbo NE – SW.

Diez (10) columnas estratigráficas a escala 1:200 fueron descritas e interpretadas, las cuales representan sedimentos cretáceos de las formaciones Une, Chipaque, Plaeners, Los Pinos, Tierna y Guaduas, y rocas del paleógeno pertenecientes a las formaciones Arenisca de Socha, Arcillas de Socha y Picacho; anexa a esta actividad se hicieron las mediciones de lectura de radiación de rayos gama total (U+Th+K).

El muestreo de roca se llevó a cabo en las actividades de cartografía geológica (132 muestras), en el levantamiento de las columnas estratigráficas (551 muestras) y en la toma de muestras de rezumadero, que de 16 propuestos sólo se encontraron siete (7) y se hallaron nueve (9) nuevos sitios con rezumadero e impregnación de petróleo en rocas de la Formación Picacho.

1. INTRODUCCION

1.1. LOCALIZACION DEL ÁREA

El área de estudio correspondiente a la Cordillera Oriental - Sector Soapaga se encuentra en el Departamento de Boyacá, al norte de la población de Sogamoso, aproximadamente a 190 Km. al NW de Bogotá, limitado al norte por la población de Sátiva Sur, al sur por las poblaciones de Santa Rosa de Viterbo y Busbanzá, al oriente por las poblaciones de Socha y Tasco y al occidente por Cerinza y Belén

Corresponde a un polígono que cubre 678 Km² comprendido en parte de las planchas topográficas 152 y 172 (Figura 1) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:100.000. En la Tabla 1 registran las coordenadas de cada punto del polígono, con origen Bogotá (1.000.000, 1.000.000).

ÁREA SOAPAGA		
PUNTOS DE POLIGONO	ESTE	NORTE
P1	1.134.457	1.168.396
P2	1.153.631	1.164.280
P3	1.152.463	1.155.895
P4	1.149.810	1.152.818
P5	1.145.326	1.151.014
P6	1.143.495	1.143.133
P7	1.140.090	1.135.994
P8	1.132.865	1.136.830
P9	1.120.306	1.142.661
P10	1.119.768	1.145.050
P11	1.122.236	1.152.235
P12	1.124.844	1.155.061
P13	1.132.148	1.165.112

Tabla 1. Coordenadas del polígono que abarca el área de estudio

Geológicamente el área a ser estudiada y cartografiada se encuentra en la parte central de la Cordillera Oriental, ubicándose en el brazo meridional del arco dominado por el Macizo del Cocuy, dentro de ella se encuentra parte del Macizo de Floresta y una franja de secuencia sedimentaria Cretácica y Terciaria perteneciente al área conocida como Alto de Pisba. La zona se encuentra limitada al oeste por el Macizo de Onzaga – Mogotes, al norte por este último y parte del Macizo de Santander y al oriente por el Macizo del Nevado del Cocuy.

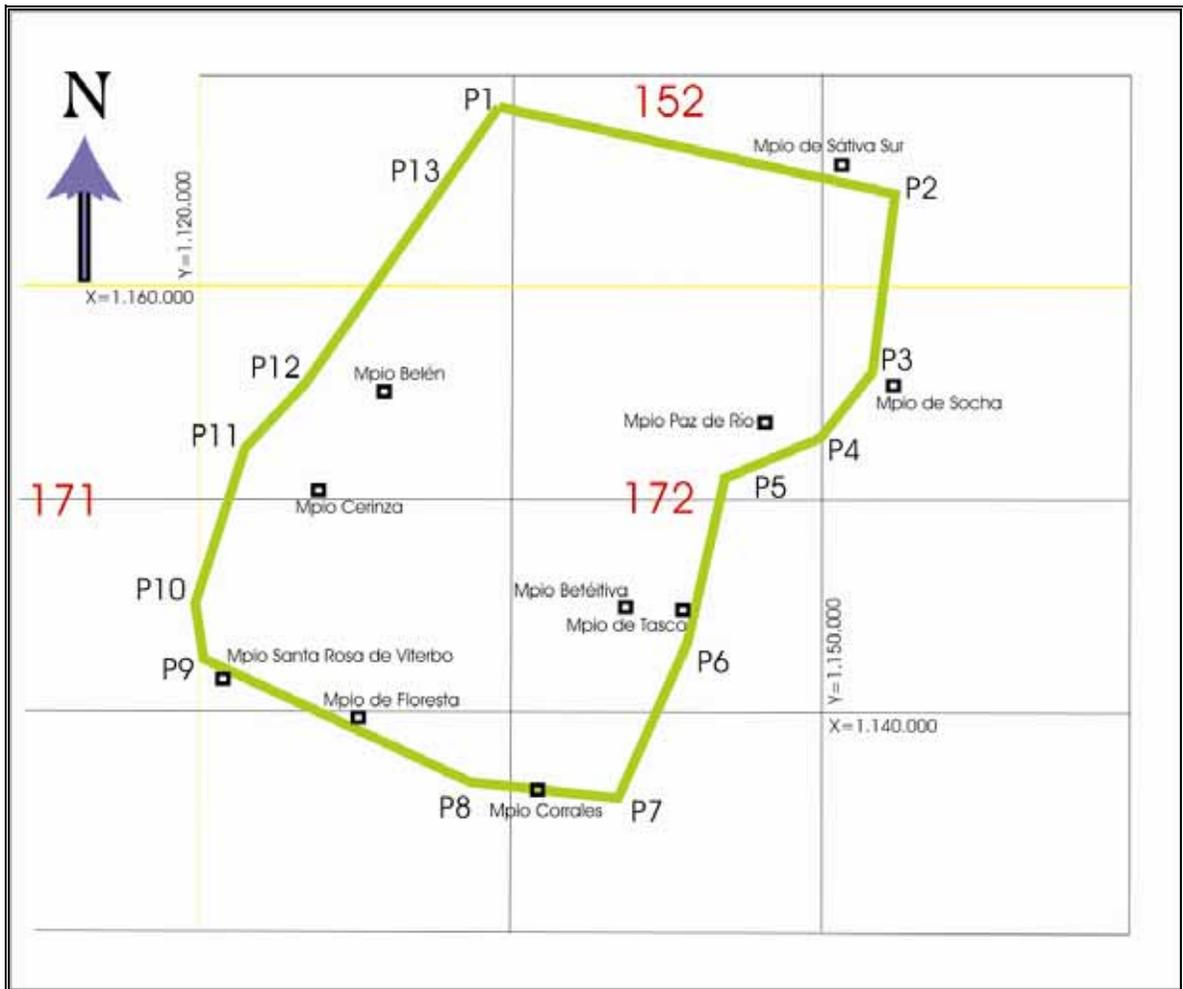


Figura 1. Mapa de Localización del Sector Soapaga. Datum Bogotá.

1.2. METODOLOGIA

Para la obtención de los objetivos planteados y la obtención de productos exigidos se llevo a cabo la siguiente metodología.

1.2.1. Fase Inicial de Oficina

En esta fase se compiló, analizó y evaluó la información geocientífica y cartográfica encontrada sobre el área de interés, además se realizó una interpretación fotogeológica y de sensores remotos, actividad que conllevó la adquisición e interpretación de fotografías aéreas a escala adecuada y complementada con interpretación de imágenes de radar y satélite.

1.2.2. Fase de Comprobación de Campo

Esta fase se compone de tres frentes de trabajo principalmente, la primera corresponde a la cartografía geológica del área, la segunda la realización de levantamientos de columnas estratigráficas y su respectivo muestreo y por último la recolección de muestras de rezumadero. A continuación se realizara una descripción más detallada de cada fase.

1.2.2.1. Cartografía Geológica

Para llevar a cabo este frente de trabajo, se realizó la adquisición de información geológica la cual fue tomada de acuerdo a los parámetros estipulados, se procuró seguir el trazo de las trasectas tanto cartográficas como estructurales, planificadas y aprobadas de común acuerdo después de la interpretación fotogeológica. Además de estas trasectas propuestas se realizaron secciones adicionales encaminadas a resolver dudas y complementar la geología en zonas con poco cubrimiento de información. En total se realizaron 33 trasectas geológicas y 8 trasectas estructurales a lo largo de carreteras, caminos, ríos y quebradas, logrando una óptima densidad de puntos y obteniendo resultados que sobrepasan las metas propuestas inicialmente y que se presentan en las Tablas 2 Y 3.

RELACION DE KILOMETRAJE REALIZADO	
TIPO DE TRASECTA	TOTAL (Km)
<i>Geológica</i>	219.5
<i>Estructural</i>	59.5
TOTALES	279

Tabla 2. Relación del total de kilómetros realizados en las trasectas geológicas y estructurales

FRANJA	SECTOR	TIPO DE TRASECTAS	KM TRASECTASS PROGRAMADOS	KM TRAVERSAS REALIZADOS
<i>ESTE</i>	<i>NORTE (NORTE DEL ÁREA HASTA PAZ DE RIO)</i>	<i>1-ESTRUCTURAL</i>	6.5	8.4
		<i>2-CARTOGRAFICA</i>	6	6.7
		<i>3-CARTOGRAFICA (SECTOR ORIENTAL)</i>	10	11.6
		<i>4-CARTOGRAFICA (SECTOR ORIENTAL)</i>	7	11.4
		<i>5-ESTRUCTURAL</i>	7.5	10.7
	<i>CENTRO (DESDE PAZ DE RIO HASTA TASCO-BETEITIVA</i>	<i>6-CARTOGRAFICA</i>	3	5.9
		<i>7-CARTOGRAFICA</i>	9	11
		<i>8-ESTRUCTURAL</i>	6	7.4
		<i>9-ESTRUCTURAL</i>	7	9
	<i>SUR (DESDE TASCO-BETEITIVA HASTA</i>	<i>10-CARTOGRAFICA (SECTOR ORIENTAL)</i>	9	11
		<i>11-ESTRUCTURAL</i>	7	10.7

FRANJA	SECTOR	TIPO DE TRASECTAS	KM TRASECTAS PROGRAMADOS	KM TRAVERSAS REALIZADOS	
	CORRALES-BUSBANZA , INCLUYENDO SECTORES DE REZUMADEROS)	12-CARTOGRAFICA	8	9.15	
OESTE	NORTE (DESDE EL NORTE DEL ÁREA HASTA TUTASA)	3-CARTOGRAFICA (SECTOR OCCIDENTAL)	8	11	
		4-CARTOGRAFICA (SECTOR OCCIDENTAL)	6	10	
	CENTRO (DESDE TUTASA HASTA EL SUR DE BELEN)	7-CARTOGRAFICA (SECTOR OCCIDENTAL)	9	10	
		13-ESTRUCTURAL	4	4.3	
		14-ESTRUCTURAL	3	5	
	SUR (DESDE EL SUR DE BELEN HASTA SANTA ROSA DE VITERBO)	15-CARTOGRAFICA	3	5.15	
		10-CARTOGRAFICA (SECTOR OCCIDENTAL)	11	10.5	
		16-CARTOGRAFICA	6	11.3	
			COMPLEMENTACION GEOLOGICA CON TRASECTAS		98.8
			TOTAL	136	279

Tabla 3. Relación de kilómetros programados y realizados en las trasectas geológicas y estructurales

Paralelo a la adquisición de datos dentro de la realización de los diferentes tipos de trasectas se realizó la toma de muestras de roca en cada afloramiento de acuerdo al concepto de cada profesional de la geología.

En la Tabla 4 se relaciona el número de muestras colectadas por formación en esta fase.

FORMACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS SEGÚN PROPOSITO		
	Petrografía/Petrofísica	Bioestratigrafía/Geoquímica	TOTAL
Concentración	10	4	14
Picacho	6	0	6
Arcillas de Socha	1	5	6
Arenisca de Socha	16	5	21
Guaduas	2	8	10
Arenisca Tierna	5	1	6
Labor-Los Pinos	4	0	4
Los Pinos	3	3	6
Plaeners	4	0	4
Chipaque	4	5	9
Une	6	0	6

<i>Tibasosa</i>	10	2	12
<i>Girón</i>	4	1	5
<i>Floresta</i>	2	0	2
<i>Tíbet</i>	4	1	5
<i>Cuche</i>	4	0	4
<i>Stock de Otengá</i>	4	0	4
<i>Cuarzomonzonita de Sta Rosita</i>	1	0	1
<i>Esquistos y Filitas de Busbanzá</i>	4	0	4
<i>Cataclasitas de Soapaga</i>	1	0	1
<i>Zona Falla de Soapaga (Brecha)</i>	2	0	2
TOTALES			132

Tabla 4. Relación de muestras colectadas en la fase de cartografía geológica.

A continuación se realiza un breve resumen de los accesos a las trasectas propuestas inicialmente, las secciones adicionales pueden ser apreciadas en el Anexo 3 – Mapa de Estaciones.

1.2.2.1.1. Acceso a Trasectas Propuestas

Las trasectas se numeraron de norte a sur para la franja Este del área de 1 a 12 y se continuo con la numeración, también de norte a sur, para la franja Oeste de 13 a 16.

1.2.2.1.1.1. Trasecta 1

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 8.4Km y está localizada en la esquina NE del área de estudio en cercanías al municipio de Sátiva Sur (Figura 2), la parte E de la trasecta se realizó por la vía que conduce a las minas de carbón localizadas en la zona de El Caldero, la cual se desprende de la vía Sátiva Sur – Paz de Río, unos tres kilómetros al sur de Sátiva. La parte central se realizó por caminos, desde la vía Sátiva Sur – Paz de Río en el sector donde se desprende el ramal hacia el sector El Caldero hasta la quebrada Cazadero o Chorro Blanco mientras la parte W de la trasecta se realizó por la quebrada Cazadero o Chorro Blanco, la cual se accedió por la vía a Sátiva Norte hasta el puente sobre la quebrada Cazadero (a 1.5 Km.) para tomar la quebrada aguas arriba.

En ella se observaron, de E a W, tres sectores. El sector oriental, donde afloran rocas desde la Formación Guaduas hasta la Formación Concentración, esta presentan una inclinación general hacia el occidente, conformando un monoclinal que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva. El sector central, conformada por rocas de las formaciones Une y Chipaque, las cuales se presentan replegadas y la Formación Une se encuentra en contacto fallado (Falla de Soapaga) con la Formación Concentración. El sector occidental, que corresponde a rocas de la Formación Girón, las cuales se encuentran en contacto fallado (Falla Boquerón) con la Formación Chipaque.

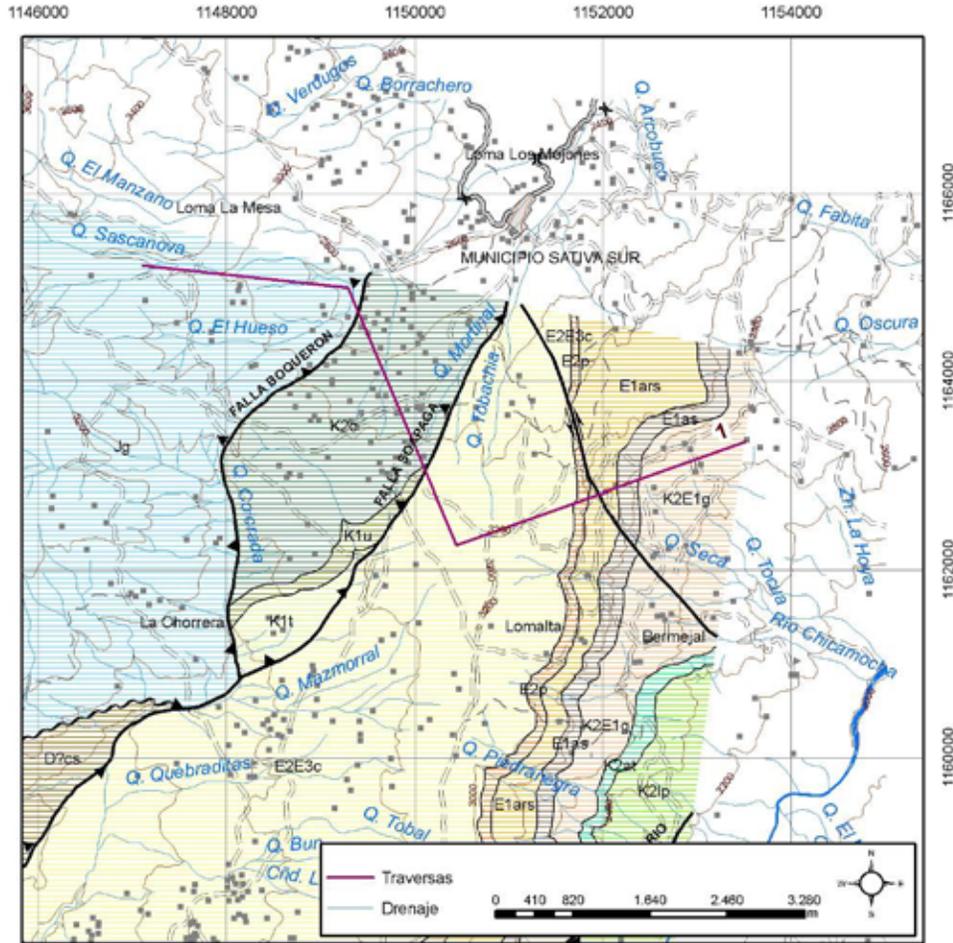


Figura 2. Localización y acceso de la Trasecta 1. Datum Bogotá.

1.2.2.1.1.2. Trasecta 2

Esta trasecta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 6.7Km está localizada en la esquina NE del área de estudio (Figura 3) y se realizó en dos secciones, la W desde La Chorrera a la vía Sátiva Sur – Paz de Río y la E desde el Alto de Pigua hacia la confluencia de la quebrada Piedra Negra con el río Chicamocha. El acceso a la parte W de la trasecta se realizó por la vía a La Chorrera la cual se desprende de la vía Sátiva Sur - Paz de Río a la altura del kilómetro 5 desde Paz de Río, un poco delante de Paz Vieja; a la parte E se llegó por la vía a la mina El Uvo la cual se desprende de la principal (vía a Sátiva Sur) en el caserío de Paz Vieja, hasta el Alto de Pigua y desde allí se continuó por camino hasta al río Chicamocha.

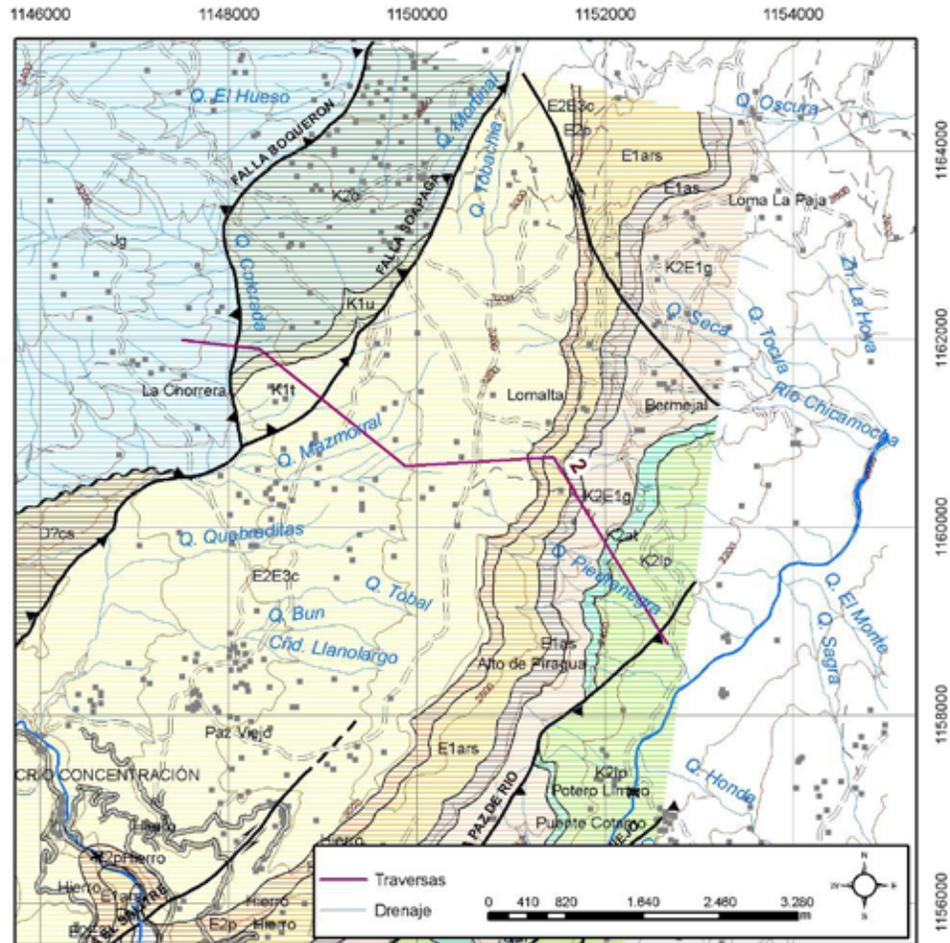


Figura 3. Localización y acceso de la Trasecta 2. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, tres sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de la Formación Los Pinos, nucleando la estructura Anticlinal la Chapa, hasta rocas de la Formación Concentración, esta secuencia presenta una inclinación general hacia el occidente que conforma un monoclin con replegamientos que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva o el flanco oriental del Anticlinal La Chapa, nucleada en la Formación los Pinos. El sector central, conformada por rocas de las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque; la Formación Tibasosa se encuentra en contacto fallado (Falla de Soapaga) con la Formación Concentración. El sector occidental, corresponde a rocas de la Formación Girón, las cuales se encuentran en contacto fallado (Falla Boquerón) con la Formación Chipaque.

1.2.2.1.1.3. Trasecta 3

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 22.6Km, está localizada en sector N del área la altura de la población de Socha (Figura 4). Se realizó en 4 tramos, el primero del Municipio de Socha al río Chicamocha (Pte. Cotamo) con acceso por Socha utilizando camino de herradura, el segundo tramo desde el Alto de Pirgua (mina El Uvo) hacia puente Cotamo por camino de herradura, el tercer tramo desde el Alto de Pirgua hasta la Chorrera tanto por la vía como por caminos, el cuarto tramo de La Chorrera a la esquina NW del bloque se realizó en dos jornadas una desde La Chorrera al Páramo de Cazadero con acceso desde La Chorrera por camino de Herradura y otra desde Ventorrillo (sobre la vía a Cúcuta) hacia Loma redonda.

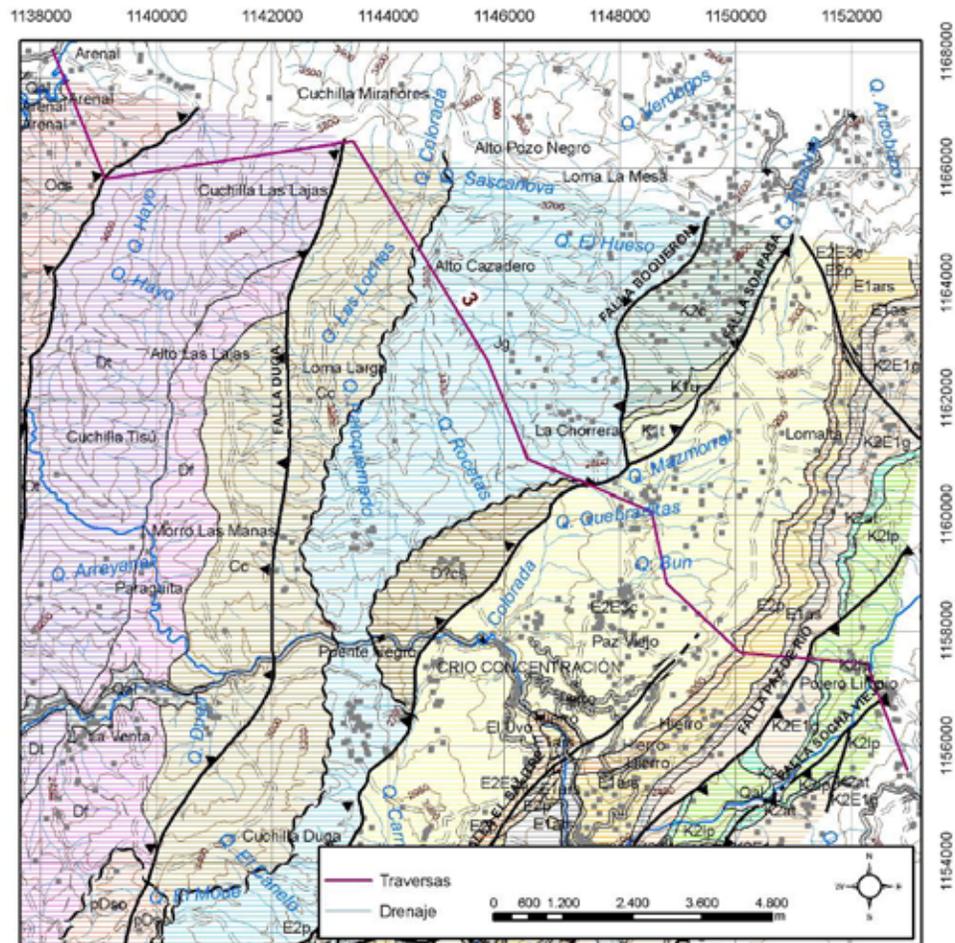


Figura 4. Localización y acceso de la Trasecta 3. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W cuatro sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de la Formación Los Pinos, nucleando una estructura Anticlinal y en contacto fallado (Falla Paz de Río) con rocas de la Formación Guaduas. El sector centro oriental, conformada por rocas de la Formación Guaduas hasta rocas de la Formación Concentración. Esta secuencia presenta una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinual con replegamientos que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva. El sector centro occidental, conformada por rocas de la unidad Cataclastitas de Soapaga y de las formaciones Girón y Cucho, en contacto fallado (Falla Duga) con rocas de la Formación Tíbet. El sector occidental, corresponde a rocas de la Formación Tíbet en contacto fallado (Falla Tutasá) con rocas de la unidad Cuarzomonzonita de Santa Rosita. Estas dos secuencias occidentales hacen parte del Macizo de Floresta.

1.2.2.1.1.4. Trasecta 4

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 21.4Km, está localizada en el sector N del área, a la altura de las poblaciones de Socha Viejo – Tutasá (Figura 5). Se realizó en varios tramos: el primer tramo se levantó por la vía Paz de Río – Belén y la vía Paz de Río – Sátiva Sur, con inicio en el sector donde se desprende la vía a Sátiva Sur y finalizando en el sitio denominado La Venta, el segundo tramo se efectuó un kilómetro al oriente de La Venta por la vía

que conduce a la vereda Parguita para tomar las riberas del río Pargua aguas arriba, el tercer tramo se realizó aguas abajo por un afluente del río Pargua cuyas cabeceras se localizan en el área de Piedra Pintada con acceso por la vía Tutaza – El Tobal; el cuarto y último tramo se ejecutó desde la vereda El Tobal hasta un poco al sur Piedra Pintada sobre la mencionada vía Tutasá – El Tobal.

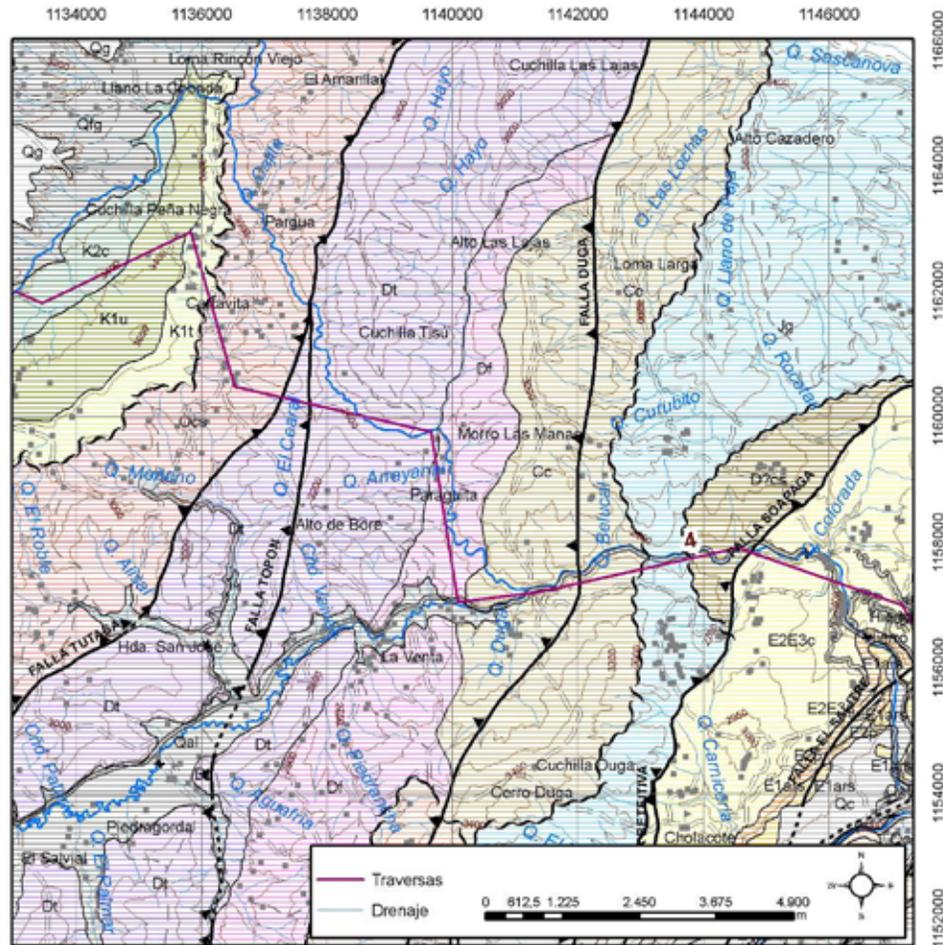


Figura 5. Localización y acceso de la Trasecta 4. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, tres sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de las formaciones Arcillas de Socha, Areniscas de Socha, Picacho y Concentración, esta última en contacto fallado (Falla Soapaga) con la Cataclastita de Soapaga, en este sector esta secuencia presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinial con replegamientos que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva, además las formaciones Picacho y Concentración se encuentran repetidas por la acción de la Falla El Salitre, cuyo carácter rumbo deslizante dextral con un movimiento vertical importante e inclinación al occidente genera estructuras con dirección E-W, que son observadas con claridad en este tramo. El sector central, corresponde al Macizo de Floresta, conformado por rocas de la Cataclastita de Soapaga y de las formaciones Girón, Cuche, Floresta y Tíbet; estas unidades se presentan muy fracturadas y replegadas, en este sector se cartografiaron las fallas de Duga y Topón. El sector occidental, conformada por rocas de las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque, suprayaciendo discordantemente rocas de la unidad Cuarzomonzonita de Santa Rosita y a su vez se encuentra en contacto fallado (Falla Tutasá) con la Formación Tíbet.

1.2.2.1.1.5. Trasecta 5

Esta trasecta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 10.7Km, localizada en el sector centro oriental del área (Figura 6). Se realizó en dos tramos, en el E entre el municipio de Paz de Río y el caserío de Socha Viejo con acceso por la vía Paz de Río – Socha, el segundo tramo desde Paz de Río a la vereda Laguna Negra, se realizó por el camino existente que se desprende un poco al sur de Paz de Río (al lado sur del cementerio) por la vía que conduce a Villa Franca – Betétiva hasta el sector de las antenas repetidoras y de allí se continúa por la vía que comunica las antenas con la vereda Laguna negra y el caserío de Concentración.

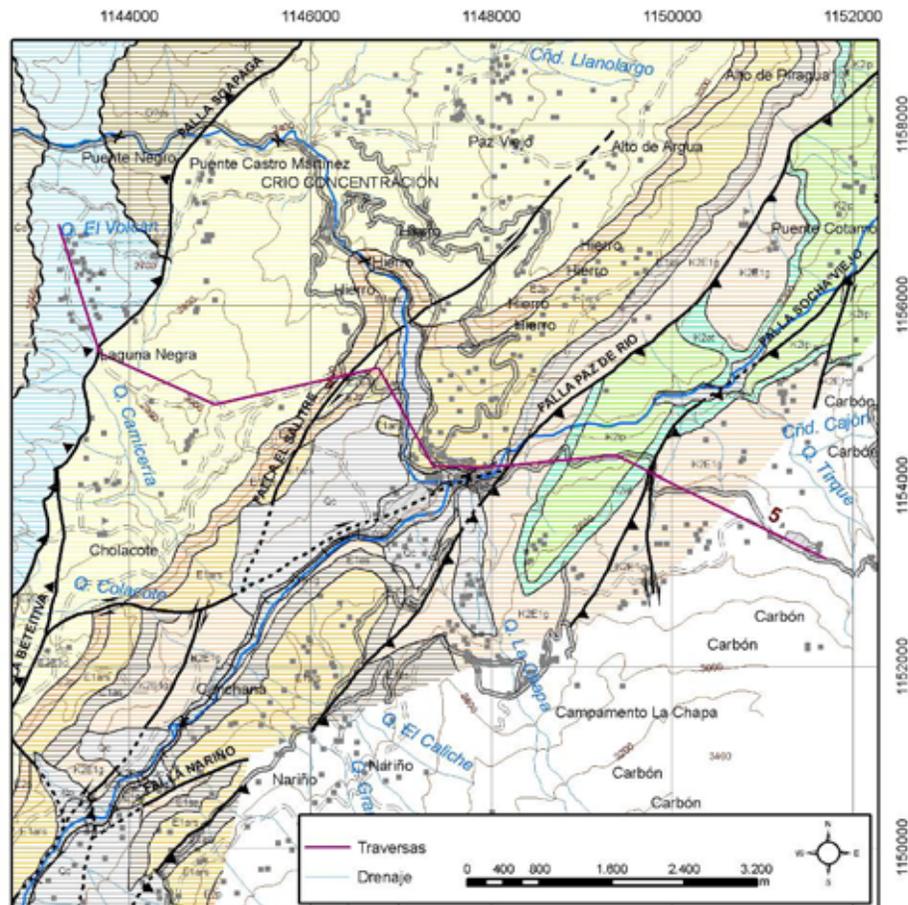


Figura 6. Localización y acceso de la Trasecta 5. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, tres sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de las formaciones Los Pinos, Arenisca Tierna y Guaduas, conformando el Anticlinal La Chapa, nucleando el la Formación Los Pinos; el flanco occidental se encuentra fallado (Falla Paz de Río) y pone en contacto rocas de las formaciones Guaduas y Areniscas de Socha. El sector central, afloran las formaciones Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración; esta secuencia presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinual con replegamientos que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva, además las formaciones Picacho y Concentración se encuentran repetidas por la acción de la Falla El Salitre, cuyo carácter rumbo deslizante dextral con un movimiento vertical importante e inclinación al occidente genera los estructuras con dirección E-W que se observan con claridad en la vía Paz de

Río – Belén. El sector occidental, corresponde a rocas de la Formación Girón, las cuales se encuentran en contacto fallado (Falla de Soapaga) con la Formación Concentración.

1.2.2.1.1.6. Trasecta 6

Esta trasecta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 5.9Km, se localiza en el sector centro oriental del área (Figura 7). Se realizó en dos tramos, el E con acceso por la vía que de Paz de Río comunica con la mina La Chapa, realizándose desde la mina La Chapa hasta el río Chicamocha por esta vía y caminos y el tramo W con acceso por la vía que de Paz de Río comunica con la vereda Colacote, esta vía se desprende de la vía Paz de Río – Laguna Negra cerca de las antenas de comunicación ubicadas en el Alto de Tobarío. Este tramo se realizó por camino el sector occidental, desde la vía por la quebrada Pantanohondo y el sector oriental, desde la escuela Colacote hasta el río Chicamocha, en cercanías de la escuela Carichana en la vía que de Paz de Río comunica con Betétiva y el sector central por la vía que de las antenas comunica con el sector de Colacote.

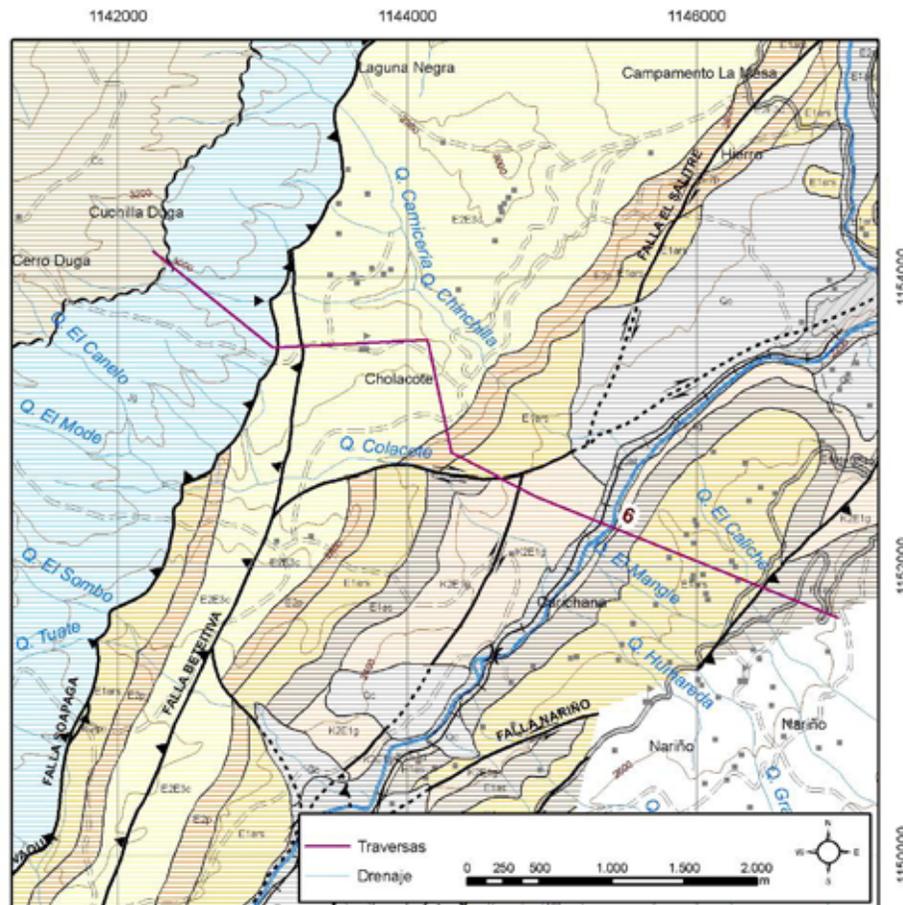


Figura 7. Localización y acceso de la Trasecta 6. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, tres sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de la Formación Arenisca Tierna conformando el flanco occidental del Anticlinal La Chapa, se encuentra fallado (Falla Paz de Río) y pone en contacto rocas de las formaciones Areniscas de Socha y Arcillas de Socha. El sector central, afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, esta secuencia presenta pliegues amplios y suaves, estructuras

nucleadas en las formaciones Arcillas de Socha y Guaduas, además la Formación Guaduas se encuentra afectada por la Falla El Salitre; en la parte occidental de este sector donde aflora la secuencia desde La Formación Guaduas hasta la Formación Concentración, presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva. El sector occidental, corresponde a rocas de las formaciones Cucho y Girón, esta última se encuentran en contacto fallado (Falla de Soapaga) con la Formación Concentración.

1.2.2.1.1.7. Trasecta 7

Esta trasecta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 21Km, se localiza en la parte central del área (Figura 8). Se realizó en varios tramos: el primero se realizó por caminos de herradura que se desprenden de la vía Tasco – Paz de Río hasta el río Chicamocho; el segundo tramo, se realizó por caminos de herradura desde el río Chicamocho hasta la escuela Carichana, continuando a la Cuchilla Duga y terminando en San Vicente, localizado en la vía Paz de Río – Belén, este tramo presenta dos vías de acceso una hacia la parte W por la vía que de Villa Franca conduce a Terinquita – Belén, un kilómetro adelante del caserío Puerta del Rochico, y la otra por la vía Paz de Río – Belén, desde el sitio San Vicente. El tercer tramo se realizó desde San Vicente hasta un poco al sur de Alto Canuto sobre la vía a Cúcuta, con acceso por la vía a Tutazá – Tubatá Bajo y Alto – Alto Canuto.

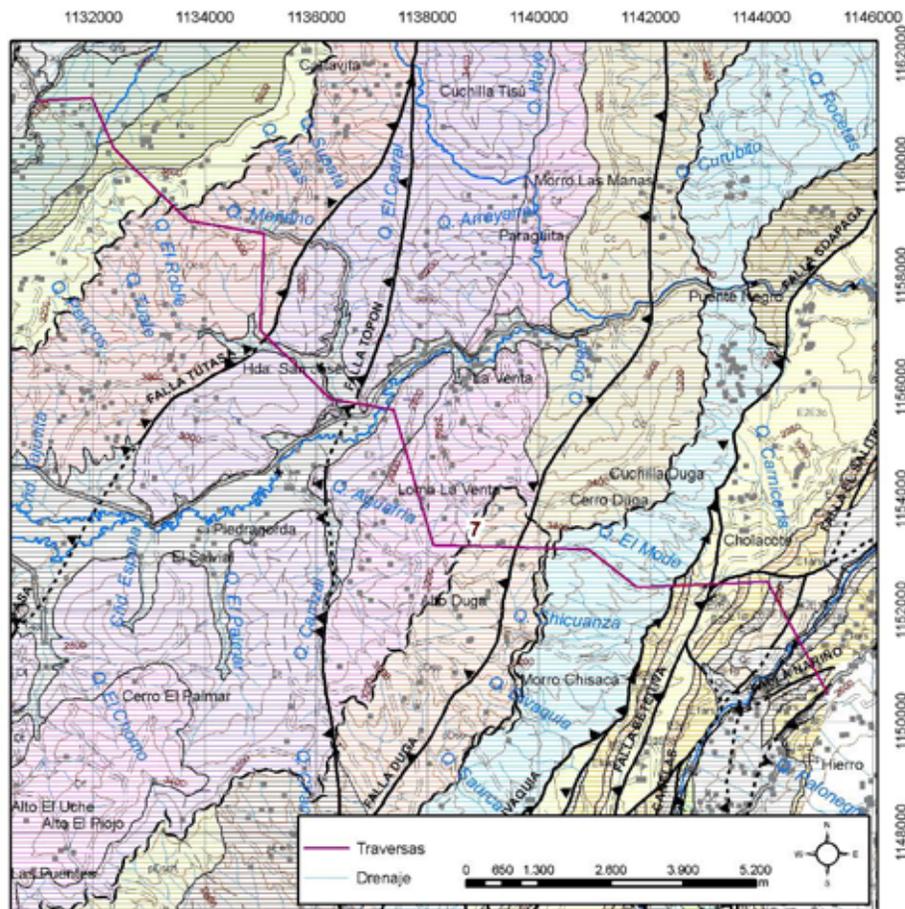


Figura 8. Localización y acceso de la Trasecta 7. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, cuatro sectores. El sector oriental, donde afloran rocas de las formaciones Guaduas, Arcillas de Socha y Areniscas de Socha, presentando inclinación al oriente y están afectadas por fallas dextrales invertidas que repiten secuencia. Este sector se separa del siguiente sector por la Falla Paz de Río. El sector centro oriental, donde afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración; esta secuencia presenta un anticlinal apretado, nucleado en la Formación Guaduas, además esta formación se encuentra afectada por la Falla El Salitre; en la parte occidental de este sector se presenta el sinclinal de Betétiva, con su flanco occidental tumbado y nucleado en la Formación Concentración. El sector centro occidental, corresponde a rocas del Macizo de Floresta conformado por rocas de las formaciones Girón, Cuche, Floresta y Tíbet; estas unidades se presentan muy fracturadas y replegadas, en este sector se cartografiaron las fallas de Duga y Topón. La Formación Girón se encuentra en contacto fallado (Falla de Soapaga) con la Formación Arcillas de Socha. El sector occidental, conformada por rocas de las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque, infrayacida discordantemente por rocas de la unidad Cuarzomonzonita de Santa Rosita y a su vez se encuentra en contacto fallado (Falla Tutasá) con la Formación Tíbet.

1.2.2.1.1.8. Trasecta 8

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 7.4Km, y se localiza en el sector centro oriente del área (Figura 9). Se ejecutó en tres tramos: el primero desde el río Chicamocha al E, en el sector denominado El Banco, con acceso por caminos de herradura que se desprenden de la vía Tasco – Paz de Río; el segundo tramo desde Villa Franca hasta el río Chicamocha, en cercanías a la estación del ferrocarril, con acceso por caminos de herradura que se desprenden de la vía Villa Franca – Paz de Río; el tercero desde Villa Franca al W, con acceso por la vía Villa Franca – Quebrada Chicuanzá – Belén.

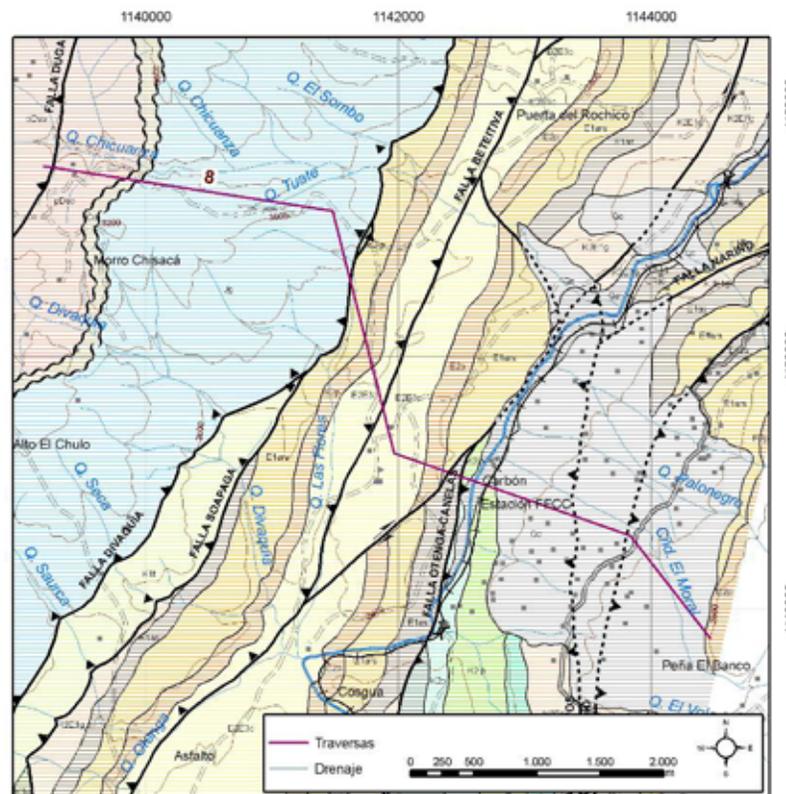


Figura 9. Localización y acceso de la Trasecta 8. Datum Bogotá.

1.2.2.1.1.9. Trasecta 9

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 9Km, y se localiza en el sector SE (Figura 10). Se realizó en varios tramos: el primero desde Tasco hasta Puente Bolívar con acceso por camino de herradura que se desprende en la loma El Tahúr, el segundo tramo se efectuó desde Puente Bolívar hasta Betétiva por camino de herradura y carretable nuevo; el tercer tramo desde Betétiva hasta la quebrada Otengá con acceso por la vía Betétiva – Paz de Río; el cuarto tramo desde la escuela de Saurca hasta la quebrada Otengá con acceso por la vía Betétiva – Saurca; el quinto tramo se realizó desde la parte W de la trasecta hasta la escuela de Saurca con acceso por la vía Soiquía – Volcán Negro – Belén.

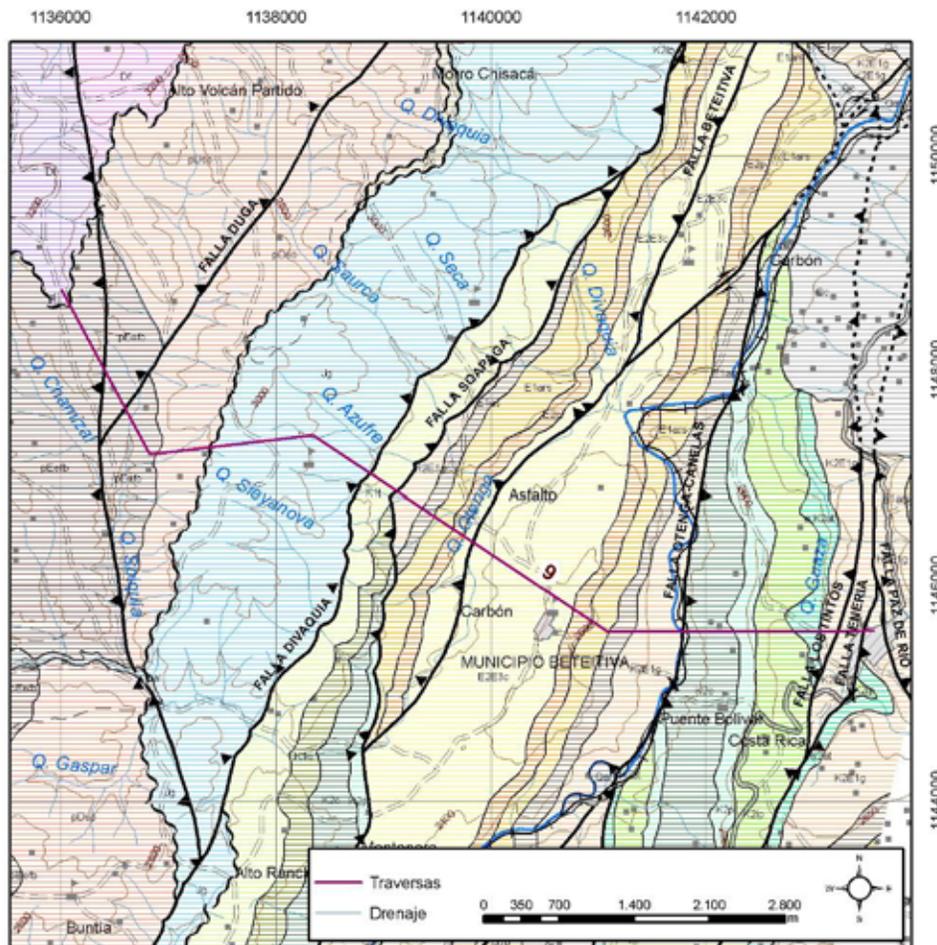


Figura 10. Localización y acceso de la Trasecta 9. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W, cuatro sectores. El sector oriental, donde afloran rocas desde la Formación Chipaque hasta la Formación Guaduas con repetición de unidades por la presencia de fallas inversas dextrales, esta secuencia presentan una inclinación general hacia el oriente conformando un monoclin al flanco oriental del Anticlinal de San Antonio, estructura afectada por la Falla Canelas – Otengá, falla rumbo deslizante dextral con un importante componente vertical e inclinación oriental (dextral inversa). El sector centro oriental, donde afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, se presenta claramente el sinclinal de Betétiva, con su flanco occidental tumbado y nucleado en la Formación Concentración. El sector centro occidental, afloran rocas de la Formación Tibasosa con

inclinación al occidente pero en posición invertida, en contacto fallado (Falla Soapaga) con rocas de la Formación Guaduas del flanco occidental del sinclinal de Betétiva. El sector occidental, corresponde a rocas del Macizo de Floresta conformado por rocas del Stock de Otengá y de la Formación Girón, esta última se encuentra en contacto fallado (Falla de Divaquía) con la Formación Tibasosa.

1.2.2.1.1.10. Trasecta 10

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 21.5Km, se localiza en el sector sur del área, a la altura de la población de Otengá (Figura 11). Se realizó en varios tramos: el primero por carreteras desde la cabecera de la quebrada Tenería hasta el río Chicamocha, en cercanías al Puente Peña Blanca, con acceso al extremo oriental de la trasecta por la vía Tasco – Los Tintos – Puente Canelas y a la parte intermedia a occidental por la vía Tasco – Corrales y Corrales – Betétiva; el segundo tramo se efectuó por carretera desde el río Chicamocha hasta la Loma Mesa con acceso al extremo oriental de este tramo por la vía Otengá – Puente Peña Blanca – Corrales y al extremo occidental por la vía Otengá – Floresta; el tercer tramo se levantó sobre la vía a los caseríos Las Cruces – Ciraquita – Santa Rosa desde la Loma La Mesa hasta cerca de la población de Cerinza con acceso por la vía Floresta – Otengá, para el extremo oriental y la vía Belén – Santa Rosa, para el extremo occidental de este tramo.

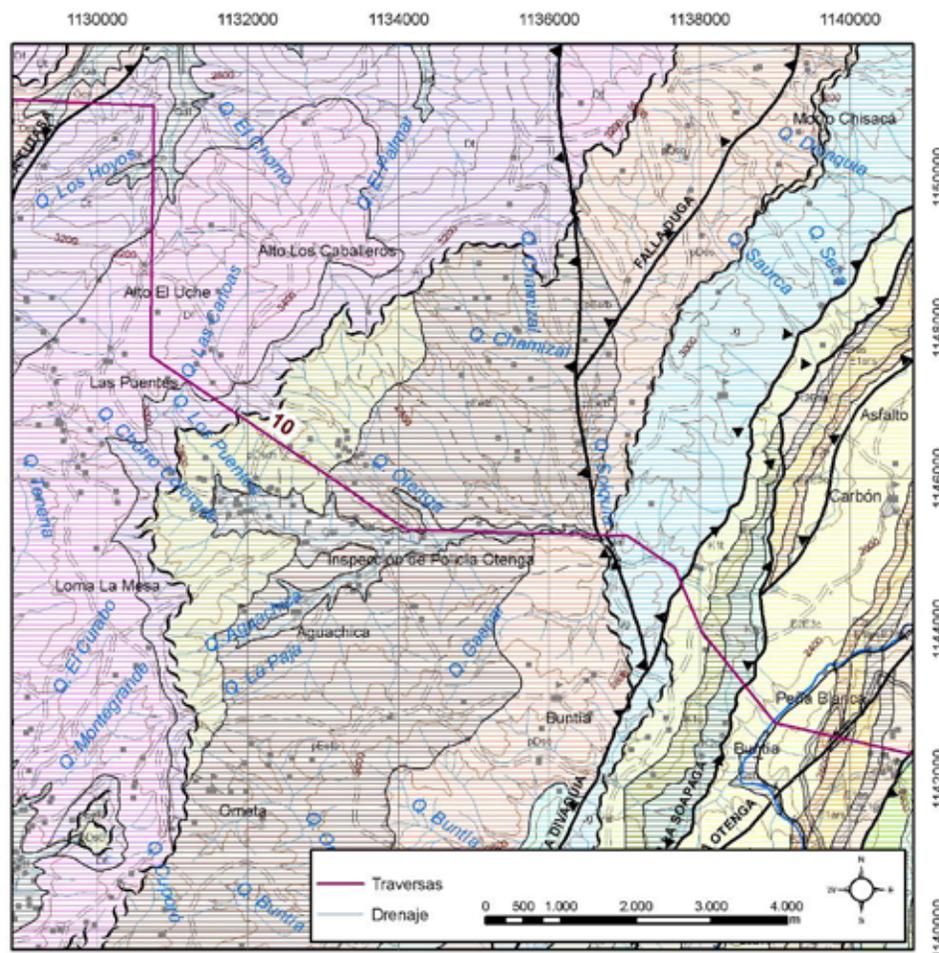


Figura 11. Localización y acceso de la Trasecta 10. Datum Bogotá.



En ella se observaron, de E a W, cuatro sectores. El sector oriental, afloran rocas desde la Formación Los Pinos hasta la Formación Arcillas de Socha, conformando el Anticlinal San Antonio y nucleado en la Formación Los Pinos; su flanco oriental está afectado por la Falla Los Tintos, falla inversa con un componente horizontal importante. El sector centro oriental, afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, esta secuencia presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva o el flanco occidental del anticlinal de San Antonio. El sector centro occidental, afloran rocas de las formaciones Girón, Tibasosa, Une y Chipaque, esta secuencia presenta inclinación al occidente pero en posición invertida; la Formación Chipaque esta en contacto fallado (Falla Soapaga) con rocas de la Formación Concentración. El sector occidental, corresponde a rocas del Macizo de Floresta conformado por rocas de las Filitas y Esquitos de Busbanzá, del Stock de Chuscales-Aguachica, del Stock de Otengá, de la Cuarzomonzonita de Santa Rosita y de las formaciones Tibet, Floresta y Girón, esta última se encuentra en contacto fallado (Falla de Divaquía) con la Formación Tibasosa.

1.2.2.1.1.11. **Trasecta 11**

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 10.7Km, se localiza en el sector SE del área (Figura 12). Se realizó en dos tramos: el oriental, por caminos y carretera desde el límite del oriental área hasta Puente Cajones en el río Chicamocha, con acceso a su extremo E en Puente Canelas por la vía Corrales – Tasco y para su extremo W por camino desde la vía Corrales – Tasco hasta el Puente Cajones o por carretera por la vía Corrales – Puente Cajones. El tramo occidental, se realizó por caminos y carreteras desde El sitio Puente Cajones, en el río Chicamocha hasta las cabeceras de la quebrada Montenegro, con acceso al extremo oriental del tramo por la vía Corrales – Puente Cajones, al sector central por la vía Corrales – Buenavista y al extremo occidental por la vía Corrales – Betétiva desviando en el sector de Montoneras por la vía que conduce a la escuela Buntía – escuela Ometa.

En ella se observaron, de E a W, cuatro sectores. El sector oriental, afloran rocas desde la Formación Plaeners hasta la Formación Guaduas, conformando el Anticlinal San Antonio y nucleado en la Formación Plaeners; afectado por la Falla Los Tintos, falla inversa con un componente horizontal importante. El sector centro oriental, afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, esta secuencia presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva o el flanco occidental del anticlinal de San Antonio. El sector centro occidental, afloran rocas de las formaciones Girón, Tibasosa, Une y Chipaque, esta secuencia presenta inclinación al occidente pero en posición invertida; la Formación Chipaque está en contacto fallado (Falla Soapaga) con rocas de la Formación Concentración. El sector occidental, corresponde a rocas del Macizo de Floresta conformado por rocas de las Filitas y Esquitos de Busbanzá y del Stock de Otengá, esta última se encuentra en contacto fallado (Falla de Divaquía) con la Formación Girón.

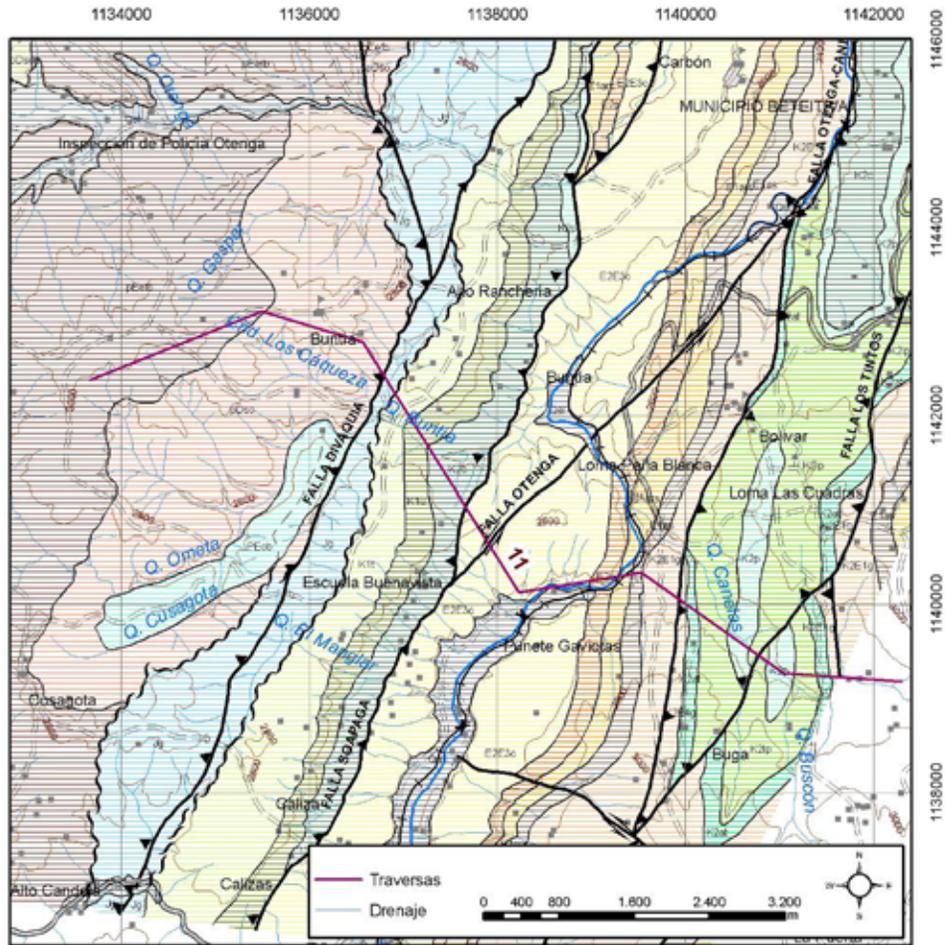


Figura 12. Localización y acceso de la Trasecta 11. Datum Bogotá.

1.2.2.1.1.12. Trasecta 12

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 9.15Km, se localiza la esquina SE del área (Figura 13), se realizó en dos tramos: el primero se efectuó por camino el herradura Reyes Patria – Corrales, desde el E del área hasta Corrales, con acceso a su extremo oriental por la vía Corrales – Reyes Patria – San Antonio. El segundo tramo se realizó por camino de herradura Busbanzá – Corrales, con acceso por la vía que Corrales – Busbanzá.

En ella se observaron, de E a W, cuatro sectores. El sector oriental, afloran rocas desde la Formación Guaduas, conformando el Anticlinal San Antonio. El sector centro oriental, afloran las formaciones Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración, esta secuencia presentan una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal que correspondería al flanco oriental del sinclinal de Betétiva o el flanco occidental del anticlinal de San Antonio.

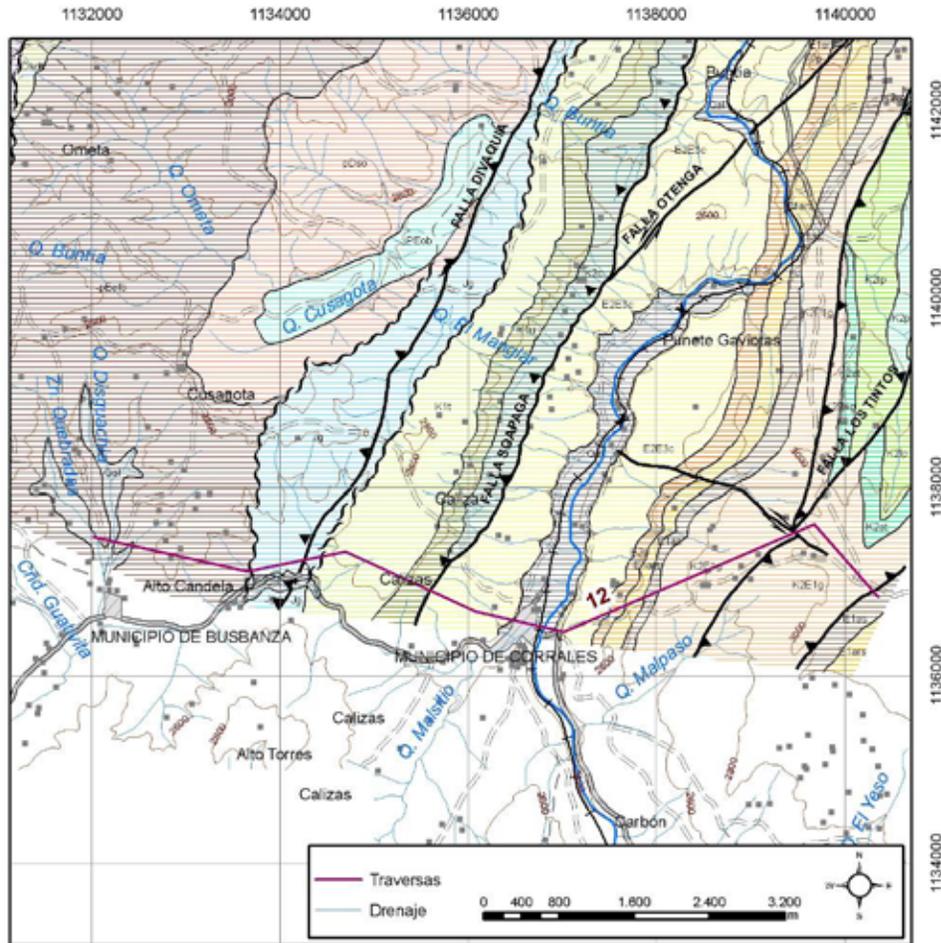


Figura 13. Localización y acceso de la Trasecta 12. Datum Bogotá.

El sector centro occidental, afloran rocas de las formaciones Girón, Tibasosa, Une y Chipaque, esta secuencia presenta inclinación al occidente pero en posición invertida; la Formación Chipaque esta en contacto fallado (Falla Soapaga) con rocas de la Formación Concentración. El sector occidental, corresponde a rocas del Macizo de Floresta conformado por rocas de las Filitas y Esquitos de Busbanzá y la Formación Girón, esta última se encuentra fallado (Falla de Divaquía).

1.2.2.1.1.13. Trasecta 13

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 4.3Km, se localiza la sector centro occidental del área (Figura 14), se realizó en dos tramos: el primero hacia el extremo W de la trasecta con acceso por la vía a Cúcuta en el sitio Caracoles hasta la quebrada Monte Redondo; el segundo tramo hacia el extremo E con acceso por la vía que de la quebrada Monte Redondo conduce al Cerro Perico.

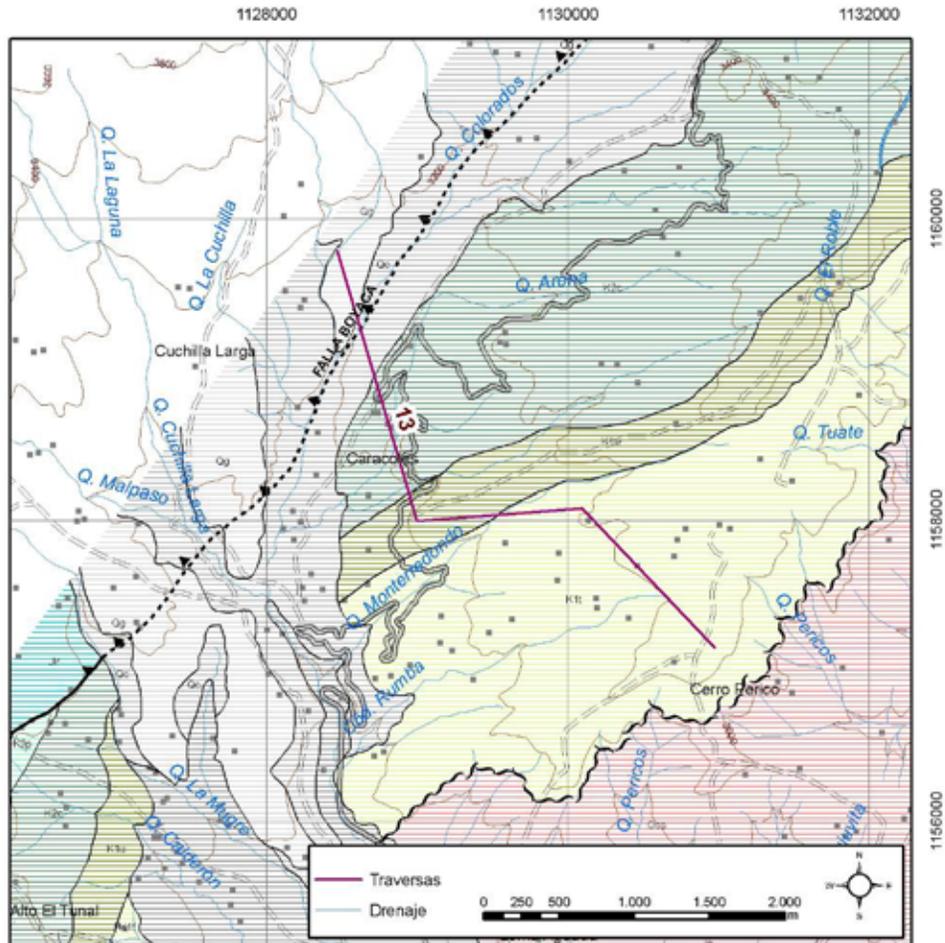


Figura 14. Localización y acceso de la Trasecta 13. Datum Bogotá.

En ella se observaron, de E a W rocas de la Cuarzomonzonita de Santa Rosita suprayacida discordantemente La Formación Tibasosa y continuando con las formaciones Une y Chipaque. Secuencia con una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal.

1.2.2.1.1.14. Trasecta 14

Esta corresponde a una trasecta estructural con una longitud de 5Km, se localiza en el centro del sector occidental del área (Figura 15), se realizó en un solo tramo con acceso un kilómetro al sur del municipio de Belén por la vía que conduce a Cerinza tomando la vía que conduce hacia el Alto El Tunal. Igualmente existe otra vía que de Belén conduce directamente al Alto El Tunal.

En ella se observaron, de E a W, rocas de las formaciones Tibasosa, Une, Chipaque, Plaeners y Los Pinos. Secuencia con una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclinal. La Formación Los Pinos se encuentra en contacto fallado (Falla Boyacá) con la Formación La Rusia.

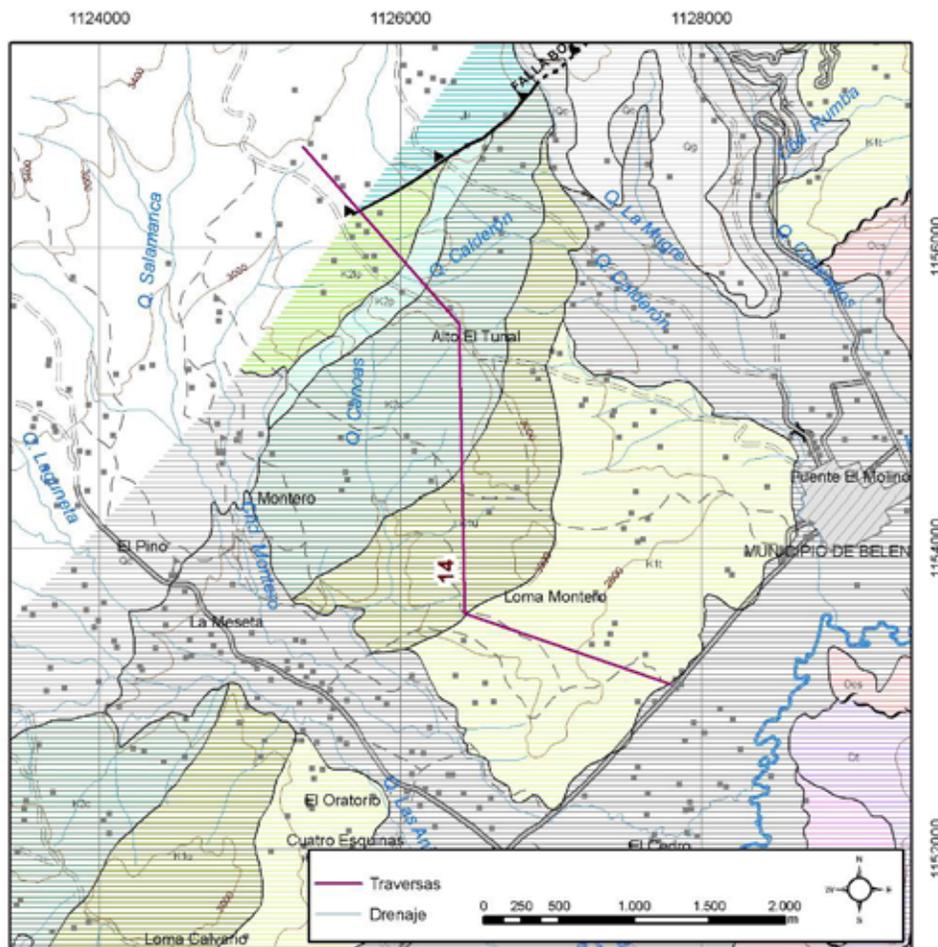


Figura 15. Localización y acceso de la Trasecta 14. Datum Bogotá.

1.2.2.1.15. Trasecta 15

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 5.15Km, se localiza en sector SW del área (Figura 16), se realizó en un solo tramo, presenta un acceso por la vía que del municipio de Cerinza conduce a la vereda El Chital y las escuelas El Hato y Martínez Peña..

En ella se observaron, de E a W, rocas de las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque. Secuencia con una inclinación general hacia el occidente conformando un monoclin.

1.2.2.1.16. Trasecta 16

Esta corresponde a una trasecta cartográfica con una longitud de 11.3Km, se localiza en el extremo SW del área (Figura 17), se realizó en dos tramos: el oriental desde Floresta hasta Santa Rosa de Viterbo con acceso por la vía que de Santa Rosa conduce a las antenas de comunicación y continua a la población de Floresta. El tramo occidental desde Santa Rosa de Viterbo al occidente con acceso por la vía que de Santa Rosa de Viterbo conduce a Los Cucubos y Carrizal.

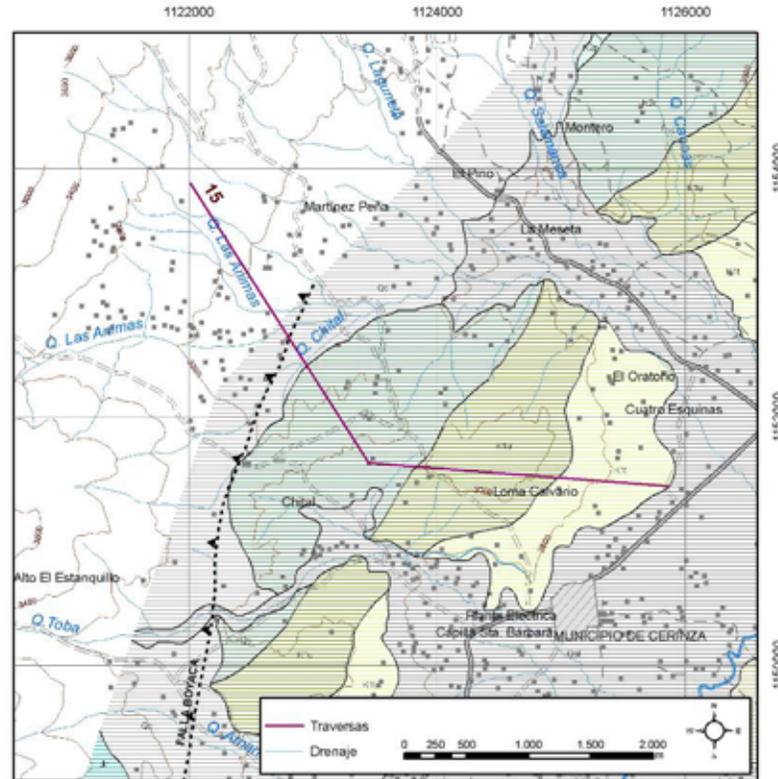


Figura 16. Localización y acceso de la Trasecta 15. Datum Bogotá.

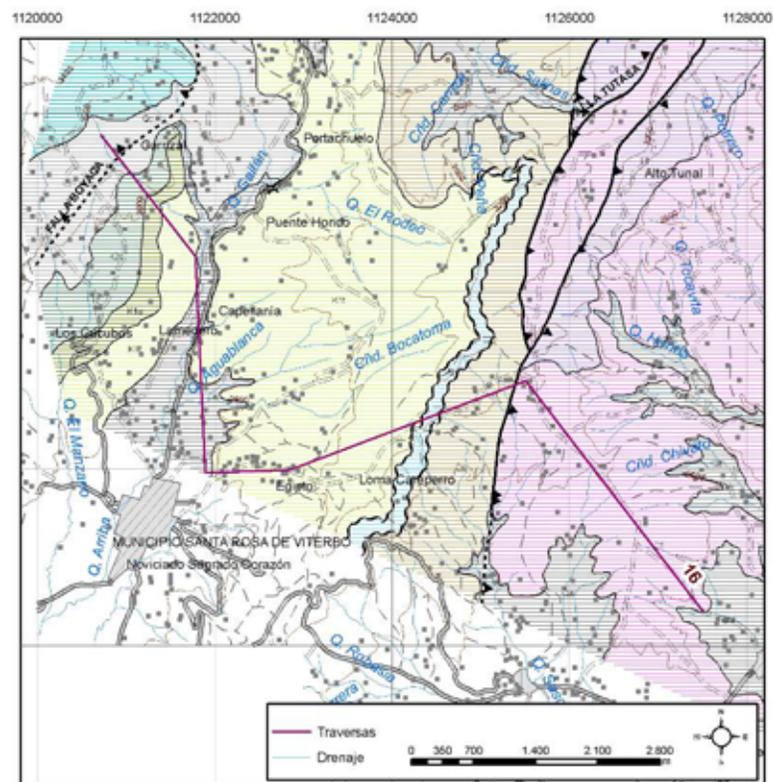


Figura 17. Localización y acceso de la Trasecta 16. Datum Bogotá.



En ella se observaron, de E a W, dos sectores. El sector oriental, conformado por rocas de las formaciones Tibet, Floresta y Cuche, en contacto discordante con rocas de la Formación Girón y a su vez en contacto discordante con La Formación Tibasosa, unidad aflorante en el sector occidental, donde afloran también rocas de las formaciones Une y Chipaque; esta última se encuentra en contacto fallado (Falla Boyacá) con la Formación La Rusia.

1.2.2.2. Levantamiento de Columnas Estratigráficas, Muestreo de Roca y toma de Lecturas Gamma Ray

Según los parámetros presentes en los términos de referencia del contrato, se realizó el levantamiento de secciones litoestratigráficas detalladas a escala 1:200 (Anexo 5), de las unidades que componen la secuencia Cretácica y Terciaria al oriente del Macizo de Floresta, exceptuando las formaciones Tibasosa en la base del Cretácico y Concentración en el tope del Terciario.

El levantamiento de las secciones se inició después de seleccionar las localidades con mejor exposición de roca. Las secciones fueron medidas a partir de poligonales levantadas con brújula y cinta métrica, dejando marcadas en la roca los vértices con el objeto de amarrar los levantamientos estratigráficos a la poligonal. La posición geográfica del punto de inicio y de finalización de la poligonal abierta fue registrada con medidas de GPS para su posterior amarre. Además se realizó la medición de la sección utilizando el bastón de Jacob (Figura 18). Culminada la fase de medición se procedió a la descripción de los diferentes conjuntos litológicos, en cuya fase se utilizaron los instrumentos adecuados para la adquisición de datos según las normas de levantamiento de columnas, como son flexómetro, lupa (aumentos de 10X y 20X), tabla de colores editada por la Geological Society of America, 1991, tabla granulométrica y de, clasificación de rocas, etc. La toma de muestras de roca se hizo a juicio del geólogo y posteriormente se complementó con la lectura de gamma ray.

En esta actividad se describieron e interpretaron 2557.90 metros de columna estratigráfica de sedimentos Cretácicos y rocas del Paleógeno, que se relacionan en la Tabla 5.

Paralelo a la descripción de las columnas se realizó un muestreo de roca sistemático para caracterizar las unidades litológicas aflorantes, estas muestras fueron colectadas, empacadas y marcadas según las directrices propuestas. En esta fase se obtuvo un total de 551 muestras de roca (Tabla 6).

Las lecturas de Gamma Ray total (U+Th+K) se hicieron con scintillometro (Figura 19), con toma de datos cada 30 centímetros, realizándose tres mediciones en cada punto, estos puntos fueron seleccionados con ayuda del bastón de Jacob, tomando medidas en forma perpendicular a los planos de estratificación de base a techo y marcándolos con pintura. Luego de haber seleccionado el área de medición se procedió al encendido, configurado y calibrado de la herramienta para su posterior uso. Los resultados obtenidos fueron registrados en un formato donde se relacionan con el bastón o metraje correspondiente dentro de la columna estratigráfica. En labores de oficina los datos fueron digitados y promediados en el programa Excel, para luego ser procesados y graficados en el software Autocad.

Patrones de respuesta radioactiva muy altas fueron obtenidos en la mayoría de las secciones estratigráficas; por lo cual se prefirió hacer la escala de graficación de cero (0) a cuatrocientos (400) para la sección C6; de cero (0) a trescientos cincuenta (350) para las secciones C1, C4 y C7;



de cero (0) a trescientos (300) para las secciones C2, C3, C5, C9 y C10; y de cero (0) a doscientos cincuenta (250) para la sección C8.

El patrón de respuesta radioactiva para las arenitas de la Formación Picacho en las Secciones C1 y C5 fue muy similar estando en el rango de valores: 50 – 172 y 55 – 191, respectivamente. Estos valores están dentro del rango normal esperado para litologías mayoritariamente de arenitas.

En la Formación Arcillas de Socha, los valores gama ray en la Sección C1 estuvo en el rango: 71 – 334, el menor valor es de una arenita subarcósica en el metro 490.2 de la columna estratigráfica.

Para la Arenisca de Socha en las Secciones C1 y C8, un patrón de respuesta en el rango de valores: 61 – 226 y 72 – 213, respectivamente.

El patrón de respuesta radioactiva en la Formación Guaduas, en la Sección C6, tuvo un valor mínimo de 98 en una arenita de grano fino y un valor máximo de 262 en una lodolita. Aunque de forma generalizada se observa en la gráfica que la mayoría de la curva tiene valores superiores a 100 y cercanos a 200.

En la Formación Arenisca Tierna, los valores de las arenitas en general fueron mucho más altos de lo esperado para este tipo de litología, cuyo mínimo valor fue 89 en arenitas cuarzosas y el valor máximo 386 en limolitas, presentes en la parte media de la unidad.

La Formación Pinos, Sección C2, la mayoría de las lecturas estuvieron cercanas a 150 (arenitas) y cercanas a 200 (arcillolitas y limolitas). En la Sección C3, la parte inferior descrita (más limosa), los estuvieron entre 200 a 250, la parte media más arenosa, los valores estuvieron entre 100 y 200; la parte superior de la sección osciló cerca de 100.

El techo de la Formación Plaeners en la Sección C2 tuvo valores que oscilaron 150 a 180 en general y de manera similar en la Sección C4, los valores están en un rango general de 150 a 200.

La Formación Chipaque compuesta principalmente por arcillolitas tuvo un patrón de respuesta radioactiva general entre los valores de 200 a 300 y en algunas ocasiones superó este valor; en las calizas tuvo los valores mínimos (119).

En la parte de inferior de la Formación Une, se reportan arenitas con valores cercanos e inferiores a 100; en la parte media y superior crece el contenido de materiales finos, lo cual incrementa los valores en las lecturas de gama ray, pasando de 200 y en pocas ocasiones llega cerca de 300.

En los aproximadamente 10 metros registrados de la Formación Tibasosa, se aprecian valores superiores a 100 para las arcillolitas y valores inferiores a 100 en las calizas

Algunos sectores pequeños de afloramiento de rocas blandas (Arcillolitas y limolitas), en las secciones C1 y C6, localidad de Cosgua y quebrada Canelas respectivamente, quedaron sin toma de registro gamma ray debido a deslizamientos ocurridos por las lluvias.

Con base en las observaciones e interpretación de los datos graficados, se concluye que además del contenido total de U-Th-K en las rocas, otros factores como la meteorización, el fracturamiento y la influencia antrópica (pátinas de impurezas en la roca dejada por el transporte terrestre de los minerales explotados en la región, CO₂ y el polvo arcilloso), incrementan o distorsionan los valores registrados en las lecturas gama ray de afloramiento tomadas con el scintillómetro.

RELACIÓN METROS DE COLUMNA LEVANTADOS			
<i>FORMACIÓN</i>	<i>ROCA</i>	<i>CUBIERTO</i>	<i>TOTAL</i>
<i>Concentración</i>	<i>13.30</i>	<i>0.00</i>	<i>13.30</i>
<i>Picacho</i>	<i>210.40</i>	<i>126.60</i>	<i>337.00</i>
<i>Arcillas de Socha</i>	<i>281.60</i>	<i>58.70</i>	<i>340.30</i>
<i>Areniscas de Socha</i>	<i>275.45</i>	<i>61.95</i>	<i>337.40</i>
<i>Guaduas</i>	<i>371.70</i>	<i>128.60</i>	<i>500.30</i>
<i>Arenisca Tierna</i>	<i>94.60</i>	<i>14.10</i>	<i>108.70</i>
<i>Los Pinos</i>	<i>168.05</i>	<i>0.00</i>	<i>168.05</i>
<i>Plaeners</i>	<i>183.35</i>	<i>7.00</i>	<i>190.35</i>
<i>Chipaque</i>	<i>247.10</i>	<i>54.40</i>	<i>301.50</i>
<i>Une</i>	<i>205.80</i>	<i>47.70</i>	<i>253.50</i>
<i>Tibasosa</i>	<i>7.50</i>	<i>0.00</i>	<i>7.50</i>
TOTALES	2058.85	499.05	2557.90

Tabla 5. Relación total de metros levantados por formación en las columnas estratigráficas



Figura 18. Bastón de Jacob, consta de: Nivelador, transportador, rayo láser y longitud de 1.5 metros con subdivisiones cada 10 centímetros.

FORMACIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS DE ROCA		
	<i>Petrografía/Petrofísica</i>	<i>Bioestratigrafía/Geoquímica</i>	<i>TOTAL</i>
<i>Concentración</i>	1	2	3
<i>Picacho</i>	39	12	51
<i>Arcillas de Socha</i>	31	21	52
<i>Arenisca de Socha</i>	73	9	82
<i>Guaduas</i>	5	62	67
<i>Arenisca Tierna</i>	20	9	29
<i>Los Pinos</i>	39	23	62
<i>Plaeners</i>	23	25	48
<i>Chipaque</i>	0	88	88
<i>Une</i>	47	18	65
<i>Tibasosa</i>	2	2	4
TOTALES			551

Tabla 6. Relación de número y propósito de muestras colectadas en el levantamiento estratigráfico

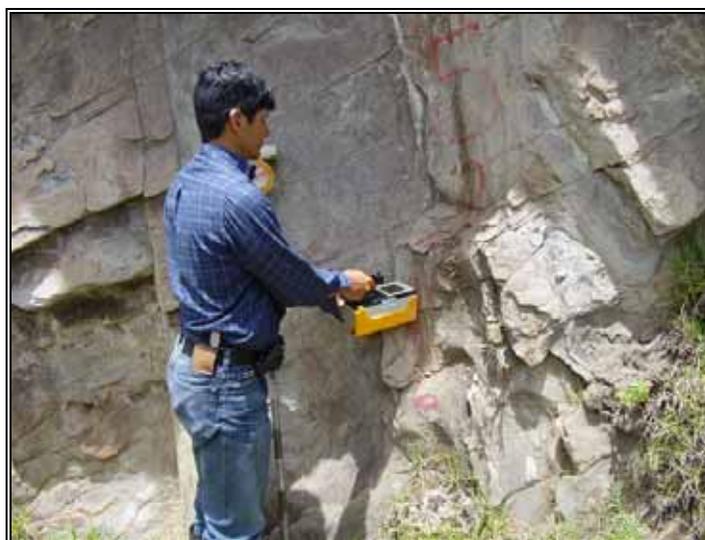


Figura 19. El scintilómetro utilizado es de fácil transporte y manipulación para la obtención de los datos gama ray en afloramiento de roca.

1.2.2.3. Muestreo de Rezumaderos

De acuerdo a los términos de referencia del contrato se pretendía coleccionar muestras de crudo de 15 rezumaderos de los 16 propuestos, la totalidad de las localidades suministradas fueron visitadas, presentándose el inconveniente de la no existencia de hidrocarburo ya sea en forma líquida o como impregnación en algunas de ellas. En los puntos donde se pudo coleccionar muestra se siguieron los parámetros exigidos. A continuación se hace una breve reseña de las vías de acceso a cada localidad propuesta inicialmente con su consecuente resultado en la colección, además se relacionan y describen nuevas localidades donde se obtuvo muestra de hidrocarburo. En la Tabla 7 se especifica la cantidad de muestras de rezumadero coleccionadas.

TIPO DE REZUMADERO	CANTIDAD
<i>FLUIDOS</i>	8
<i>ROCA IMPREGNADA</i>	17
<i>TOTAL</i>	25

Tabla 7. Relación de muestras de rezumadero colectadas

1.2.2.3.1. Rezumaderos Propuestos

A continuación se relacionan las localidades propuestas inicialmente en los términos de referencia.

1.2.2.3.1.1. Rezumadero 1 (R1)

El acceso al sitio se realizó por la vía que del municipio de Jericó conduce a la vereda El Entable y desde este sitio por camino de herradura que conduce a la quebrada Altamizal y a las coordenadas reportadas para este rezumadero (Figura 20). En el sector de localización y alrededores (hasta un kilómetro) del “Rezumadero R1” se realizó una intensa búsqueda y se indagó a los pobladores de la región por eventuales manaderos de hidrocarburo sin que se halla podido localizar y realizar el muestreo. En el sitio propuesto se encuentran unidades de roca sello, no asociadas a eventuales manaderos.

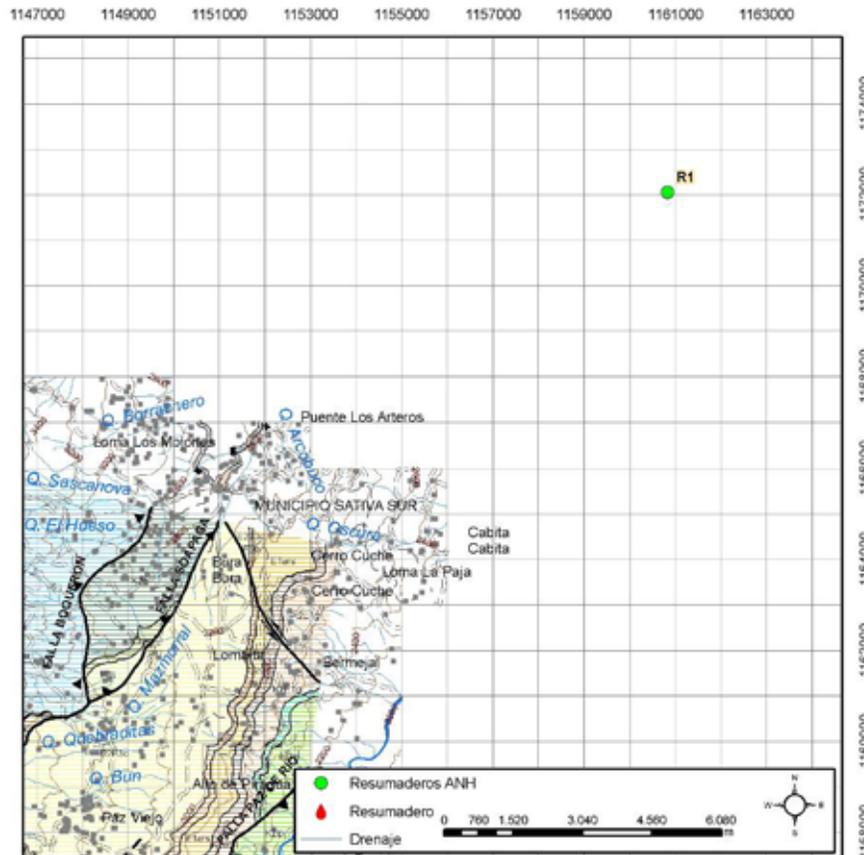


Figura 20. Localización Rezumadero R1. Datum Bogotá

1.2.2.3.1.2. Rezumadero 2 (R2)

El acceso se realiza desde el municipio de Paz de Río por un carreteable que va a la Escuela de la vereda Socotacito Alto, de allí se toma un camino de herradura en una distancia aproximada de 2Km con rumbo NE cerca de la quebrada Paloquemado, hasta llegar al sitio propuesto para el R2 (Figura 21). El sitio sugerido para el R2 está sobre la Formación Girón (Figura 22) donde se hizo una larga exploración sin resultados positivos de hallarlo.

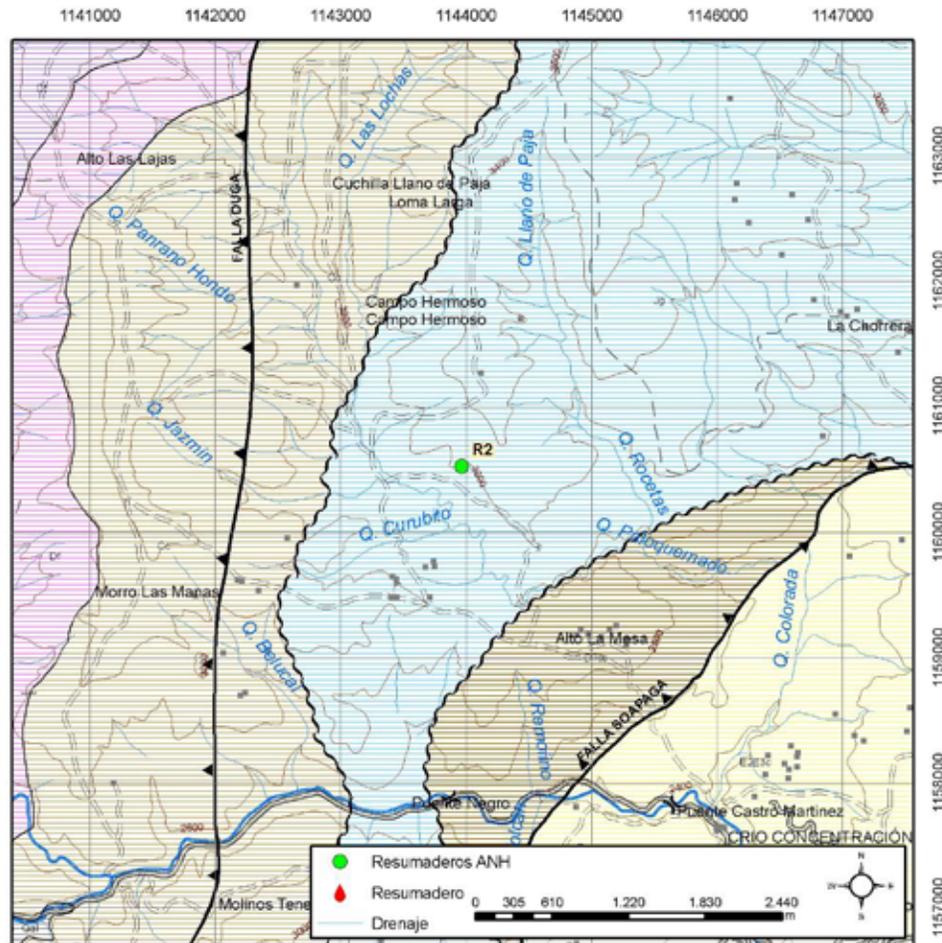


Figura 21. Localización Rezumadero R2. Datum Bogotá

1.2.2.3.1.3. Rezumadero 3 (R3)

Al sitio propuesto se llega ubicándose en la carrera 6 No 10-07 de Paz de Río, donde se encuentra una estatua de virgen; a mano izquierda (Calle 10) seguimos un camino de herradura con rumbo norte, hasta llegar debajo de los cables de las góndolas, coincidiendo aproximadamente con las coordenadas (Figura 23) suministradas por la ANH, donde se hizo la búsqueda del R3 sin resultados; en su lugar se encontró grasa utilizada para la lubricación de los cables de las góndolas que llevan los minerales explotados en la región (Figura 24).



Figura 22. Estación: JC180 a JC196, Foto: R2JC180, Tipo: Panorámica, Carpeta: JC, Azimut: 105°–155°. Descripción: Potrero sobre la Formación Girón, donde según las coordenadas suministradas debería localizarse el rezumadero R2. A la derecha el cañón de la quebrada Paloquemado, y al fondo la vía a Socotacito Alto y el camino de acceso Coordenadas: N= 1.172.051, E= 1.160.341, origen Bogotá.

1.2.2.3.1.4. Rezumadero 4 (R4)

Por la vía que de Villa Franca conduce al municipio de Belén se transita una distancia de 1Km, y luego por un camino de herradura con rumbo W y una distancia aproximada de 85 metros se llega al sitio sugerido (Figura 25) sobre rocas de la Formación Girón. El rezumadero no está en las coordenadas reportadas, pero se asocia al punto propuesto un rezumadero localizado más o menos a un kilómetro al ESE sobre la Formación. Picacho (Figura 26).

1.2.2.3.1.5. Rezumadero 5 (R5)

Desplazándose un (1) Km hacia el norte desde Tasco yendo a Paz de Río, se desprende un carreteable con rumbo NE que conduce hacia San Luis – Mina El Banco, cerca de las coordenadas dadas para el R5 (Figura 25), donde luego de una larga búsqueda no se halló el rezumadero pero se asoció un rezumadero localizado a unos 3.3 Kms hacia el SW sobre la Formación. Picacho en la localidad de Peña El Banco, correspondiendo a una arenita impregnada (Figura 27).

1.2.2.3.1.6. Rezumadero 6 (R6)

Saliendo de Tasco con rumbo NW, y aproximadamente a 900 metros cerca de la confluencia de las quebradas Guazá y Aguablanca se llega a las coordenadas (Figura 25) propuestas para el rezumadero R6, donde se encontraron cantos y bloques rodados de arenitas de la Formación. Picacho que descansan sobre la Formación Guaduas, que a pesar de no estar “in situ” presentan impregnación de petróleo (Figura 28).

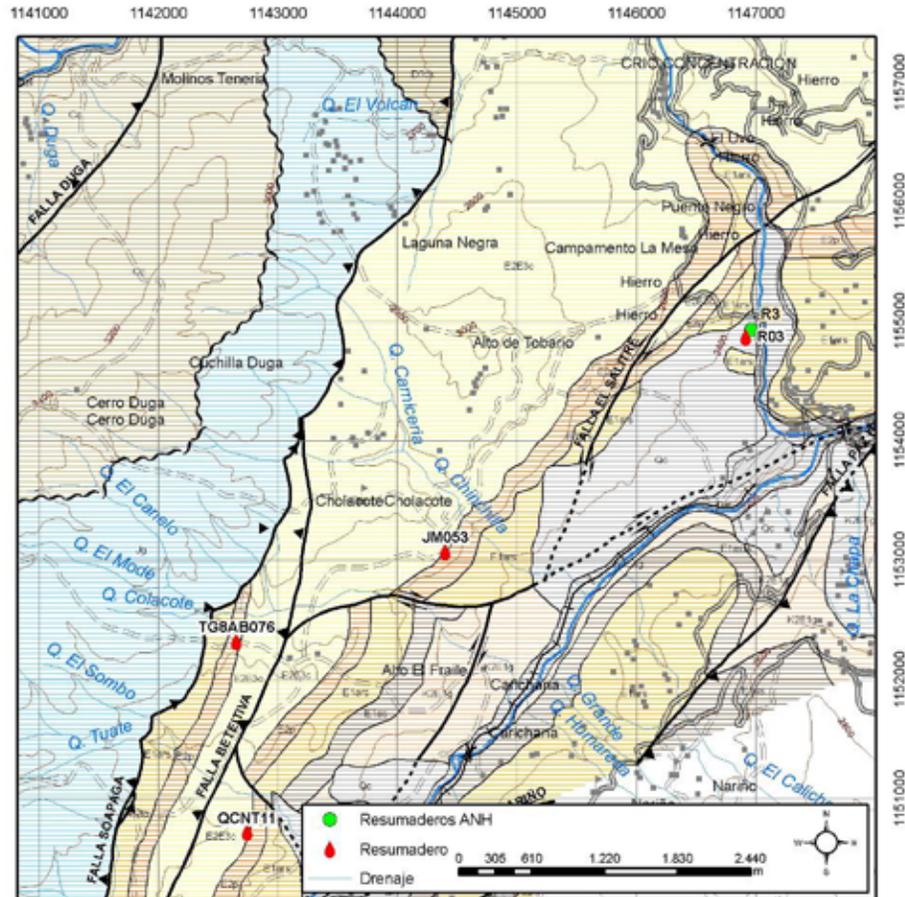


Figura 23. Localización Resumaderos R3, Colacote (JM053), Qda Chicuzá (QCNT11) y Puente Rochino (TQ8AB076). Datum Bogotá



Figura 24. Estación: JR052, Foto: FR3, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JR, Azimut: 5°. Descripción: Impregnación de grasa en bloques caídos. Se infiere que la grasa se utilizó en los cables de las góndolas que transportan el mineral de hierro; note el grosor de la marca del cable dejada en la roca cuando se hizo el tendido. Asociado al R3 Coordenadas: N= 1.154.864, E= 1.146.918, origen Bogotá.

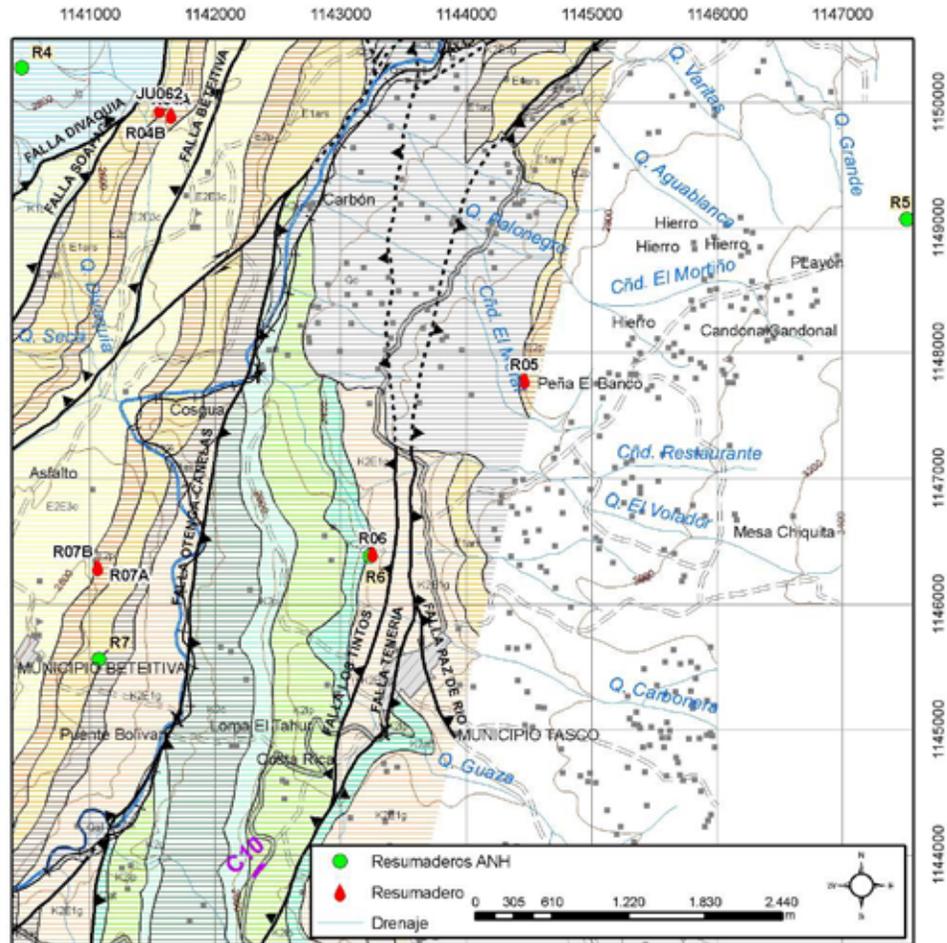


Figura 25. Localización Rezumaderos R4, R5, R6, R7 y Villa Franca (JU062). Datum Bogotá



Figura 26. Estación: JU267, Foto: FR4, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 310°. Descripción: Rezumadero de petróleo R4, presente en depósitos actuales cubriendo la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1.149.902, E= 1.141.652, origen Bogotá.



Figura 27. Estación: JU101, Foto: FR5, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 210°. Descripción: Rezumadero de petróleo R5 en la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1.147.786, E= 1.144.465, origen Bogotá.

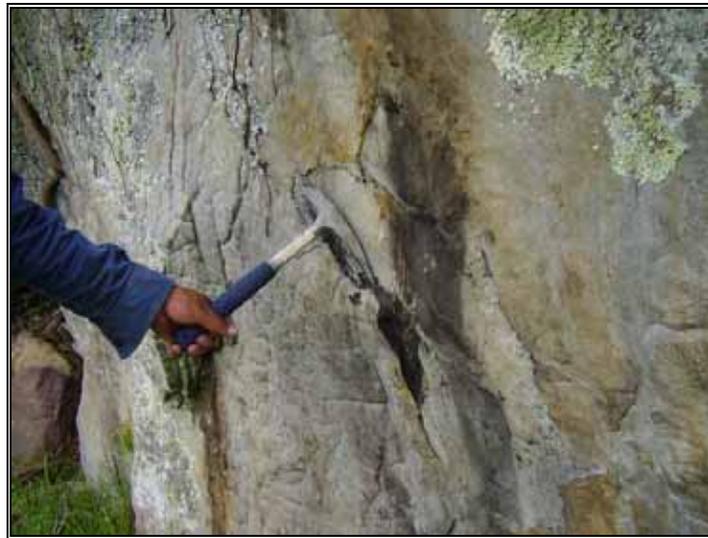


Figura 28. Estación: JR021, Foto: FR6, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JR, Azimut: 290°. Descripción: Rezumadero R6. Impregnación de petróleo en bloques rodados de la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1146408.3, E= 1143259.04, origen Bogotá.

1.2.2.3.1.7. Rezumadero 7 (R7)

El R7 propuesto, está al E de Betétiva (Figura 25), de acuerdo a las coordenadas suministradas, sobre rocas de la Formación Arcillas de Socha, pero allí no se halló ningún manadero. En su reemplazo se asocia un rezumadero en arenitas de la Formación Picacho (Figura 29) al que se llega recorriendo una distancia aproximada de 750 metros con rumbo NE desde el municipio de Betétiva hacia la finca La Aguada.



Figura 29. Estación: 09JC042, Foto: 09JC042A, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 170°. Descripción: Fotografía mostrando el rezumadero R7 cerca de Betétiva, el cual se encuentra hacia la base de la Formación Picacho y se localiza sobre el camino Betétiva – Finca La Aguada. Coordenadas: N= 1146299.25, E= 1141069.60, origen Bogotá.

1.2.2.3.1.8. Rezumadero 8 (R8)

El rezumadero no se encuentra en las coordenadas suministradas (Figura 30), en su lugar se asoció un rezumadero localizado en la quebrada Malpaso unos 1350 metros al EES del sitio propuesto, entre las poblaciones de Corrales y Busbanzá sobre la margen derecha de la quebrada Busbanzá, aproximadamente a 750 metros del casco urbano del municipio de Corrales (Figura 31).

1.2.2.3.1.9. Rezumadero 9 (R9)

El acceso al sitio (Figura 32) se efectuó por la vía que de Duitama conduce hasta la vereda Las Vueltas, y desde allí hacia el antiguo trazado de la vía Duitama – Sogamoso hasta localizar las coordenadas, en donde luego de una larga exploración (en la Formación Tíbet), no se encontró el rezumadero requerido (Figuras 33 y 34).

1.2.2.3.1.10. Rezumadero 10 (R10)

El sitio propuesto se localiza en una arenera confinada al norte de Paipa por la vía Paipa – Toibitá (Figura 32), pero no se encontró el rezumadero en las coordenadas suministradas ni en sus alrededores.

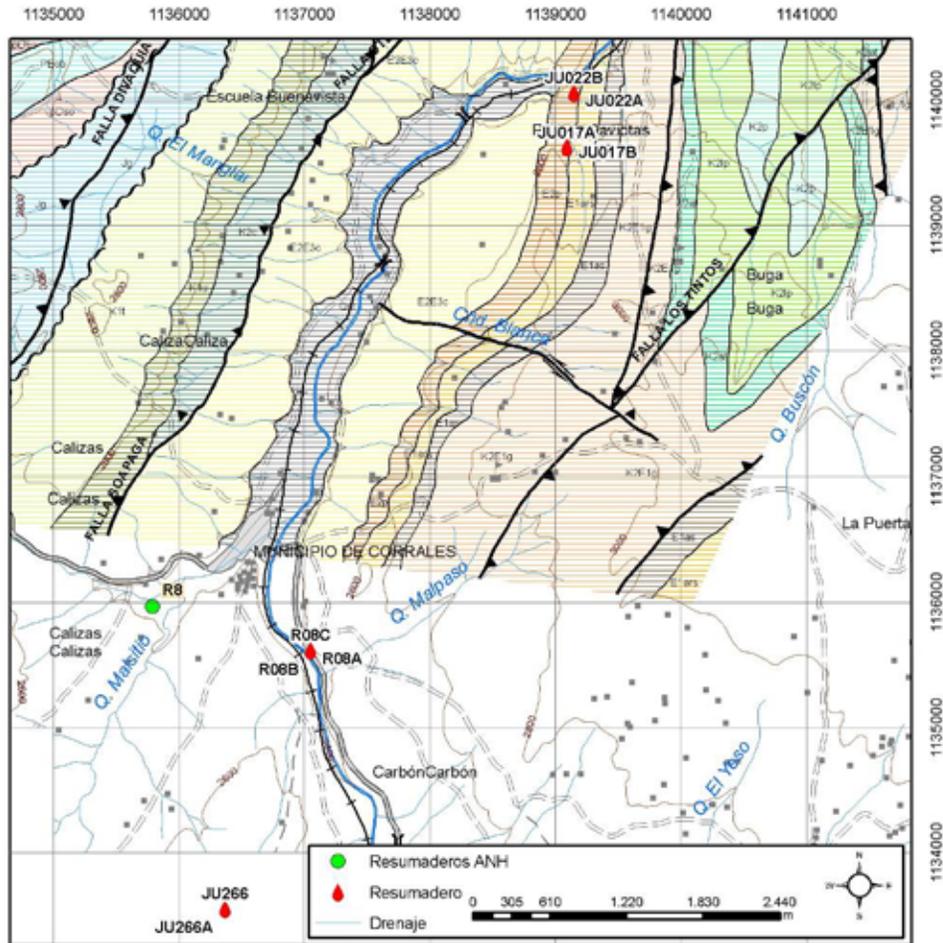


Figura 30. Localización Rezumadero R8. Datum Bogotá



Figura 31. Estación: JU265, Foto: JU265, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JU, Azimut: 70°. Descripción: Rezumadero de petróleo R8 en arenitas de la Formación Picacho. Coordenadas: N= 1135616.07, E= 1137052.84, origen Bogotá.

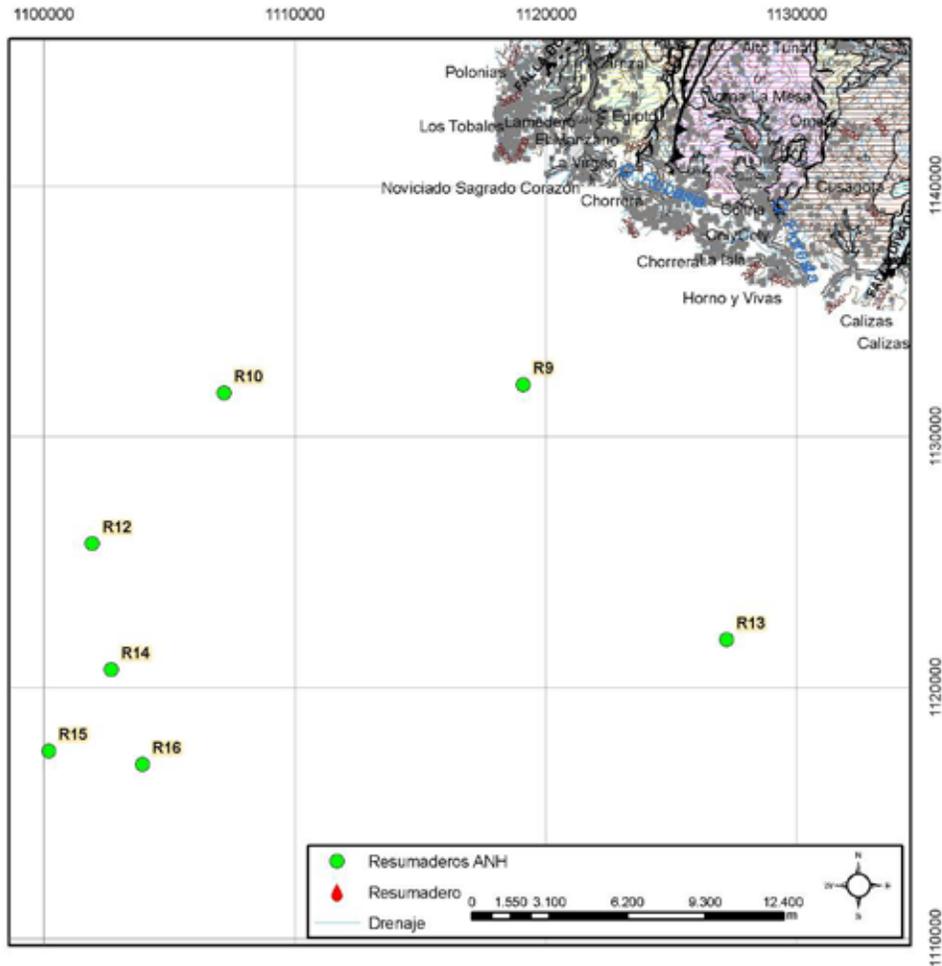


Figura 32. Localización Resumaderos R9, R10, R12, R13, R14, R15 y R16. Datum Bogotá

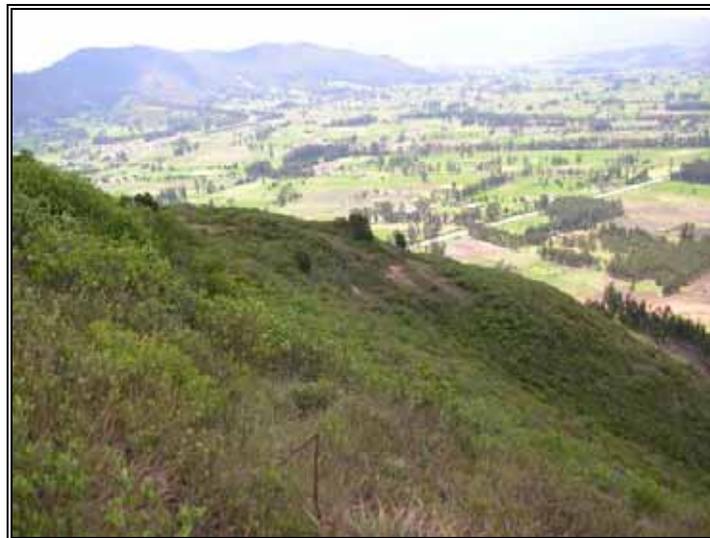


Figura 33. Estación: JM263. Foto: FJM263. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 125°. Descripción: Aspecto del sector de localización con las coordenadas del resumadero R9. En esta ubicación no existen evidencias de resumadero ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1119008, E= 1132129, origen Bogotá.



Figura 34. Estación: JM264. Foto: FJM264. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 30°. Descripción: Limolitas de color violeta en el sitio de las coordenadas del rezumadero R9. En este sector no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1119102, E=1132067, origen Bogotá.

1.2.2.3.1.11. Rezumadero 11 (R11)

El rezumadero R11 sugerido no existe en las coordenadas suministradas (Figuras 35 y 37), en su lugar se asoció un rezumadero localizado unos 1200 metros al SSW del sitio propuesto inicialmente (Figura 36). El acceso a este rezumadero se realiza por un camino que se encuentra 60 metros ladera arriba de la vía que de Sogamoso conduce a Tópaga sobre cuarzoarenitas de la Formación Picacho (Figura 38).



Figura 35. Estación: JM253. Foto: FJM253. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 190°. Descripción: Depósito coluvial enmascarando rocas de la Formación Guaduas en el sector de localización de las coordenadas del rezumadero R11. En esta ubicación no existen evidencias de rezumadero ni de rocas impregnadas. Unidad: Deposito Coluvial (Qc). Coordenadas: N= 1136224, E= 1130433, origen Bogotá.

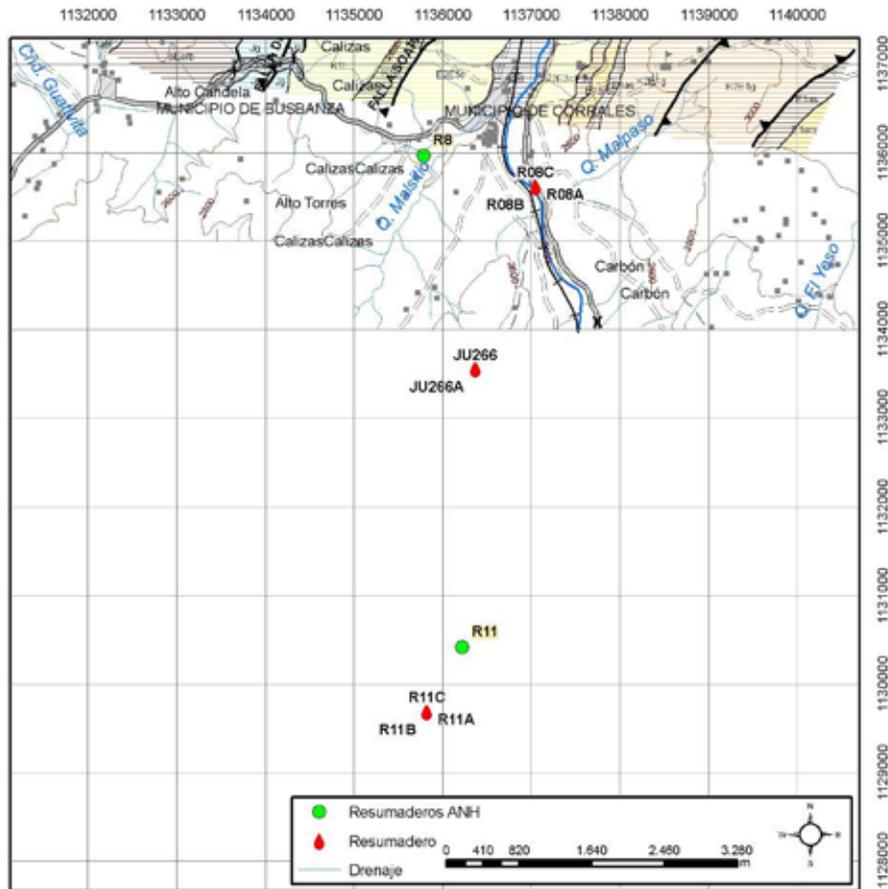


Figura 36. Localización Resumadero R11. Datum Bogotá

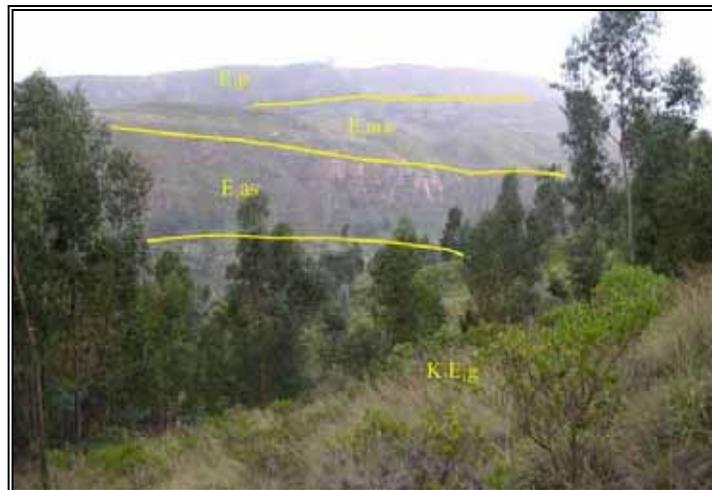


Figura 37. Estación: JM254. Foto: FJM254A. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 350° a 90° . Descripción: Contorno geológico del área de localización de las coordenadas del resumadero R 11. Donde se observa la secuencia suprayacente a la unidad de la localización, conformada por las formaciones Areniscas de Socha, arcillas de Socha y Picacho. Unidad: Formaciones Guaduas (K_2E_1g), Areniscas de Socha (E_{1as}), Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Picacho (E_p). Coordenadas: N= 1136228, E= 1130398, origen Bogotá.



Figura 38. Estación: JM257. Foto: FJM257A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 180°. Descripción: Cuarzoarenitas impregnadas y con fluidos en la Formación Picacho. Localización que corresponde al rezumadero R11. Unidad: Formación Picacho (E_{2p}). Coordenadas: N= 1129689.03, E= 1135825.01, origen Bogotá.

1.2.2.3.1.12. Rezumadero 12 (R12)

El acceso al sitio se realiza por una vía que se desprende al SW de Paipa (donde se localiza Termopaipa) y se dirige hacia la escuela Rioarriba y el caserío Balsorá; después se toma un sendero que conduce a las coordenadas suministradas (Figura 32), donde luego de una intensa búsqueda no se encontró el rezumadero.

1.2.2.3.1.13. Rezumadero 13 (R13)

Parte del acceso al sitio se realizó por la vía que de Sogamoso conduce al Llano (aproximadamente a 1.6 Km al sur de Sogamoso) y otra parte de a pie (Figuras 39 y 40). El rezumadero no existe en las coordenadas suministradas (Figura 32).

1.2.2.3.1.14. Rezumadero 14 (R14)

El acceso al sitio se realizó por la vía que de Paipa conduce a Toca, hasta la altura del caserío de Santa Bárbara, hasta encontrar las coordenadas dadas (Figura 32), en donde no se hallaron evidencias de rezumadero.

1.2.2.3.1.15. Rezumadero 15 (R15)

A las coordenadas suministradas (Figura 32) se llega tomando la vía Paipa – Toca hasta el sitio denominado El Cruce, de allí se toma una vía al E-SE que conduce hacia la vereda La Hacienda; el último trayecto se realiza de a pie. Luego de una larga búsqueda no se encontró el rezumadero R15.

1.2.2.3.1.16. Rezumadero 16 (R16)

El acceso al área (Figura 32) se efectuó tomando la vía Paipa – Toca hasta el sitio denominado El Cruce, de allí se tomó una vía al NW que conduce hacia la vereda La Peña (unos 2 kilómetros), el último trayecto se realizó de a pie, donde no fue posible hallar el rezumadero R16.



Figura 39. Estación: JM259. Foto: FJM259. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 196°. Descripción: Rocas de la Formación Arenisca de Socha que afloran en el sitio de las coordenadas del rezumadero R 13. En esta ubicación no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Arenisca de Socha (E_{1as}). Coordenadas: N= 1121939, E= 1127249. origen Bogotá.



Figura 40. Estación: JM260. Foto: FJM260A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 186°. Descripción: Rocas de la Formación Arenisca de Socha que afloran en cercanías el sitio de las coordenadas del rezumadero R 13. En esta ubicación no existen evidencias de hidrocarburo ni de rocas impregnadas. Unidad: Formación Arenisca de Socha (E_{1as}). Coordenadas: N= 1121992, E=1127262, origen Bogotá.

1.2.2.3.2. Rezumaderos Nuevos

A continuación se hace una breve descripción de las nuevas localidades donde fueron colectadas muestras de hidrocarburo.

1.2.2.3.2.1. Rezumadero El Infierno

Se encuentra en la localidad denominada por los pobladores como el Infierno (Figura 41), al occidente de la población de Betétiva. Corresponde a rezumadero sobre la Formación Picacho donde se puede coleccionar fluido y roca impregnada (Figura 42).

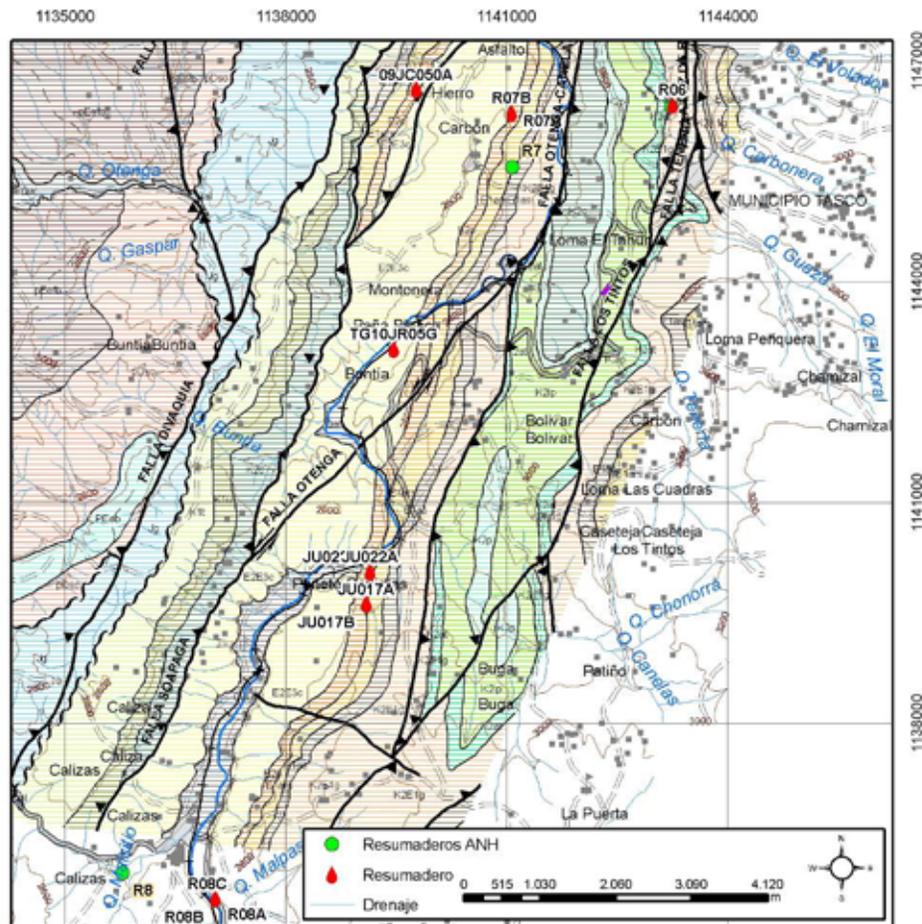


Figura 41. Localización Rezumaderos El Infierno, Puente Cajones Peña Blanca y vía Corrales – Tasco. Datum Bogotá

1.2.2.3.2.2. Rezumadero Puente Cajones

Localizado en la localidad de Puente Cajones, al NNE de la población de Corrales, sobre la vía férrea entre Paz de Río y Corrales (Figura 41); para acceder a él se puede hacer de dos maneras: la primera es tomar el carretable que une a Corrales con la vereda Buenavista, tomando posteriormente un desvío derecho aproximadamente 2 Km. al norte y recorrer otro kilómetro para

posteriormente a pie tomar un sendero por unos 200 m hasta el puente sobre el río Chicamocha. El otro acceso es tomar la vía Corrales – Tasco y unos 500 m al sur de la quebrada Canelas se toma un sendero por aproximadamente 200 m que desciende hasta la vía férrea, tomando esta y después de recorrer 800 m al SW se llega a la localidad.

Corresponde a un afloramiento de la Formación Picacho, compuesta por arenitas y arenitas conglomeráticas donde se puede obtener muestras de roca impregnada y algunas gotas de hidrocarburo puro solidificadas sobre la superficie (Figura 43).



Figura 42. Estación: 09JC050, Foto: 09JC050A, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 245°. Descripción: Fotografía mostrando el rezumadero localizado en la Formación Picacho en el sitio denominado El Infierno, al W de Betétiva. espesor del rezumadero (4 m.). Unidad: Formación Picacho. Muestras de fluido e impregnación de roca: 09JC050. Coordenadas: N= 1146615.97, E= 1139778.55, origen Bogotá.



Figura 43. Estación: JU022. Foto: JU022A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 290°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho con impregnación y rezumadero inactivo de hidrocarburo. Muestras de fluido e impregnación: JU-022B - JU-022A. Localidad Puente Cajones. Coordenadas: N= 1.140.058, E= 1.139.150, origen Bogotá.

1.2.2.3.2.3. Rezumadero Alto Culatas

Localizado fuera del área del bloque, aproximadamente 2.5 Km. al sur de la población de Corrales, para acceder allí se parte de esta población en dirección sur tomando un carreteable que conduce a una cantera abandonada que se encuentra en las partes medias del cerro Culatas, posteriormente desde la terminación de la vía se toma un sendero por aproximadamente 600 m en dirección sur y en constante ascenso hasta la cumbre del cerro donde se encuentra el rezumadero (Figura 30).

Corresponde a un afloramiento de arenitas y arenitas conglomeráticas de la Formación Picacho donde se pueden coleccionar muestras de roca impregnada y fluido solidificado y semisolidificado en superficie (Figura 44).



Figura 44. Estación: JU266. Foto: JU266A. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 190°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho con impregnación y rezumadero de hidrocarburo. Muestras de fluido e impregnación de roca: JU266A - JU266. Localidad de Cerro Culatas. Coordenadas: N= 1.133.554, E= 1.136.371, origen Bogotá.

1.2.2.3.2.4. Rezumadero Via Corrales - Tasco

Corresponde a una impregnación de roca de arenitas pertenecientes a la Formación Picacho (Figura 41), para acceder a él se parte de la población de Corrales tomando la vía que conduce al municipio de Tasco y aproximadamente 3.5 Km al NE y siguiendo este carreteable se llega al rezumadero (Figura 45).

1.2.2.3.2.5. Rezumadero Peña Blanca

Corresponde a impregnación de roca (Figura 41), para acceder a la localidad se toma la vía que conduce de la población de Corrales a Tasco y la altura de la localidad conocida como Peña Blanca se desciende aproximadamente 200 m por un sendero hasta la vía férrea Paz de Río – Corrales donde se encuentra la impregnación (Figura 46).



Figura 45. Estación: JU017. Foto: JU017A-C. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JU. Azimut: 200°. Descripción: Afloramiento de la Formación Picacho en la carretera Corrales – Tasco donde se presenta impregnación de hidrocarburo de las arenitas que la componen. Muestras de impregnación de roca: JU017A y JU017B. Coordenadas: N= 1.139.623, E= 1.139.097, origen Bogotá.



Figura 46. Estación: JR018. Foto: JR27. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 295°. Descripción: Impregnación de hidrocarburo en arenitas de grano grueso del techo de la Formación Picacho; estratificación no clara. Muestra de roca impregnada: TG10JR05G. Coordenadas: N= 1143093, E= 1139469, origen Bogotá.

1.2.2.3.2.6. Rezumadero Colacote – Carichama

Corresponde a una impregnación de roca (JM053) (Figura 47) perteneciente a la Formación Picacho. Se encuentra en la localidad de Colacote, nombre dado por la quebrada homónima que recorre el área; para acceder al rezumadero se toma la vía que conduce de la población de Paz de Río a la mina El Uvo y posteriormente de allí el carreteable que conduce a la escuela de Colacote, a un kilómetro al E de esta localidad por el sendero que conduce de nuevo a Paz de Río se encuentra el afloramiento (Figura 23).

1.2.2.3.2.7. Rezumadero Villa Franca

Localidad muy cercana al rotulado como R4, corresponde a una impregnación de arenitas de la Formación Picacho (Figura 25); para acceder a ella se parte del caserío de Villa Franca hacia el NW por el carretable que lo une con Belén después de recorrer un kilómetro se toma un sendero que conduce a la quebrada las Flores por aproximadamente 200 m hasta la localidad.

La muestra corresponde a la estación JU062, y la fotografía al afloramiento de la formación con la impregnación se hizo desde la estación JU064 (Figura 48)



Figura 47. Estación: JM053. Foto: FJM053. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 122°. Descripción: Impregnación de petróleo en arenitas de grano medio de la Formación Picacho. Muestra de impregnación de roca: JM053. Localidad de Colacote. Coordenadas: N= 1.153.070, E= 1.144.402, origen Bogotá.

1.2.2.3.2.8. Rezumadero Quebrada Chicuzá

Para acceder al afloramiento se toma el carretable que conduce de la vereda Villa Franca a Paz de Río, en el cruce de esta con la quebrada Tuaté se toma un sendero por aproximadamente 500 m. al occidente hasta la localidad (Figura 23).Corresponde a impregnación de roca (Figura 49) presente en el contacto entre las formaciones Picacho y Concentración.



Figura 48. Estación: JU064. Foto: JU064A-C. Tipo: Panorámica. Carpeta: JU. Azimut: 040°. Descripción: Vista panorámica de la Formación Picacho, donde las arenitas que la componen se encuentran impregnadas (Villa Franca). Muestra de impregnación de roca: JU062. Coordenadas: N= 1.149.948, E= 1.141.558, origen Bogotá.



Figura 49. Estación: NT050. Foto 5. Tipo: Afloramiento. Carpeta: NT. Azimut: 300°. Descripción: Cuarzoarenita impregnada de asfalto. Pertenece a un banco de unos 15 m de espesor hacia la base de la Formación Concentración o techo de Picacho. Unidad: Formación Picacho. Muestra de impregnación de roca: QCNT11. Coordenadas: N= 1.150.718, E= 1.142.748, origen Bogotá.



Libertad y Orden



1.2.2.3.2.9. Rezumadero Puente Rochino

Se localiza 250 m al sur de la quebrada Colacote, cerca de la localidad de Puerta del Rochico (Figura 23); muestra de arenita impregnada de hidrocarburo de la Formación Picacho: TG8AB076. Estación: TG8. Coordenadas: N= 1.152.318, E= 1.142.654, Datum Bogotá. Sin fotografía.

1.2.3. Fase Final de Oficina

Esta fase corresponde a las actividades posteriores y secuenciales a las anteriores fases, en ella se incluye la elaboración del informe de integración e interpretación de toda la información adquirida en la comprobación de campo, con lo cual se podrá obtener mapas temáticos, secciones estructurales, columnas y correlaciones estratigráficas editadas, poligonales y el informe geológico final.

Todas las labores realizadas en este ítem conllevan la digitalización y edición según corresponda, siguiendo los parámetros estipulados tendientes a la entrega total de los productos exigidos.



2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias afloran en el área de estudio. Las primeras forman parte del núcleo central de Macizo de Floresta y constituyen las rocas más antiguas de la zona. Cuerpos de extensión importante y algunos Stocks de rocas ígneas intrusivas se localizan dentro del mismo Macizo. Rocas sedimentarias, cuyas edades oscilan entre el Paleozoico y el Cenozoico, forman parte del Macizo, siendo las más antiguas de edades Paleozoico – Triásicas y Jurásicas, o conforman las rocas que lo enmarcan tanto por el occidente como por el oriente. Estas últimas, son rocas del Cretácico y Terciario las cuales constituyen el objetivo primordial del presente trabajo.

En el estudio se utilizó la nomenclatura estratigráfica de la Plancha 172 Paz de Río INGEOMINAS (1998) cuya memoria explicativa, última versión, tiene fecha de septiembre de 2001. Para la descripción de las unidades estratigráficas, las rocas aflorantes se dividieron en dos grupos característicos del Macizo de Floresta; uno representado por rocas metamórficas, ígneas intrusivas y sedimentarias pre-cretácicas y el otro, por las rocas cretácico-terciarias que circundan el Macizo.

La descripción de las rocas del primer grupo se hizo con base en la información recogida en las trasectas cartográficas y estructurales realizadas en los trabajos de campo, complementada con información secundaria (Anexo 3 – Mapa de Estaciones). Para las del segundo grupo, rocas del Cretácico y del Terciario, su definición se hizo básicamente utilizando levantamientos de secciones litoestratigráficas detalladas, (Anexo 5), exceptuando la base del Cretácico (Formación Tibasosa) y el techo del Terciario (Formación Concentración), para cuya descripción se emplearon, tanto los datos recolectados en las trasectas programadas, como los provenientes de las trasectas complementarias definidas durante la ejecución de los trabajos de campo. La caracterización de las diferentes unidades se hace de acuerdo con el tipo de roca, de más antiguas a más recientes.

En la Figura 50 se muestra la columna estratigráfica generalizada del área de trabajo. Esta columna se sintetizó con los datos obtenidos en la descripción de las 10 columnas estratigráficas (Formación Une hasta Formación Picacho) y con el Informe de la Plancha 172 Paz de Río, tomando los espesores medidos en campo y los aproximados de las formaciones Cretácicas y Terciarias reportadas en el sector de Corrales – Paz de Río ya que en el informe referido aparecen varios datos sobre dichas formaciones especialmente los tomados en el sector de Sogamoso; además las rocas metamórficas de edad Precámbrico y sedimentarias del Paleozoico a Triásico-Jurásico.

2.2. ROCAS METAMÓRFICAS

Los trabajos de campo permitieron diferenciar dos unidades de metamorfismo regional: Filitas y Esquistos de Busbanzá y Neis de Buntia, y una de metamorfismo dinámico constituida por rocas ígneas brechadas y algunos metasedimentos a la cual se le ha dado el nombre de Cataclastitas de Soapaga. La descripción de estas unidades, en razón de las características del estudio se hace de manera sucinta y está basada en la litología descrita en las estaciones de campo durante la realización de las trasectas geológicas y estructurales, además, complementándola con la información de campo capturada en los puntos de control o complementarios.

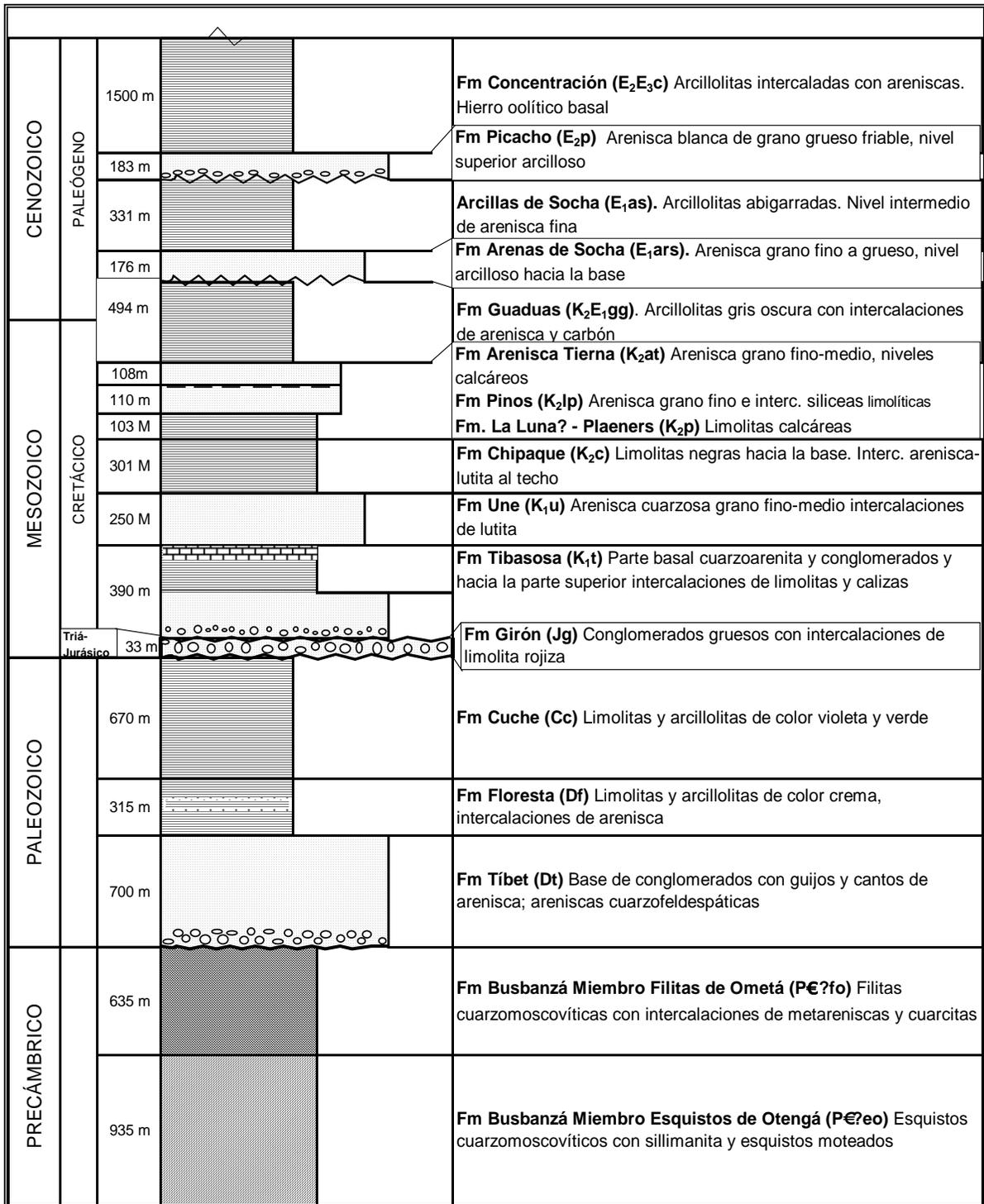


Figura 50. Columna Estratigráfica Generalizada del Área



2.2.1. Neis de Buntia (P€ob)

Se presenta como una faja alargada de dirección noreste (N 50° E), con una longitud de un poco más de 3 Km. y un ancho máximo de 500 m, siguiendo el curso medio de la quebrada Buntia, afluente del Río Chicamocha, por la margen izquierda, sobre el borde oriental del Macizo de Floresta.

El cuerpo de esta unidad se delimitó fotogeológicamente y aparece casi completamente rodeado por las rocas intrusivas del Stock de Otengá Su borde noroeste sigue el curso medio de la quebrada Buntia y el sureste, parcialmente, el de la Quebrada Cusagota y el del Zanjón Barranca, a lo largo del cual, el neis queda en contacto con la falla de Soapaga, en un trayecto de unos 600 m. Según Sotelo (1997), quien propone el nombre de la unidad, ésta corresponde a un xenolito de ortoneis cuarzo fel despático horbléndico, el cual, microscópicamente, tiene apariencia de una migmatita que muestra un paleosoma gris verdoso de anfibolitas y un leucosoma granítico de tonos rosados.

Al Stock de Buntia se le asigna una edad Precámbrica y constituye una de las rocas más antiguas del área. Son correlacionables con los ortoneises del Macizo de Santander.

2.2.2. Filitas y Esquistos de Busbanzá (P€efb)

Estas rocas constituyen el núcleo del Macizo de Floresta y afloran en una faja ancha y alargada que se extiende desde el sector de Busbanzá – Floresta, en la parte meridional del área de trabajo, hasta unos 5 km. al noreste de la Inspección de Policía de Otengá, con una longitud total de unos 14 km. dentro del área de trabajo. En la parte sur, la faja alcanza un ancho de unos 5 km. En el sector de Otengá tiene un ancho de 2.5 km. y más al noreste desaparece cubierta por las rocas sedimentarias del Macizo de Floresta, formaciones Tíbet y Floresta.

La unidad está constituida, en forma general, por esquistos sericíticos-cloríticos, superpuestos por filitas, metaconglomerados y metaarenitas en las cuales se observa la estratificación de origen. En trabajos efectuados inicialmente por Botero (1950) y posteriormente por Cediél (1969), estas rocas se denominaron como Basamento Cristalino. Ya recientemente, Jiménez (2000) emplea el nombre de Formación Filitas y Esquistos de Busbanzá para la misma secuencia metamórfica, y la subdivide en dos miembros: el inferior denominado Esquistos de Otengá y el superior, Filitas de Ometá. El Miembro Esquistos de Otengá está constituido en la parte inferior por esquistos micáceos con intercalaciones de metaconglomerados de poco espesor; la parte media por filitas y cuarcitas delgadas y la parte superior por filitas micáceas. El Miembro Filitas de Ometá, expuesto en la carretera Floresta – Busbanzá y en la Quebrada Ometá (dentro del área de estudio), está formado, en la base por filitas cordieríticas intercaladas con cuarcitas y filitas sin cordierita; hacia el techo por paquetes muy gruesos de filitas con porfiroblastos anhedrales de cordierita, en bandas que en parte le dan a la roca un aspecto néisico. (INGEOMINAS, 2001). Esta última apariencia de las filitas pudo motivar a Cediél (1969) a indicar la presencia de neises dentro del grupo metamórfico del Macizo de Floresta.

En las trasectas geológicas y estructurales programadas en ese trabajo, para el control de campo, se describen muy parcialmente estas rocas y en consecuencia no se divide la formación en los dos miembros propuestos por Jiménez (2000). Solo se presenta el metamórfico como una sola unidad, cubierta hacia el suroeste y noroeste por rocas Paleozoicas sedimentarias del Macizo (formaciones Tíbet y Floresta) e instruidas, en el sector medio oriental por el Stock de Chuscales, y en casi todo

su borde este, por el Stock de Otengá. En la parte más sur oriental la faja aparece en contacto aparentemente fallado con la Formación Girón.

En la trasecta cartográfica No 12, programada al sur del área, al norte de Busbanzá se observaron: esquistos cuarzofeldespáticos de apariencia néisica con abundantes filones de cuarzo (Estación NT07); metaareniscas cuarzosas en las cuales se aprecia la estratificación original (Estación NT06), y una roca intrusiva granítica con cuarzo, abundantes feldespatos, un máfico y mica moscovita, en proporciones menores, formando un cuerpo de unos 4 m de ancho por más de 15 m de largo, intruyendo filitas, (Estación NT05).

Un poco más al norte de esta trasecta, en una segunda trasecta de control estratigráfico, entre la escuela Cusagota y el sur de la escuela Ometá, se obtuvo una secuencia de rocas con alta similitud composicional, entre ellas se diferenciaron los siguientes sectores conformados por: filitas micáceas con cordierita, andalucita y sillimanita, de color gris medio, de aspecto sedoso, (Estación JM 221); filitas micáceas con cordierita, venas de cuarzo y plagioclasa, y en sectores metaarenitas, muy alteradas con colores amarillo naranja, (Estación JM222), (Figura 51); filitas con cordierita, muy alteradas, minerales arcillosos, color ladrillo, (Estación JM223); filitas con cordierita, muy alteradas, color gris violeta a rojizo, (Estación JM224); filitas con cordierita, venas de cuarzo, color grisáceo, rojizo por alteración, (Estación JM225); filitas, se observa sillimanita y andalucita, capas de metaarenitas, (Estación JM226); filitas micáceas, con cordierita, color gris claro, venas de cuarzo, (Estación JM227); esquistos micáceos, venas de cuarzo, color gris azulado, (Estación JM228); filitas muy alteradas, dan un suelo rojizo anaranjado, (Estación JM229); filitas muy alteradas dan un suelo rojizo en el cual se observaron fragmentos de arcillolitas seguramente pertenecientes a la Formación Floresta, lo cual indica que el contacto con esta formación está muy próximo (Estación JM230).



Figura 51. Estación: JM222. Foto: FJM222. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 260°. Descripción: Filitas micáceas con cordierita, de color gris y lila. Unidad: Esquistos y Filitas de Busbanzá (PCefb). Coordenadas: N= 1.139.484, E= 1.132.327, origen Bogotá.

Más al norte y hacia el occidente de la escuela Buntia, sobre una trasecta de control estructural también se observaron rocas con alta similitud composicional, tales como: filitas micáceas, alteradas, color amarillo crema, estación JM001 (Figura 52); filitas micáceas, metalimolitas y metaarenitas (Estación JM002); roca granítica con cuarzo, plagioclasa, máficos < 10%, intruyendo rocas metamórficas, formando un apófisis, perteneciente muy posiblemente al Stock de Otengá,

(Estación JM003); filitas, metalimolitas y metaarenitas de tonos grisáceos, amarillo-rojizos por alteración, (Estación JM004); metaarenitas y filitas color gris verdoso (Estación JM005); filitas, metaarenitas y metalimolitas de color grisáceo, (Estación JM006); metalimolitas, metaarenitas y filitas con cordierita, de tonos grises, rojizos por alteración, (Estación JM007); filitas micáceas, metaarenitas y metalimolitas muy alteradas dando tonalidades rojizas (Estación JM008); filitas alteradas con mica, clorita, plagioclasa, lentes y láminas de cuarcitas, cuarzo lechoso paralelo a la foliación y en ocasiones rellenando diaclasas, (Estación JM009); filitas con moscovita, cordierita y andalucita (Estación JM010); filitas con cordierita, sillimanita; metalimolitas; venas de cuarzo lechoso rellenando fracturas, (Estación JM011).



Figura 52. Estación: JM001. Foto: FJM001. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 360°. Descripción: Filitas micáceas color crema a amarillo, muy fracturadas y meteorizadas. Unidad: Esquistos y filitas de Busbanzá (PCefb). Coordenadas: N= 1.142.391, E= 1.133.697, origen Bogotá.

Sobre la vía que lleva a la Inspección de Policía de Otengá, en una nueva trasecta geológico-estratigráfica (trasecta 10 Geológica), situada un poco más al norte de la trasecta estructural anteriormente descrita, se encuentran las siguientes estaciones que muestran: esquistos micáceos con moscovita, color gris claro (Estación AB007); esquistos con cuarzo, moscovita y minerales oscuros, muy meteorizada, de color gris claro, (Estación AB008); esquistos micáceos con cuarzo, alto contenido de moscovita y minerales oscuros, de color gris verdoso (Estación AB009); metasedimentaria con cuarzo y matriz arcillosa, fracturada y con meteorización alta (Estación AB011). En la Figura 53, se observa una panorámica general del área de Otengá.

Finalmente sobre las cuencas de las quebradas Soiquía y Chamizal, afluentes de la Quebrada Otengá, situadas al norte de la Inspección de Policía de Otengá, se observaron esquistos micáceos, sericíticos, de color amarillo naranja, por alteración (Estación JC220); esquistos micáceos (Estación JC221) y esquistos micáceos alterados (Estaciones JC222 a JC234).

Las descripciones anteriores (un tanto detalladas) hechas sobre trasectas geológicas (cartográficas), estructurales y de complementación, espaciadas desde centenares de metros a algunos kilómetros entre ellas, comúnmente corresponden a afloramientos de filitas, filitas con cordierita y en menor proporción esquistos micáceos, metaarenitas y metalimolitas, sugieren que la separación en dos miembros propuesta por Jiménez (2000), aún con la cantidad de observaciones realizadas, no es posible reconocerla con claridad. Por otra parte dicha separación, tampoco fue posible definirla con

claridad en la interpretación fotogeológica, por lo cual en el mapa Geológico final, se presentan las metamorfitas del Macizo de Floresta, como una sola unidad.

Según INGEOMINAS, (2001), la paragénesis y la esquistosidad indican que las rocas del Miembro Ometá fueron sometidas a un metamorfismo regional, facies esquistos verdes; la presencia de cristales de cordierita y andalucita (identificados en las trasectas de este trabajo), sobrepuestos a la esquistosidad de las filitas y esquistos de los dos miembros, indican que la intrusión del Stock de Otengá causó un efecto térmico en las rocas de los miembros Esquistos de Ometá y en las Filitas de Otengá.



Figura 53. Estación: JM004. Foto: FJM004. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 150° a 206°. Descripción: Rocas graníticas del Stock de Otengá en contacto intrusivo con rocas de los Esquistos y filitas de Busbanzá y en contacto fallado, (Falla Divaquía) con rocas de la Formación Girón. Unidad: Esquistos y filitas de Busbanzá (PCEfb), Unidad: Stock de Otengá (PDso) y Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.142.429, E= 1.134.043, origen Bogotá.

En cuanto hace relación a la edad de los Esquistos y Filitas de Busbanzá, para INGEOMINAS (2001), es Mesoproterozoico, periodo durante el cual se depositaron cuarzoarenitas feldespáticas, limolitas y conglomerados que constituyeron el protolito sedimentario, el cual posteriormente, durante el Neoproterozoico o Cámbrico, fue sometido a un metamorfismo regional de bajo a medio grado, facies esquistos verdes.

Las Filitas y Esquistos de Busbanzá se correlacionan con la Formación Silgará del Macizo de Santander y con cuerpos de filitas y metaareniscas aflorantes en la región de Chitagá dentro del mismo Macizo de Santander, sobre su borde oriental.

2.2.3. Formación Cataclastitas de Soapaga (D?cs)

Es un cuerpo en forma de media luna con una longitud máxima de 5 Km. y un ancho de 1.2 km. el cual se presenta muy cerca del caserío conocido como Concentración al noroeste del Municipio de Paz de Río y está cortado, hacia su parte meridional, por la carretera Belén – Paz de Río. Geológicamente la formación está limitada al este por la Falla de Soapaga que la pone en contacto con las rocas sedimentarias del Terciario superior, pertenecientes a la Formación Concentración y su límite noroccidental, igualmente fallado, es contra rocas de la Formación Girón.



Figura 54. Estación NT061. Foto 12. Tipo: Afloramiento. Carpeta NT. Azimut 340°. Descripción: Roca cizallada y fracturada, tipo brechoso. Unidad: Cataclastitas de Soapaga (D?cs). Coordenadas: N= 1.157.981, E= 1.144.833, origen Bogotá.

INGEOMINAS (2001), indica que la formación está constituida por granitos brechados, de tonos verdes, en sectores se observa textura neísica, cataclástica, brechoide y milonítica. Sobre la vía Paz de Río – Belén, a 1 Km. del Caserío de Concentración en la dirección indicada, se observa la Falla de Soapaga y en una cantera activa se presenta la roca muy fracturada y brechada con tonalidades verdosas y grises.

En la descripción de trasectas de control, de este trabajo, se observó una roca de grano muy grueso, con cuarzo, feldespato rosado, con granos cizallados y orientados, (Estación NT61, Figura 54, muestra NT 14) y un poco más adelante, esquistos verdes, cuarzosos reposando sobre la roca granítica anteriormente descrita (Estación NT62, Figura 55). El contacto con la Formación Girón no muestra indicios de intrusión observándose la roca ígnea brechada sobre las litoarenitas pertenecientes a esta unidad como se puede apreciar en las estaciones JU157 y NT63 (Figuras 56 y 57).

Según INGEOMINAS, (2001) la edad de la formación es incierta y solo se indica que sufrió metamorfismo dinámico antes del Jurásico.



Figura 55. Estación NT062. Foto: 13. Tipo: Afloramiento. Carpeta NT. Azimut: 360°. Descripción: Esquistos verdosos dentro de la roca brechada (en la parte baja de la foto). Unidad: Cataclastitas de Soapaga (D?cs). Coordenadas: N= 1.157.671, E= 1.144.308, origen Bogotá.





Figura 56. Estación JU157. Foto: JU157A, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 165°. Descripción: Relación fallada entre rocas de las Formaciones Girón (Jg) y Cataclastitas de Soapaga (D?cs). Carretera Belén – Paz de Río en la localidad Puente Negro. Coordenadas: N= 1.157.829, E= 1.143.831, origen Bogotá.



Figura 57. Estación: NT063 Foto 14. Tipo: Afloramiento, Azimut: 210°, Carpeta: NT. Descripción: Contacto Girón, en la parte baja de la foto, (color violeta), con las Cataclastitas de Soapaga superpuestas al Girón. Unidad: Cataclastitas de Soapaga. (D?cs). Coordenadas: N= 1.157.830, E= 1.143.855, origen Bogotá.

2.3. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

Tres cuerpos importantes se distinguen el área, la Cuarzomonzonita de Santa Rosita localizada en la parte noroccidental y en el borde occidental del Macizo de Floresta del área de trabajo; el Stock de



Otengá que aflora al oriente de la Inspección de Policía homónima y el de menor extensión, el Stock de Chuscales, el cual aparece al occidente de Otengá sobre la parte alta de las cuencas de las quebradas Aguachica y Los Puentes. Los dos últimos cuerpos ígneos se sitúan sobre la parte oriental del Macizo de Floresta.

2.3.1. Cuarzomonzonita de Santa Rosita (O?cs)

Tiene una forma alargada con orientación noreste y se extiende, en el área de trabajo, desde el sur del Municipio de Belén hasta la parte más septentrional del Páramo de la Rusia con una longitud de unos 19 km. y un ancho máximo de 4 km. sobre la Quebrada El Tuaté al sur del Municipio de Tutasá. En su borde noroccidental la Cuarzomonzonita está cubierta por las rocas Cretácicas de la Formación Tibasosa la cual reposa discordantemente sobre ella. El borde suroriental se presenta al norte de Belén y según el presente estudio, está fallado contra las rocas sedimentarias de la Formación Tíbet; al sur de Belén, en el Cerro Morro Cabezón, aparece cubierta discordantemente por la Formación Tíbet.

Su composición, como su nombre lo indica, es cuarzomonzonítica la cual presenta variaciones a granito y granodiorita, (INGEOMINAS 2001). En las trasectas de control, se reconocen numerosas estaciones al sur del Municipio de Tutasá, donde la roca se presenta muy alterada. En las estaciones JM 155 a JM 167 se hizo alguna proporción de los minerales de la roca mostrando variaciones en los porcentajes de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y mica que indican una roca de composición variando entre cuarzomonzonita y granito insistiendo en el hecho de que la roca está muy alterada (Figura 58) en todo el trayecto cubierto por las trasectas. Al norte de Tutasá, en el ascenso hacia el Páramo de La Rusia, ocurre lo mismo y las estaciones de campo JU179 a JU185 indican únicamente afloramientos de suelos rojizos.

La edad de la Cuarzomonzonita se considera de 471 ± 7 Ma (Ordovícico), con base a análisis isotópicos sobre muestras tomadas en el río Pargua, dentro de la zona de estudio. Ulloa y Arias (INGEOMINAS 2001), de acuerdo con dos muestras analizadas un poco al norte de la zona de estudio, consideran que la cuarzomonzonita tiene una posible edad que varía entre el Ordovícico temprano y el Devónico medio. La unidad se correlaciona con el Ortoneis de Santander en las proximidades de Bucaramanga y se considera que la parte oriental del Macizo de Floresta es coetánea con los Stocks de Chuscales y de Otengá.

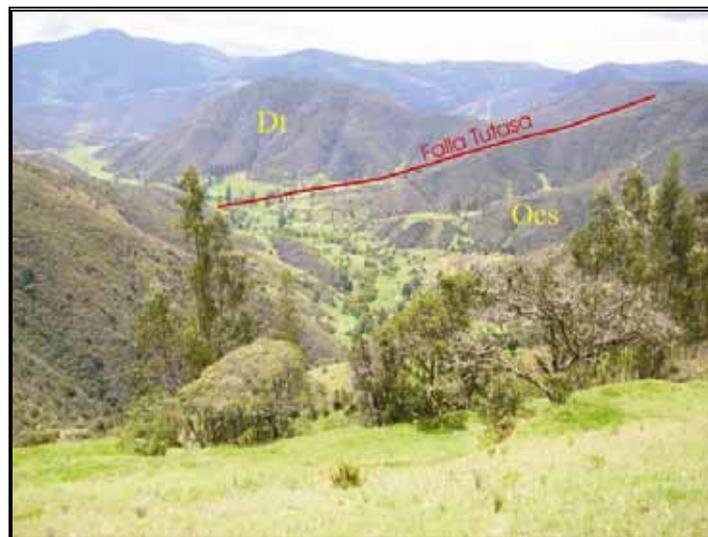


Figura 58. Estación: JM157. Foto: FJM157. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 130°. Descripción: Expresión morfológica, en cercanías de la vereda Tuaté Bajo, de rocas de la Formación Tíbet en contacto fallado (Falla de Tutasá) con rocas intrusivas de la Cuarzomonzonita de Santa Rosita. Unidad: Formación Tíbet (Dt) y Cuarzomonzonita de Santa Rosita (Ocs). Coordenadas: N= 1.158.072, E= 1.132.856, origen Bogotá.

2.3.2. Stock de Chuscales (pDsch)

Es un cuerpo pequeño localizado en la parte alta de la cuenca de las quebradas Las Puentes y Aguachica, al occidente de la Inspección de Policía de Otengá. Presenta una orientación noreste y tiene una longitud de 6.5 km. en esta dirección y un ancho máximo de 2.1 Km. a lo largo del curso alto de la Quebrada Los Puentes. En todo su borde occidental el Stock está cubierto por rocas Devónicas de la Formación Tíbet y su límite oriental se presenta como un contacto intrusivo con los Esquistos y Filitas de Otengá.

Según INGEOMINAS (2001) el Stock tienen una composición granítica en concordancia con los porcentajes de cuarzo, ortoclasa y plagioclasa obtenidos en el análisis de dos muestras. En la



trasecta de control Otengá – Belén, se muestra una roca muy alterada con cuarzo, plagioclasa y feldespato y en sectores se observó algo de textura porfirítica, sin que se pudieran tomar muestras (Estaciones AB193 a AB196).

La edad del Stock se considera en concordancia con una determinación radiométrica convencional (INGEOMINAS 2001), de 471±22 Ma, es decir Ordovícica.

Es importante señalar que en el trabajo de INGEOMINAS (2001), se hace relación a un pequeño cuerpo intrusivo dentro del Stock, (Intrusivo de Aguachica) de composición muy parecida al de éste, pero de edad Triásica-Jurásica, por la presencia de xenolitos posiblemente provenientes de la Formación Tíbet., cuerpo que no se ha diferenciado en este trabajo quedando incluido dentro del Stock a que se viene haciendo referencia.

2.3.3. Stock de Otengá (pDso)

Se observa en afloramientos importantes al oriente de la Inspección de Policía de Otengá sobre la vía a dicha Inspección. El Stock se prolonga hacia el sur hasta la Escuela Cusagota con una extensión de 6.6 km. y ancho máximo de 1.8 km. en la quebrada Montenegro; y hacia el norte hasta las cabeceras de la quebrada Piedrancha, afluente del río Minas, con una longitud de unos 8.6 Km., y un ancho máximo de 1.8 Km., formando así una franja alargada e irregular de orientación muy próxima a la N-S y longitud total de 15.2 km. El Stock intruye los Esquistos y Filitas de Otengá a lo largo de su límite occidental y sur y por el oriente está en contacto con la Formación Girón en sectores claramente fallados (Escuela Buntia) y en otros cubierto discordantemente por las sedimentitas de esta formación.

La composición del Stock varía desde cuarzosienita, a granito y granodiorita, con color blanco verdoso a gris y rosado en estado fresco y genera suelos rojizos por alteración. Texturalmente es fanerítica, hipidiomórfica y en sectores es porfirítica (INGEOMINAS, 2001). En trasectas de control realizadas durante los trabajos de campo se obtuvieron los siguientes datos: en la trasecta estructural 11, por la escuela Buntia, se describieron 7 estaciones (Estaciones JM012 a JM018), en las cuales la roca encontrada fue, con alguna excepción, una roca granítica (Figura 59), con porcentajes de cuarzo entre 60 y 65%, plagioclasa entre 30 y 37% en algún afloramiento se observó feldespato potásico 8% y máficos menores de 5%. En una estación (Estación JM015) la roca mostró apariencia de un neis que podría corresponder a xenolitos del Neis de Buntia más o menos próximo a la trasecta que se describe. En la estación JM018, se observó cataclasis en la roca y alguna orientación de sus componentes; esta estación está próxima al contacto con la Formación Girón que en este sector puede ser fallado. En forma general la roca está muy alterada con colores crema amarillentos, en partes blancuzcos, o rojizo amarillentos.



Figura 59. Estación: JM016. Foto: FJM016B. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 180°. Descripción: Trazo de la Falla Divaquiá, en el sector de la quebrada Buntia, donde pone en contacto rocas del Stock de Otengá y del Neis de Buntia con la Formación Girón a su vez en contacto discordante con la secuencia Cretácica que corresponde a las formaciones Tibasosa, Une y Chipaque. Unidad: Stock de Otengá (PDso) Neis de Buntia (PCob), formaciones Girón (Jg), Tibasosa (K_t), Une (K₁U y Chipaque (K₂c). Coordenadas: N= 1.142.797, E= 1.136.585, origen Bogotá.

En la trasecta geológica 10 por la Quebrada Otengá, se describen 4 estaciones (Estación AB012 a AB015) en las cuales se señalan rocas graníticas de grano grueso con cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y se destaca la presencia de textura porfirítica (Figura 60). Hacia la parte norte del Stock, en una trasecta de control geológico – estratigráfico sobre la parte alta de la Q. El Tuaté, en 7 estaciones de control se describe una roca granítica, siempre muy alterada con porcentajes de cuarzo entre 60 y 65%, (Estación JM205), plagioclasa entre el 15 y el 30%, presencia de feldespato potásico hasta el 15% (Estación JM202) y mica casi siempre inferior al 5%. En contraposición, hacia el sur (Sector de Buntia) cabe destacar la no presencia de feldespato potásico o su escasa proporción.

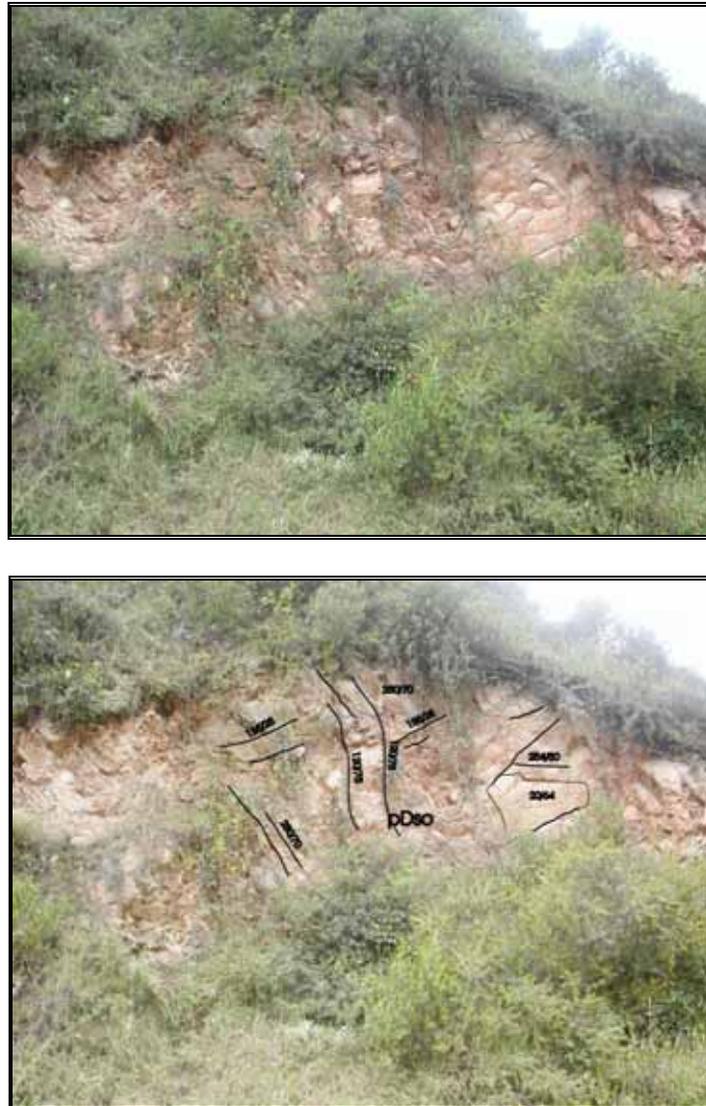


Figura 60. Estación: AB-013, Foto: AB-013. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 220°. Descripción: Intrusivo grano diorítico de Otengá (pDso), Roca porfirítica con cristales muy alterados por meteorización. Coordenadas: N= 1.145.238, E= 1.136.102, origen Bogotá.

2.4. ROCAS SEDIMENTARIAS

Para la descripción de estas rocas se consideran dos grupos. El primero está constituido por las formaciones ligadas al Macizo de Floresta, de edades que van desde el Paleozoico (Devónico) hasta el Mesozoico Inferior (Triásico – Jurásico) y que involucra las formaciones Tíbet, Floresta y Cuche del propio Macizo de Floresta y las formaciones La Rusia y Girón que circundan dicho macizo. El segundo grupo estaría conformado por las rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario que afloran en los bordes occidental y oriental del Macizo dentro del área de trabajo. Para estas últimas formaciones se empleará la nomenclatura utilizada por INGEOMINAS en la Plancha 172 de Paz de Río que cubre casi en su totalidad el área del presente trabajo.



Las descripciones del primer grupo, se harán con base en información secundaria con el apoyo de las estaciones de campo descritas a lo largo de las trasectas realizadas en la fase de campo y el mapa geológico resultante (Anexos 3 y 4) y de algunas otras realizadas como complementación de la información de campo. Es claro que estas descripciones serán sucintas y en general aportarán datos muy puntuales como confirmación de la extensión de las unidades cartografiadas en trabajos anteriores. No obstante lo anterior hay algunos cambios que pueden considerarse menores en la misma extensión de algunas de las formaciones específicamente en la Formación Floresta y de algunas estructuras, cambios efectuados con base a los trabajos de fotogeología y a los datos de campo obtenidos en las trasectas de control.

Para el segundo grupo se siguieron los parámetros de los términos de referencia del contrato. Se realizó el levantamiento de secciones litoestratigráficas detalladas a escala 1:200 (Anexo 5), de las unidades que componen la secuencia Cretácica y Terciaria al oriente del Macizo de Floresta, exceptuando las formaciones Tibasosa en la base del Cretácico y Concentración en el tope del Terciario.

2.4.1. Formación Tíbet (Dt)

El término fue creado por Cediel (1969) con la categoría de Miembro, en el Macizo de Floresta, posteriormente se utilizó con la misma categoría al norte del área dentro del Cuadrángulo I-13, (Vargas *et al.* (1981) y finalmente Mojica & Villarroel (1984) le dan la categoría de formación en un trabajo sobre el Macizo de Floresta.

La formación aflora en dos franjas. La más occidental atraviesa casi en su totalidad el área de trabajo. Se extiende desde las cercanías de la escuela Tocavita, al noroccidente del Municipio de Floresta, en el sur, continuando por el Alto La Capilla, Loma La Mesa, atravesando el valle del río Minas al este del municipio de Belén y continuando hacia el noreste para salir de la zona de trabajo en las primeras estribaciones del Páramo de La Rusia. Esta franja tiene una longitud (NE) de unos 27 km. y un ancho máximo de 6.5 km. un poco al sur del amplio valle del río Minas. La segunda franja, es angosta, se observa hacia las cabeceras de la Quebrada Otengá en las cuencas de las quebradas Los Puentes y Aguachica, y tiene una longitud de unos 7.5 km. con un ancho máximo de 800 m.

Según INGEOMINAS (2001), en la primera franja, en el río Pargua, al norte de la carretera Belén – Paz de Río y en esta misma, la formación tiene un espesor de unos 700 m y está formada, en su parte media y superior, por conglomerados, arenitas cuarzosas, feldespáticas, en capas gruesas a muy gruesas con intercalaciones menores y esporádicas de limolitas rojas, y en su parte inferior; por arenitas cuarzosas, feldespáticas y conglomerados con guijos de cuarzo en capas muy gruesas en donde los planos de estratificación no se diferencian con claridad,. Más al sur en el Cerro El Tíbet, la formación puede tener unos 400 m de espesor. En toda su extensión la formación, da relieves abruptos.

En los trabajos de campo de este informe, la franja fue descrita en su parte meridional (Control geológico 10), encontrándose, en la trasecta de control geológico Las Cruces – Ciraquita: areniscas de grano medio con cuarzo y mica moscovita, matriz arcillosa de color blanco (Estación AB228); conglomerados matriz soportados, en capas medias, con granos y guijos y matriz arenosa (Estación AB235); areniscas de grano muy grueso en capas gruesas, matriz arcillosa (Estación AB236). En la trasecta Las Cruces; y areniscas conglomeráticas y esporádicos niveles de lutitas (Estaciones AB251 a AB253), en la trasecta de control geológico 10. Más al norte en la Quebrada Tuaté, se observan arcillolitas, areniscas feldespáticas, cuarzoarenitas, subarcosas, todas de tonos

amarillentos rojizos (Estaciones JM123 a JM128, Figuras 61 y 62) y al norte de Tutasá, en parte sobre el río Pargua, donde se aprecian cuarzoarenitas, localmente subarcosas, con texturas de arenita con cambios a arenita conglomerática y a conglomerados con gránulos matriz soportados, todas de color amarillo ocre, (Estación JU192). La franja está limitada, en la parte sur, con las rocas de la formación Cuche en un contacto fallado, más al norte aparece discordante sobre la Cuarzomonzonita de Santa Rosita, en el Cerro Cabezón (sur de Belén) y hacia la parte norte del área aparece en contacto fallado con la misma Cuarzomonzonita. Por su borde oriental aparece casi siempre superpuesta por la formación Floresta.



Figura 61. Estación: JM123. Foto: FJM123. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 020°. Descripción: Arcosa color crema, blanco y lila, de grano medio, en capas tabulares gruesas y muy gruesas. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1.156.805, E= 1.135.199, origen Bogotá.



Figura 62. Estación: JM127. Foto: FJM127. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 020°. Descripción: Intercalación de arcosas a subarcosas y limolitas arenosas color amarillo claro y crema, en capas subtabulares. Unidad: Formación Tibet (Dt). Coordenadas: N= 1.156.612, E= 1.135.974, origen Bogotá.

En los controles de campo se observaron areniscas de grano fino, masivas de color amarillo-rojizo (Estación AB003- AB004); y niveles de arenita en capas gruesas, con cuarzo, feldespatos y plagioclasa, matriz arcillosa, intercaladas con limolitas y arcillolitas laminadas, (Estación AB 005, Figura 63). Esta franja aparece reposando discordantemente hacia el oriente, sobre las rocas intrusivas del Stock de Chuscales y por el occidente está cubierta concordantemente por la Formación Floresta.



Figura 63. Estación: AB-005. Foto: AB-005. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 065°. Descripción: Contacto Formación Tibet (Dt) y la Granodiorita de Chuscales – Aguaclara. Coordenadas: N= 1.144.343, E= 1.131.125, origen Bogotá.



A la formación Tíbet se le asigna una edad del Devónico bajo y se considera que se depositó en un ambiente fluvial sobre una paleotopografía abrupta.

2.4.2. Formación Floresta (Df)

Inicialmente el término Series de Floresta (Olsson & Caster 1937) comprendía toda la secuencia que reposa sobre rocas metamórficas y estaba superpuesta por el Girón. Botero (1950) restringe el término a rocas que se disponen discordantes sobre el metamórfico o concordantemente sobre la Formación Tíbet y que están superpuestas por la Formación Cucho. En el trabajo de INGEOMINAS (2001) la formación Floresta se considera que descansa sobre la formación Tíbet y está superpuesta transicionalmente por la formación Cucho corregidos estos contactos con los establecidos precedentemente por Cediell (1969) y Mojica & Vilarroel (1984). Se le asigna además un espesor de 520 m en la plancha de Paz de Río que engloba gran parte del área del presente trabajo.

La formación Floresta ocupa amplias áreas dentro del mapa geológico elaborado en el presente informe. En la parte meridional presenta afloramientos al norte del municipio homónimo, sobre los cuales se desarrolla el anticlinal de Floresta y una estructura sinclinal adyacente hacia el oeste. Esta franja se extiende hasta un poco al norte del Alto El Piojo en donde cierra la estructura anticlinal, y tiene una longitud aproximada de 7.5 km. y un ancho máximo de 6,7 km. en su parte más sur. Hacia el norte del Alto El Piojo, aflora una segunda franja de dirección noreste de unos 22.5 Km. de longitud y ancho máximo de 6.2 km. para terminar, dentro de la zona de estudio, en las estribaciones del Páramo de La Rusia con un ancho de unos 800m. El límite occidental de la formación es en casi toda su extensión, concordante sobre la formación Tíbet exceptuando un corto trayecto en la parte más meridional en donde este contacto es fallado contra la formación Cucho. El contacto oriental, hacia la parte más sur, es discordante sobre las Filitas y Esquistos de Ometá y luego es concordante aparentemente sobre la formación Tíbet hasta más al norte del Alto El Piojo. En la franja norte, este contacto inicialmente traslapa discordantemente sobre el Stock de Otengá y luego es un contacto transicional con la Formación Cucho que se le superpone.

Arcillolitas de tonos amarillentos, con intercalaciones de limolitas del mismo tono y areniscas arcillosas, constituyen la formación. Estas últimas según INGEOMINAS (2001), gradan hacia arriba a arcillolitas negras físciles. En los controles de campo se observaron: en una primera trasecta al sur del área, entre el poblado de Floresta y las cabeceras de la quebrada Ometá: limolitas y areniscas de grano muy fino, laminación plano paralela incipiente, con óxidos de hierro, color amarillo-rojizo, (Estación JM240); areniscas de grano muy fino a fino, en capas gruesas a muy gruesas, de color amarillo rojizo, blanco rojizo a gris claro, con fósiles fragmentados y cavidades de disolución (conchas u óxidos), (Estación JM235, Figura 64); arcosas de grano muy fino a fino, micáceas, tabulares de color ocre a amarillento, (Estación JM238); limolitas y areniscas de grano muy fino, tabulares, de color gris a blanco o rojo amarillento (Estaciones JM336, JM337 y JM339), litoarenitas y areniscas arcóscicas, en capas de espesor medio, grano fino, con mica, de color gris claro a amarillento, (Estaciones JM233 y JM234).

En una segunda trasecta que sale de Floresta hacia el noroeste se obtuvieron los siguientes datos: arcillolitas en capas tabulares, laminación plana, paralela, de colores oscuros a negros en roca fresca y gris crema y gris claro, (Estaciones JU234, JU238, JU239); arcillolitas con intercalaciones de limolitas y arenitas en capas muy finas y finas, en capas tabulares, color gris claro a ocre por alteración, (Estación JU235); arcillolitas, lodolitas y eventuales intercalaciones de limolitas, en capas tabulares, con niveles ferruginosos formando costras o en fracturas, de color negro sin alterar y ocre alteradas, (Estación JU232, JU236, JU237); y arcillolitas y limolitas con eventuales niveles de cuarzoarenitas, de grano muy fino a fino, capas tabulares, de color gris claro y café rojizo,

presentan abundantes fósiles principalmente briozoos, moldes de conchas y restos de peces, (Estaciones JU229, JU231 y JU233). Más al norte sobre la trasecta 10, los afloramientos muestran principalmente lutitas en partes con laminación y en ocasiones masivas, con óxidos de hierro de colores amarillo rojizo, amarillo claro y café ocre, (Estación AB246, AB247, AB248, AB249, y AB250).



Figura 64. Estación: JM235. Foto: FJM235. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 034°. Descripción: Intercalación de arcosas y limolitas arenosas de colores crema, blanco y amarillo claro en capas tabulares finas y medias. Unidad: Formación Floresta (Df). Coordenadas: N= 1.140.496, E= 1.130.171, origen Bogotá.

En otra trasecta de control sobre el Alto del Piojo, se describieron lutitas en parte con laminación plana ondulada y colores amarillo rojizo y ocre, (Estaciones AB199 a AB202) y arenitas arcillosas de grano fino, en capas medias, tabulares, masivas, de color rojo y rojo violeta. Sobre la vertiente sur del río Minas en la trasecta 7, cuenca de la quebrada Piedrancha, se observaron: lutitas con laminación ondulosa, no paralela que en sectores muestra bloques de limolita dentro de una matriz arcillosa, color gris parduzco; (Estación AB147): limolitas arenosas en capas finas, tabulares, de color amarillento, (Estaciones AB144 y 146), y arenitas de grano fino en capas tabulares de espesor fino a medio en partes con micas moscovitas, de colores amarillo naranja, rojizos, y violeta (Estaciones AB141 a AB143, Figura 65).

En la vía Belén – Paz de Río, se encontraron subarcosas de grano muy fino, en capas de espesor fino a medio, tabulares, con mica moscovita hasta el 8%, de color rojo (Estación JU144); subarcosas con intercalaciones de limolitas con matriz arcillosa y cemento caolínico de color amarillo naranja oscuro, (Estación JU143) e intercalaciones de arcillolitas y limolitas en capas tabulares, con laminación plano paralela, con micas, de color gris claro a muy claro (Estación JU142), y finalmente sobre el río Pargua, se observaron arcosas y subarcosas en capas de espesor medio a grueso, tabulares a subtabulares de grano fino, medio y muy grueso, en sectores con mica abundante, matriz arcillosa y cemento síliceo, de colores café rojizo y amarillo ocre, (Estaciones JU195, JU197 y JU198), y cuarzoarenitas en capas medianas a gruesas, de grano medio, subtabulares y tabulares, con mica, de color café-rojizo, (Estación JU196).

La formación contiene abundante fauna y con base a ella ha sido datada de finales del Devónico inicial (INGEOMINAS 2001). Se considera que la formación es de ambiente marino somero.



Figura 65. Estación: AB-143. Foto: AB-143. Tipo: Detalle. Carpeta AB. Azimut: 210°. Descripción: Formación Floresta (Df), donde se aprecian los niveles de lodolita gris violeta altamente fracturados y plegados. Coordenadas: N= 1.153.416, E= 1.137.801, origen Bogotá.

2.4.3. Formación Cuche (Cc)

Botero (1950) le dio el nombre a esta formación e indica que se encuentra sobre la Formación Floresta unas veces concordantemente y otras en forma de discordancia y que está superpuesta discordantemente por la formación Girón. Conjuntamente con las formaciones Floresta y Tíbet, el Cuche forma parte esencial de las rocas sedimentarias pre Cretácicas que constituyen el Macizo de Floresta.

La formación aflora en dos sectores de importancia al oeste y este del Macizo de Floresta. En el sector occidental se observa una franja irregular que se extiende desde el noroeste del Caserío de Tobasía formando inicialmente una franja estrecha de unos 400m de ancho la cual se amplía sobre las cabeceras del río Minas al sur de la escuela de Ciraquita y luego vuelve a estrecharse para terminar rápidamente en la margen derecha del río Minas, frente a la cabecera municipal de Cerinza. Tiene la franja una longitud de 5 km. y un ancho máximo de 2.2 km. en las cabeceras del río Minas. El límite oriental de la franja es una falla que la pone en contacto hacia el sur y en la parte más norte, con la Formación Floresta y hacia las cabeceras del río Minas, con el Tíbet. En el borde occidental el Cuche está superpuesta discordantemente por la Formación Girón y en las cabeceras del río Minas por las rocas Cretácicas de la Formación Tibasosa. En la carretera Tobasía – Santa Rosa, la cual corta la franja en el extremo meridional cartografiado, INGEOMINAS (2001) indica que la formación muestra tres conjuntos: el inferior de limolitas rojizas, el intermedio compuesto por arenitas y el superior por limolitas moradas y que esta sección forma parte del conjunto superior de la formación la cual se ha descrito un poco al sureste de Tobasía en la quebrada Potreros Rincón en donde la formación debe tener unos 900 m de espesor. Los controles de campo de esta franja mostraron, sobre la carretera Santa Rosa – Tobasía: cuarzoarenitas de grano fino a medio en capas delgadas a gruesas de color gris pardo a ocre, macizas o con laminación plano paralela a no paralela, con óxidos de hierro, materia orgánica y micas (Estaciones JU244 y 246); y limolitas en capas finas, tabulares, color violeta, (Estación JU245). Un poco al norte de esta trasecta, sobre los afloramientos de la cabecera del río Minas, se observaron lutitas, lutitas silíceas y lodolitas de tonos rojizos, gris verdosos, vino tinto y violeta oscuro (Estaciones AB242 a AB244,) y areniscas arcillosa, en capas finas, tabulares, con laminación interna, de color violeta, (Estación AB245).

En el sector oriental, la formación se extiende desde el sitio conocido como Cerro el Chulo, inicialmente formando una franja muy angosta de unos 100 m que luego a unos 2.5 km. al sur del curso del río Minas se amplía para alcanzar un ancho de unos 3 km. en el valle del río mencionado y continúa hacia el noreste un poco mas estrecha para salir de la zona de estudio en el área de Páramo de la Rusia. La franja tiene una longitud de unos 17.5 Km. con un ancho máximo de 3 km. En la parte más meridional, (Cerro El Chulo), el borde occidental de la franja traslapa sobre el intrusivo del Stock de Otengá inicialmente y luego más al norte este contacto es siempre con la Formación Floresta a la cual está superpuesta en un contacto transicional. El borde oriental de la franja está marcado en toda su extensión por la Formación Girón que traslapa en forma discordante o paraconcordante sobre el Cucho. Sobre la vía Belén – Paz de Río (dentro del área de este estudio), INGEOMINAS (2001) midió una sección de 561 m de espesor, compuesta por limolitas arenosas moradas micáceas con intercalaciones de arenitas de grano fino, arcillosas, en capas delgadas a gruesas de tonos grises y morados.

Por la misma vía, los controles de campo del presente trabajo mostraron: arcosas de grano fino, en capas finas a medias, tabulares, con mica moscovita (8%), color amarillo ocre a rojizas, (Estaciones JU144 y JU146); litoarenitas de grano medio fino a medio, en capas medias a gruesas, tabulares a subtabulares, con laminación plano paralela u ondulosa no paralela, de colores amarillo ocre, (Estaciones JU145 y JU148 a JU150); litoarenitas feldespáticas y sublitoarenitas, que muestran texturalmente, arenitas conglomeráticas y conglomerados matriz soportados, con matriz arenosa, cemento silíceo, en capas medias a gruesas, subtabulares, de colores gris claro, gris rojizo y violeta claro, (Estaciones JU151, JU153 y JU154); limolitas, en capas subtabulares, de tonos rojo – violeta, (Estación JU147, Figura 66) y limolitas en capas subtabulares, con laminación plano paralela, de color gris medio a rojo violeta, con intercalaciones menores de litoarenitas feldespáticas. Algunas de estas rocas muestran leve grado de metamorfismo desarrollando una leve esquistosidad.

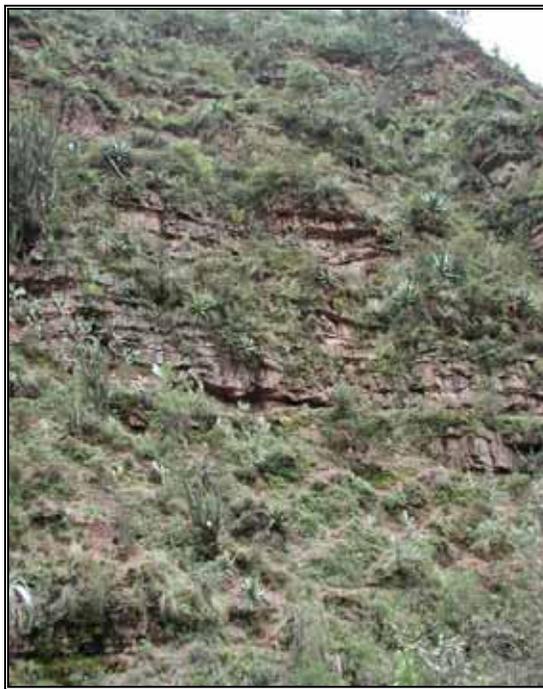


Figura 66. Estación JU147. Foto: JU147A, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 005°. Descripción: Capas medias de la Formación Cucho que se presentan con geometría tabular. Carretera Belén – Paz de Río, margen izquierda del Río Pargua. Coordenadas: N= 1.157.052, E= 1.141.104, origen Bogotá.

A la formación se le asigna una edad Devónico medio hasta principio del Carbonífero, según Mojica & Villarroel (1948), edad establecida con base en fauna y flora colectada en la secuencia de la quebrada Potreros Rincón, inmediatamente al sur de la zona aquí estudiada.

2.4.4. Formación La Rusia (JLr)

El nombre fue propuesto por Renzoni (1981) y está compuesto por conglomerados, arenitas y limolitas rojas que se superponen a la formación Montebel y subyacen la formación Arcabuco, en el Páramo de la Rusia situado hacia la parte norte del área aquí trabajada. INGEOMINAS (2001), señala que en la vía Belén Páramo de los Colorados, situado a corta distancia del límite occidental del área de interés para este trabajo, se reconoció la parte inferior de la formación con un espesor de 330 m. compuesta por arenitas de cuarzo feldespáticas de grano fino a conglomeráticas en la parte basal (20 m), superpuestas por conglomerados de cuarzo grises amarillentos y rojizos y arenitas de cuarzo de grano grueso a conglomerático y hacia el tope arenitas cuarzo feldespáticas de grano grueso a conglomerático.

En el área se presentan dos pequeñas franjas en el borde occidental limitadas al oriente por la falla de Boyacá. La mas meridional se sitúa a unos 3 Km. al suroeste del municipio de Cerinza y su estratigrafía debe corresponder a la descrita por INGEOMINAS citada en el, párrafo anterior. Tiene una longitud de 4.5 Km. en dirección noreste y 1.5 Km. de ancho En los controles de campo de este informe se describen conglomerados polimícticos muy alterados en capas gruesas, tabulares, con guijos, cantos y bloques de rocas ígneas y metamórficas y arenitas arcósicas con plagioclasa (Estación JM241, Figura 67) y bloques de conglomerados polimícticos matriz soportados con guijos y cantos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, matriz areno-arcillosa, de color rojizo amarillento, (Estación JM243).



Figura 67. Estación: JM241. Foto: FJM241. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Acimut: 290°. Descripción: Zona de cizalla en arcosa y conglomerado polimíctico, de color gris rojizo. Unidad: Formación la Rusia (Jlr). Coordenadas: N= 1.146.135, E= 1.121.271, origen Bogotá.

En la otra franja, situada a unos 5.5 km. al noreste de la anterior y a 3.5 km. al noroeste de Belén, tiene una longitud de solo 1.800 m, y un ancho máximo de 500m. En las estaciones de campo sobre



una trasecta estructural se describen arenitas, arenitas con niveles delgados de lutitas, en capas gruesas, de grano grueso a muy grueso, con matriz areno-arcillosa y de colores rojizos y rojo naranja. (Estaciones AB179 a AB181).

Por su posición estratigráfica, reposando sobre la Formación Montebel y superpuesta por la formación Arcabuco, la edad de la formación es de finales del Jurásico y por sus características litológicas (conglomerados gruesos a muy gruesos con estratificación cruzada e intercalaciones de capas rojas) se considera que sus sedimentos son de ambiente continental (INGEOMINAS, 2001).

2.4.5. Formación Girón (Jg)

La primera mención de los estratos del Girón se debe a Hettner (1892) quien denominó como Series del Girón, al occidente de Bucaramanga, una amplia secuencia de limolitas rojas, areniscas y conglomerados. Posteriormente Langenheim (1959) le da el carácter de Formación reduciendo la amplitud inicial dada por Hettner y considerando como sección tipo el cañón del río Lebrija abajo de Bucaramanga. Cediel (1968) le asigna la categoría de Grupo a la misma secuencia del río Lebrija involucrando dentro de ella sedimentos posiblemente Cretácicos que denomina Formación Los Santos. Olsson y Caster (1939) extienden el nombre de Girón al Macizo de Floresta para designar una serie de sedimentos rojos que afloran por debajo del Cretácico. Trabajos posteriores de Botero (1.950), Cediel (1969) y Reyes (1984) se refieren ya específicamente a los sedimentos del Girón en el Macizo de Floresta, si bien las descripciones son de tipo general. Más recientemente se han adelantado estudios estratigráficos y de paleomagnetismo de estas rocas (principalmente proyectos de grado) entre los cuales se destaca el de López R & Mesa S. (1997), trabajo para optar el título de geólogos de la Universidad Nacional en el cual se hace un análisis estratigráfico y de ambientes de depósito de la formación, con levantamientos de secuencias en sectores que se encuentran dentro del área aquí estudiada como son las secuencias de Santa Rosa de Viterbo – Tobasía y la de la quebrada El Manglar al norte del Municipio de Corrales.

En el área trabajada la formación aflora al oeste y este del Macizo de Floresta.

Hacia el oeste la formación se presenta en una franja delgada de 4,5 km. de longitud por un ancho máximo de 300m. La franja aflora hacia la parte alta de la cuchilla denominada Loma Careperro que separa el valle de Santa Rosa de Viterbo del sector del Municipio de Floresta. La secuencia tiene allí solo unos 212 m de espesor, (López & Mesa 1997), y está constituida por conglomerados, arenitas y limolitas de tonos morados; los guijos de los conglomerados son principalmente de cuarcitas y arenitas. Las arenitas son generalmente litoarenitas y sublitoarenitas hacia la parte baja de la secuencia, arcosas líticas hacia la parte media, litoarenitas feldespáticas y sublitoarenitas, hacia el techo. La secuencia reposa discordantemente sobre areniscas rojizas de la Formación Cucho y está superpuesta y cortada discordantemente por la formación Tibasosa del Cretácico desapareciendo por debajo de ella hacia las cabeceras de la cuenca del río Minas. En los trabajos de campo se describieron algunas estaciones en esta franja, que muestran: arenitas micáceas de grano grueso y arenitas conglomeráticas feldespáticas de tonos violeta, blanco y verde claro y lutitas y limolitas arenosas de color violeta, (Estación AB241), y conglomerados matriz soportados con guijos y cantos de cuarzoarenitas y subarcosas en el contacto con la Formación Tíbet que aquí parece tectonizado (Estación JU247).

En el borde oriental del Macizo de Floresta el Girón se presenta en una franja irregular de dirección noreste que atraviesa totalmente el área del presente trabajo, con una longitud de unos 31 km. y con un ancho máximo de 4,5 km. hacia la parte más septentrional del área. En esta franja la formación puede tener un espesor de 375 m en el sur, sobre la quebrada El Manglar cerca de Corrales e INGEOMINAS (2001), reporta espesores entre 800 y 1.000 m. en la carretera Belén – Paz de Río,

calculada con base a cortes geológicos y está formada por conglomerados con bloques, guijos y guijarros de cuarcitas, arenitas, limolitas y cuarzo.



Figura 68. Estación: JM019. Foto: FJM019. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 315° 040°. Descripción: Contacto fallado entre rocas graníticas del Stock de Otengá y conglomerados polimícticos y litoarenitas conglomeráticas, de tonalidades rojizas de la Formación Girón. Unidad: Stock de Otengá (PDso) y Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.142.300, E= 1.136.752, origen Bogotá.

En la quebrada El Manglar los conglomerados presentan clastos de areniscas, roca ígnea, roca metamórfica y cuarzo (López & Mesa, 1997). En esta franja la formación reposa hacia el oeste, discordantemente sobre rocas metamórficas de bajo grado (Esquistos y Filitas de Busbanzá) en el sector más meridional del área, luego sobre rocas intrusivas del Stock de Otengá en toda su extensión si bien en partes este contacto es fallado, y hacia el norte del área, cubre discordantemente las sedimentitas de la Formación Cucho. Por el lado oriental y hacia el sur de la quebrada Otengá, el Girón aparece superpuesto por la Formación Tibasosa del Cretácico, en un contacto discordante aun cuando en sectores menores parece ser fallado. Al norte de la quebrada mencionada el contacto es fallado, inicialmente contra la misma Formación Tibasosa y luego contra rocas del Terciario (Falla

de Soapaga); en el sector de Paz de Río contra las Cataclastitas de Soapaga y hacia el extremo norte del área, contra rocas del Cretácico (formaciones Tibasosa, Une y Chipaque). En las trasectas de control de campo se observó, en el sector más meridional del área cerca de Busbanzá trasecta 12: conglomerados en capas gruesas, tabulares con guijos y cantos de cuarzoarenita gris clara, areniscas muy compactas y esquistos cuarzosos muy alterados de color rojizo moderado; intercalados con arenitas limosas color vino tinto en capas gruesas (Estación NT002), y arcillolitas con laminación ondulosa, discontinua, en capas gruesas intercaladas con conglomerados en capas medias (Estación NT003). En las cabeceras de la quebrada Manglar, conglomerados, en capas lenticulares, masivas, con matriz arenosa (Estación JC258); conglomerados, cuarcitas y arcillolitas limosas, en contacto fallado con la formación Tibasosa (Estación JC259).

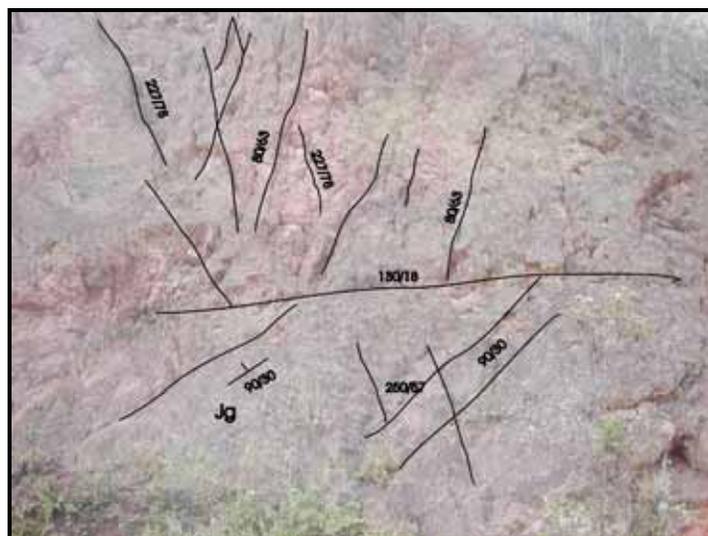


Figura 69. Estación: AB-01. Foto: AB-017. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 145°. Descripción: Capas gruesas de la Formación Girón (Jg) altamente meteorizados y fracturados. Coordenadas: N= 1.144.850, E= 1.137.274, origen Bogotá.

Más al norte, en la escuela Buntia, (Trasecta 11) en el contacto con el Stock de Otengá, conglomerados, arenitas conglomeráticas, limolitas arenosas color rojizo; los conglomerados son matriz soportados, (Estación JM019, Figura 68), y conglomerados polimícticos en capas lenticulares o subtabulares (Estación JM021), conglomerados en capas tabulares, con laminación plana no paralela, compuestos de cuarzo, feldespatos (10%) alterados, con clastos de roca ígnea y metamórfica, color rojo púrpura pálido, (Estación NT 23).

En el sector de la quebrada Otengá (Trasecta 10), conglomerados polimícticos mal seleccionados, en capas tabulares, matriz soportados con cuarzo, feldespatos y líticos dentro de una matriz arcillosa (Estación AB017, Figura 69); conglomerados matriz soportados en capas tabulares, granodecrecientes, con cuarzo, líticos (chert) y algo de feldespato, color violeta, (Estación AB035, foto 035); arenitas conglomeráticas en paquetes muy gruesos capas tabulares, con matriz arcillosa, con líticos y cuarzo, color amarillo rojizo, intercaladas con lodolitas gris claras (Estación AB036).



Figura 70. Estación: JR032. Foto: JR64. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 220°. Descripción: Capas subtabulares gruesas de arenitas de grano fino y arenitas conglomeráticas de color rojo violáceo. Unidad: Formación Girón. Coordenadas: N= 1.149.804, E= 1.139.526, origen Bogotá.

Un poco más al norte de la quebrada Otengá en la trasecta 11, se describieron: conglomerados arenosos, en capas lenticulares, con matriz arenosa > 25%, con cemento ferruginoso, color rojizo, (Estaciones 09JC071, JC072 Y JC074 a 076) y sublitoarenitas con cemento silíceo, con mica moscovita, de color gris claro, (Estación 09JC073). Entre las estaciones 09JC076 y 09JC046, al occidente de la escuela de Saurca, se reportó un cuerpo intrusivo ácido de tonalidades amarillentas y rosadas que intruye claramente las rocas del Girón. Más al norte en la trasecta de control 3 se señalan arenitas arcósicas, de grano fino a muy fino, en capas subtabulares, con laminación ondulosa, paralela, continua, con cemento ferruginoso, color rojizo-violáceo, (Estación JR032, Figura 70) y litoarenita feldespática, en capas subtabulares, gruesas a muy gruesas, de grano fino, de color gris verdoso, (Estación JR033, Figura 71).

En la trasecta estructural 08 se encontraron litoarenitas, arcosas y limolitas, las litoarenitas son conglomerados y conglomerados polimícticos con cantos de rocas intrusitas y metamórficas y micas, (Estación JU071); limolitas con intercalaciones de litoarenitas y arenitas conglomeráticas, de tonos amarillo oscuros (Estación JU072); arenitas conglomeráticas y conglomerados matriz soportados con intraclastos retrabajados de rocas ígneas y metamórficas, (Estación JU074) y litoarenitas con niveles conglomeráticos en capas subtabulares de contactos irregulares, (Estación JU075).

Hacia el norte en la trasecta 7 de control geológico en la quebrada Colacote, se describieron: areniscas friables con cuarzo y feldespato, (Estación AB059); arenitas en capas gruesas a medias, tabulares, de grano grueso, muy grueso y conglomeráticas, de color amarillo - rojizo, con intercalaciones de lutitas, limolitas y limolitas arenosas de color violeta a rojizo, (Estaciones AB060 a AB064).



Figura 71. Estación: JR033. Foto: JR65. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JR. Azimut: 165°. Descripción: Capas subtabulares gruesas de limolita verdosa. Unidad: Formación Girón. Coordenadas: N= 1.149.944, E= 1.139.672, origen Bogotá.

Sobre la trasecta 6 de control geológico (cartografía) un poco más al norte de la quebrada Colacote se vieron: arcosas y subarcosas, en capas finas, gruesas y muy gruesas, tabulares a subtabulares, de grano fino a muy fino, con matriz arcillosa, color morado, (Estación JM037 y JM040); conglomerados en capas muy gruesas algunos con guijos, cantos y bloques, con imbricaciones, (Estaciones JM038, JM039, JM041, Figura 72); limolitas y areniscas con cuarzo, feldespato, plagioclasa de tonos morados, (Estación JM042). Finalmente al norte de la vía Belén – Paz de Río se hicieron múltiples estaciones de control que mostraron: conglomerados arenosos en capas gruesas a muy gruesas, lenticulares, de color rojo moderado, (Estaciones JC113, JC114, JC135, JC137, JC138, JC139, JC150 y JC153); cuarzoarenitas en capas finas a medias, lenticulares, masivas, (Estaciones JC136, JC154, JC156, y JC157); areniscas conglomeráticas, en capas de espesor fino a medio, lenticulares, masivas, de color rojo moderado, (Estaciones JM141, JM146, JM148, JM152, y JM155); y lodolitas y limolitas arenosas, de tonos rojizos, (Estaciones JM115, JM140, JM144, JM145, JM 147 y JM 149).

Es de anotar que Kammer, A. (1996) en su publicación “Estructuras y deformaciones del borde oriental del Macizo de Floresta” indica que en las capas rojas que siguen discordantemente al conjunto paleozoico del Macizo (Formaciones Tíbet, Floresta y Cucho) y las cuales se han correlacionado con la Formación Girón, muestran intercalaciones tobáceas y manifestaciones de actividad ígnea lo cual se corrobora con la presencia de un cuerpo ígneo localizado al occidente de la escuela Saurca al lado de las estaciones 09JC 075 y 09JC 045, cuerpo que en la cartografía muestra unos 800 m de largo por 500 de ancho. Kammer señala que la presencia de estos cuerpos intrusivos cuestiona seriamente la correlación de los estratos rojos aquí descritos, con los presentes en la Formación Girón de Santander, ya que no se han reconocido, en la localidad tipo, ni depósitos piroclásticos ni cuerpos intrusivos. Como testimonio se deja esta observación, pero al igual que lo hace Kammer, se continúa llamando Formación Girón a tales estratos rojos.



Figura 72. Estación: JM041. Foto: FJM041B. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 220°. Descripción: Conglomerado polimíctico, clasto soportado y matriz soportado con tonalidades rojizas, en capas lenticulares gruesas. Clastos redondeados hasta de 10 cm y matriz arenolimososa de grano medio. Muy fracturadas. Unidad: Formación Girón (Jg). Coordenadas: N= 1.153.597, E= 1.142.979, origen Bogotá.

A la formación se le asigna, por su posición estratigráfica, una edad Jurásica correlacionándola con la Formación Girón de Santander, donde según Rabe (1977) la formación es de finales del Jurásico y según Pons (1982) es de finales del Jurásico y principios del Cretácico.



2.4.6. Formación Tibasosa (K_{1t})

Es la formación más inferior del Cretácico que aflora en el área de estudio. Renzoni (1981) propone este nombre para designar los sedimentos que se presentan por debajo de la Formación Une en el sector de Tibasosa, y la subdivide en cuatro miembros: un miembro basal de conglomerados, areniscas y limolitas; un miembro calcáreo inferior formado por shales, calizas arenosas y areniscas; un miembro arenáceo intermedio constituido por shales y areniscas y un miembro superior, calcáreo formado por shales, calizas lumaquéllicas y areniscas. INGEOMINAS, (2001) en la cartografía de la Plancha de Paz de Río, separa el miembro basal de Renzoni (Conjunto Inferior) y une los otros tres en un solo conjunto, (Conjunto Superior). Para Renzoni la formación tiene un espesor de 355 m en el sector de Tibasosa y considera que hacia el norte el espesor aumenta hasta unos 574 m.

En el área de estudio, situada casi en su totalidad dentro de la plancha de Paz de Río, la formación aflora sobre los dos bordes del Macizo de Floresta. Por los objetivos del presente trabajo la formación se ha cartografiado como una sola unidad (Anexo 4. Mapa Geológico).

En el sector más occidental, la formación cubre, un área importante, en forma de monoclinas, al norte del Municipio de Santa Rosa de Viterbo, la cual traslapa hacia el oriente sobre rocas de las formaciones Girón y Cucho, en una clara discordancia; y hacia el occidente está superpuesta por arenitas de la Formación Une. Más al norte, en el sector entre Cerinza y Belén, la formación se emplaza en la parte baja de pequeños cerros aislados situados al oriente de la falla de Boyacá. Al norte de Belén forma un monoclinas que se apoya hacia este sobre rocas de la cuarzomonzonita de Santa Rosita y está superpuesta concordantemente por la Formación Une.

En este sector occidental del Macizo de Floresta, los controles de campo mostraron:

Al noreste de Santa Rosa de Viterbo, en la parte baja de la formación, afloramientos de subarcosas que texturalmente son arenitas conglomeráticas de grano grueso a conglomerático, en capas subtabulares, con estratificación cruzada, color gris muy claro a blanco, (Estaciones JU248 y JU249); intercalaciones de lodolitas y arenitas (arcosas y subarcosas), en capas finas a medias, tabulares, con mica moscovita, color pardo oliva claro (Estaciones JU250 a JU252); arcillolitas laminadas, en capas tabulares, laminación plana no paralela, en sectores con intercalaciones de limolitas, color pardo oliva claro, (Estaciones JU252 a JU257).

Al sur de Cerinza en la base de una colina, se vieron lodolitas arenosas, en capas finas a medias, color amarillo grisáceo oscuro, (Estación 15JC210); arcillolitas laminadas color gris oscuro, (Estación 15JC211); y sublitoarenitas en capas medias a gruesas, laminación plana, paralela, con mica moscovita, cemento silíceo, color pardo moderado, (Estación 15JC212).

Más al norte, en la Loma Montero al sur de Belén, al techo de la formación, se describieron limolitas arenosas y arcosas, en capas muy gruesas, tabulares, con niveles de arcillosita gris; la arenita presenta mica, material carbonoso en fragmentos y laminillas, ichnofósiles y óxidos de hierro, color negro o grisáceo, (Estación JM183, Figura 73); arcillosita y limolitas carbonosas, laminación media, ondulosa, plana, paralela, con intercalaciones de arenita arcósica muy fina y ocasionalmente lentes de cuarzoarenita algo arcillosa (subarcosa), color negro a café marrón, (Estaciones JM184 y JM187); arcosas y limolitas arenosas, en capas muy gruesas, tabulares, laminación ondulosa, plana, paralela, con mica y material carbonoso, color carmelita y gris violeta, (Estaciones JM185 y JM186); arcosa en capas finas y medias, tabulares, laminación inclinada de bajo grado, y ondulosa, plana, paralela, friable, con mica, color amarillo grisáceo, (Estación

JM188); calizas, micríticas y biomicríticas, (wackstone y packstone), con fragmentos de conchas, color negro y gris café, forman un nivel de más de 6 m de espesor.



Figura 73. Estación: JM183. Foto: FJM183. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 0°. Descripción: Limolita arenosa y subarcosa de color gris violeta en capas tabulares muy gruesas con estratificación plano paralela, ondulada paralela y no paralela; suprayacida por cuarzoarenita crema de grano fino a medio en capas subtabulares medias. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.153.579, E= 1.126.464, origen Bogotá.



Figura 74. Estación: JM193. Foto: FJM193. Tipo: Detalle. Carpeta: JM. Azimut: 310°. Descripción: Arenita a arenita conglomerática de color blanco, amarillo, gris verdoso y morado, de grano medio a grueso con gránulos y guijos; en capas subtabulares y lenticulares gruesas a medias. Niveles de limolita, limolita arenosa y conglomerado fino. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.153.209, E= 1.127.623, origen Bogotá.

Hacia la parte basal de la formación (Estación JM189); se observan cuarzoarenitas, en capas finas a medias, tabulares, laminación ondulosa, plano, paralela, de grano fino, cemento silíceo, color gris claro, (Estaciones JM190 a JM192); arcosas a subarcosas con intercalaciones de conglomerados polimícticos y niveles de limolita arenosa morados y verdosos, en capas subtabulares, color blanco amarillento y rojizos, (Estaciones JM193, Figura 74). La Figura 75 muestra una panorámica del sector que se describe.



Figura 75. Estación: JM181. Foto: FJM181. Tipo: Panorámica. Carpeta: JM. Azimut: 210° a 260°. Descripción: Expresión morfológica, en el sector de Cerinza, de la secuencia cretácica conformada por las formaciones Tibasosa, Une, Chipaque en contacto fallado (Falla Boyacá) con rocas de la Formación la Rusia. La falla de Boyacá se encuentra enmascarada por depósitos cuaternarios. Unidad: Formaciones a Rusia (Jlr), Tibasosa (K_{1t}), Une (K_{1u}) y Chipaque (K_{2c}). Coordenadas: N= 1.153.817, E= 1.126.318, origen Bogotá.

En la franja monoclinial, arriba de Belén, en la trasecta geológica 13, se observaron subarcosas, con textura de arenitas conglomeráticas y conglomerados matriz soportados, matriz arenosa y cemento



silíceo y caolinítico, color blanco a gris amarillento, hacia la base de la formación, (Estación JU212). Limolitas, localmente arenitas de grano muy fino, en capas medias, color gris amarillento, (Estaciones JU213 y JU214) caliza (grainstone) en capas tabulares, masivas, con abundantes fragmentos de bivalvos y conchas completas con disposición caótica, color gris claro medio, (Estaciones JU215 y JU218), limolitas color amarillo verdoso moderado, limolitas con intercalaciones de cuarzoarenita, (Estaciones JU216 y JU217); arcosas de grano fino, en capas finas, tabulares, con mica moscovita, de color crema a café claro, (Estación JM145), arenitas arcósicas con intercalaciones de limolitas y arcillolitas, en capas tabulares a subtabulares, laminación ondulosa, plana, paralela color crema a café claro, (Estaciones JM146 a JM150), en la parte superior de la formación.

Sobre el borde oriental del Macizo de Floresta, la formación aflora en una franja alargada que se extiende desde la vía Corrales – Busbanzá, en el sector más meridional del área, hasta el sector del Caserío de Villa Franca, con una longitud de unos 14.5 km. y una amplitud máxima de 1 km. en el sector más sur, al occidente de Corrales. La formación se superpone hacia el occidente sobre los sedimentos de la Formación Girón en un contacto que, en la parte más meridional es paraconcordante manteniendo este carácter hasta el sur del cruce de la quebrada Otengá, si bien sobre las cabeceras de la quebrada El Manglar el contacto parece fallado; luego, hacia el norte de la quebrada mencionada el contacto con la Formación Girón es fallado hasta el acuñamiento de la formación en el sector de Villa Franca. Hacia el oriente, la formación está superpuesta por las arenitas de la Formación Une en contacto concordante, hasta el occidente del Municipio de Betétiva (quebrada Azufre) en donde la formación está en contacto con rocas del Terciario Superior de la Formación Concentración, por acción de la falla de Soapaga. La formación en toda esta franja oriental aparece invertida por acción de la Falla de Soapaga que acuña los sedimentos del Cretácico inferior entre rocas Precretácicas del Macizo de Floresta (al occidente) y rocas Terciarias (al oriente).

En esta franja oriental los controles de campo mostraron, en el sector más sur (Trasecta geológica 12) un contacto paraconcordante con rocas de la Formación Girón; luego de base a techo se presentan cuarzoarenitas en capas medias, tabulares, de grano fino con cemento silíceo, con máficos < al 1%, color verde amarillento pálido (Estación NT 8); arenitas calcáreas con pequeños fragmentos de conchas, en capas medias, tabulares, de grano fino color gris oscuro, cemento silíceo y calcáreo, forman un paquete de unos 10 m de espesor, invertidas, (Estación NT009); calizas (mudstone) en capas gruesas, tabulares, con granos de cuarzo (5 mm.). (Estación NT010); arcillolitas laminadas (shale), con niveles calcáreos, estructuras biogénicas (thallasinoides) y niveles fosilíferos con conchas de bivalvos, en capas hasta de 40 cm.; color grisáceo-amarillento-verdoso, (Estación NT011) forman un nivel de unos 60 m; cuarzoarenitas, en capas gruesas, tabulares, de grano fino, con mica < de 2%, cemento silíceo, color gris claro, forman un paquete de unos 40 m de espesor, (Estación NT012); calizas (mudstone) en capas gruesas, tabulares con conchas esporádicas de bivalvos, gasterópodos, hasta de 10 cm. de diámetro mayor, color gris claro medio, (Estación NT013). La secuencia está invertida y aparentemente algo tectonizada en el nivel de shales; las calizas superiores aparecen muy meteorizadas y en bloques muy grandes con algún movimiento por gravedad.

Más al norte sobre la quebrada El Manglar, hay lodolitas en capas medias a gruesas, tabulares, con laminación fina, color gris azulado claro; en sectores se observan capas con restos de conchas de equínidos completos de mas o menos 1 cm. (Estación QMJC261) y calizas (wackstone), en capas medias a gruesas, ondulosa, masivas, de color gris oscuro medio, (Estación QMJC262).



Figura 76. Estación: JM022. Foto: FJM022. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 096°. Descripción: Diaclasamiento en Mudstone y Wackestone, color gris medio y oscuro en capas subtabulares medias. Unidad: Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.141.955, E= 1.136.788, origen Bogotá.

Siguiendo hacia el norte, en la quebrada Buntia, sobre la trasecta estructural 11 se encontraron afloramientos de arenitas y capas de calizas (mudstone y wackestone, en capas medias, de grano fino a muy fino, con venas de calcita en pequeñas grietas paralelas y subparalelas a la estratificación, de color gris a gris oscuro, (Estación JM022, Figura 76); arenitas calcáreas en capas finas medias y gruesas, subtabulares y tabulares, con laminación plana, paralela, discontinua, con ichnofósiles hacia la base, óxidos de hierro y cavidades de disolución, con niveles de arenitas arcillosas, (Estación JM023), y cuarzoarenitas en capas tabulares y subtabulares, de grano muy fino y fino, con glaucomita y mica moscovita, color gris crema y amarillo marrón, (Estación JM024).

Un poco más al norte sobre la vía escuela Buntia – Montonera en una trasecta de control se identificaron conglomerados en capas gruesas, tabulares, con gránulos de cuarzo, cemento silíceo, con feldespato caolinitizados hasta 10%, color gris muy claro, intercalados con arcillolitas verdosas y en contacto paraconcordante con conglomerados polimícticos de la Formación Girón, (Estación NT024); arcillolitas laminadas, (laminación plana, no paralela) en capas cuneiformes o subangulares, de color grisáceo amarillento, con intercalaciones de calizas lenticulares hasta de 20 cm. de espesor y niveles de thallasinoides, (Estación NT025); sublitoarenitas muy alteradas, en capas gruesas, tabulares, grano medio, con abundante glauconita y moldes de bivalvos hacia el techo, color gris verdoso, (Estación NT026); caliza (wackstone) con fragmentos de moluscos muy abundantes, en capas muy gruesas, tabulares, color gris claro medio, muy cerca del contacto con las areniscas de la Formación Une, (Estación NT027).



Figura 77. Estación: AB-020. Foto: AB-020. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 240°. Descripción: Arcillolitas y Arenitas de capas delgadas a medias de la parte basal de la Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: $N= 1.144.431$, $E= 1.137.759$, origen Bogotá.

Yendo más al norte, por la vía Montonera –Otengá, sobre la trasecta geológica 10, se describen areniscas de grano fino con intercalaciones de limolitas de color amarillo quemado (Estación AB 020, Figura 77); arenisca calcárea, en capas medias y gruesas, de color gris oscuro, con huellas de bioturbación y conchas de bivalvos, con intercalaciones de arcillolitas. La secuencia está invertida, (Estación AB021, Foto AB021), se observan arenitas en capas finas y gruesas, tabulares, laminación plano paralela, con mica moscovita, de color gris verdoso, (Estación AB022, Figura 78).

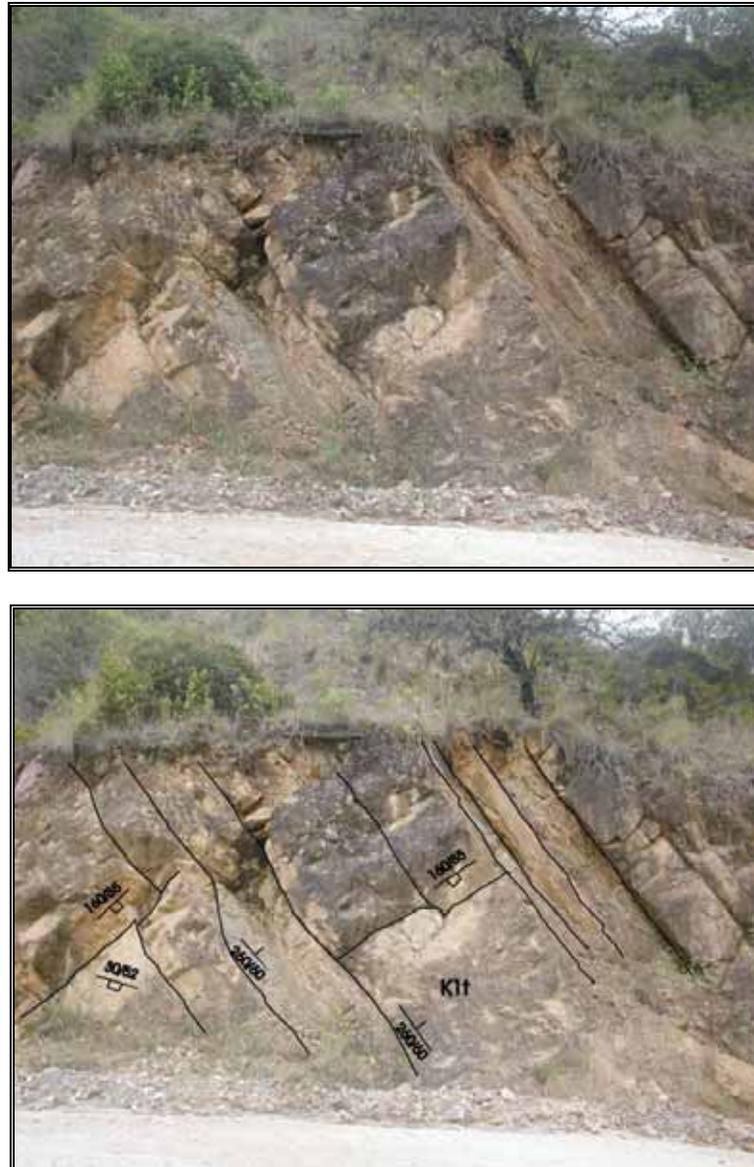


Figura 78. Estación: AB-022. Foto: AB-022. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 160°. Descripción: Capas gruesas de arenitas grano medio de la parte intermedia de la Formación Tibasosa (K_{1t}). Coordenadas: N= 1.144.366, E= 1.138.114, origen Bogotá.

Siguiendo hacia el norte sobre la trasecta 10 (sísmica), afloran areniscas en capas finas a muy finas, muy fracturadas, tabulares, masivas, de grano muy fino a medio, de color gris claro, formando un nivel grueso que resalta en la morfología, (Estación AB037); areniscas calcáreas, en capas gruesas, masivas, con algunas conchas, de color gris claro, (Estación AB039 y AB040).

Es de anotar que muchos de los niveles observados en las trasectas descritas, pueden ser correspondientes con los dos conjuntos en que INGEOMINAS, (2001) divide la formación y/o son parte de los segmentos en que subdivide el conjunto superior, pero dado que no se hizo un control con el suficiente detalle para ninguna de las secuencias, se optó por tomar la formación como una sola unidad.



En lo relacionado con la edad de la formación, Renzoni (1981) cita la presencia de fauna en los miembros calcáreos (superior e inferior) las cuales indican una edad probable Hauteriviano a Albiano medio o superior. La formación se le correlaciona cronológicamente con la Formación Fόμεque (INGEOMINAS, 2001).

2.4.7. Formación Une (K_{1u})

2.4.7.1. Generalidades

La localidad tipo de esta formación se encuentra sobre la carretera Bogotá Villavicencio, cerca del Municipio de Cáqueza, en donde fue descrita por Hubach (1931), como parte media del Grupo Villeta. Renzoni (1962) utiliza el nombre de Formación Une en las secuencias que aparecen en la carretera Une-Fosca y Choachí-Bogotá y posteriormente (1967) utiliza el mismo nombre para designar las arenitas que reposan sobre la Formación Tibasosa (Ingeominas, Plancha 171 Duitama). Ulloa *et al.* (Ingeominas 2001, Plancha 172 Paz de Río) designa con el mismo nombre las areniscas que se superponen a la Formación Tibasosa al oeste y este del Macizo de Floresta, en áreas que caen dentro del presente estudio.

INGEOMINAS (2001), describe una secuencia de la formación al norte de Belén, en las quebradas Salvias y Monterredondo encontrando allí un espesor de 316 m. sin observar la base ni el techo y dice que la secuencia está formada por arenitas de cuarzo, de grano fino, medio a conglomerático, hacia el techo, de color gris claro a amarillento, en capas gruesas a muy gruesas, con cemento silíceo, con intercalaciones frecuentes de lodolitas micáceas, grises oscuras.

La formación Une se ha reconocido al oeste del Macizo de Floresta en sectores menores sobre varias colinas que se extienden al este de la falla de Boyacá en el sector entre el sur de Cerinza y Belén y luego formando afloramientos importantes al norte de este último municipio. En todo el sector la formación descansa concordantemente sobre la Formación Tibasosa y está suprayacida por la Formación Chipaque igualmente en forma concordante. En este sector occidental del Macizo de Floresta, se hicieron controles de campo que muestran: al sur de Cerinza en una loma aislada, sobre la travesa geológica 15, cuarzoarenitas, de grano fino, en capas medias a gruesas, lenticulares, masivas, con cemento silíceo, color blanco en estado fresco, (Estación 15JC209). Inmediatamente al sur de Belén en la Loma Montero, sobre la travesa estructural 14; cuarzoarenitas en capas medias, tabulares y subtabulares, laminación ondulosa, paralela, continua, de grano fino, con mica, de color blanco a gris café, hacia el techo de la formación, (Estación. JM179); cuarzoarenitas muy meteorizadas, en capas medias y gruesas, tabulares, con fragmentos de materia carbonosa y mica, de color crema, dentro de un nivel blando en la parte media de la formación, (Estación JM180); cuarzoarenita en capas medias a gruesas, tabulares, laminación inclinada planar, de grano fino, con óxidos de hierro y mica moscovita, de color crema, (Estaciones JM181 y JM182). Al norte de Belén sobre una amplia superficie monoclinial que se extiende hasta el Páramo de la Rusia, se observaron: cuarzoarenitas intercaladas con limolitas y arcillolitas negras a gris oscuras, en capas gruesas, tabulares, con cemento silíceo, de grano fino, gris claras, (Estación JM142 Y JM143, Figura 79), limolitas arenosas a limolitas, en capas finas, tabulares, con laminación ondulosa, plano paralela, color marrón a rojizo, (Estación JM144).



Figura 79. Estación: JM142. Foto: FJM142. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Azimut: 0° - 090°. Descripción: Cuarzoarenitas color blanco y gris claro, de grano fino a medio con niveles de grano grueso a guijos, en capas subtabulares media y gruesa, estratificación cruzada, plano paralela y no paralela con láminas y lentes de arcillolita y materia carbonosa. Intercalado con limolitas y arcillolitas color gris medio a negro. Unidad: Formación Une (K_{1u}). Coordenadas: N= 1.158.633, E= 1.130.700.

En el sector oriental del Macizo de Floresta, la formación aparece en una franja estrecha que se extiende desde el sur de la zona de trabajo, sobre la vía Corrales – Busbanzá y se prolonga hasta un poco al norte, aproximadamente 2 km. de la Quebrada Otengá con una longitud de unos 7,7 km. y con un ancho de unos 350 m en la quebrada Buntia. En toda la franja la formación está invertida por acción de la Falla de Soapaga y aparentemente disminuye su espesor de norte a sur. La formación está superpuesta, en contacto concordante a la Formación Tibasosa y aparece suprayacida por las arcillolitas de la Formación Chipaque. INGEOMINAS (2001), reporta un espesor, para la formación, al sureste de Betéitiva, dentro de la zona del presente estudio, de 227,8 m sin que se haya observado el techo.

2.4.7.2. Sección Estratigráfica

Acceso. Partiendo con rumbo N por un carretable desde el costado W del municipio de Corrales y a una distancia aproximada de 3.5 km, se llega a la escuela Buenavista; la columna se inicia a 225 metros al sur de la escuela. (Figura 80).

Descripción. Las unidades de roca de esta columna corresponden a las formaciones Tibasosa (7.5 m), Une (205.8 m) y Chipaque (129 m), las cuales están invertidas.

La parte inferior de la columna inicia con 7.5 metros de arcillolitas y calizas lodogranulares tipo packstone de la Formación Tibasosa; inmediatamente en contacto concordante está la suprayacente Formación Une (Figuras 81 y 82) que empieza (metro 7.5 hasta 166.5) con capas gruesas y muy gruesas subtabulares de arenitas cuarzosas de grano grueso, con estratificaciones planar paralela, no paralela y masiva, selección pobre, cemento síliceo – ferruginoso y color marrón pálido a amarillento claro, con interposición de bancos muy gruesos de arcillolitas laminadas de color gris oscuro. Luego, hasta el metro 188, se presentan arenitas cuarzosas de grano grueso a fino en secuencias granodecrescientes, con geometría externa subtabular y laminación interna ondulosa paralela discontinua o plana no paralela, las cuales generalmente terminan en interestratificaciones delgadas de arenitas cuarzosas y arcillolitas laminadas.

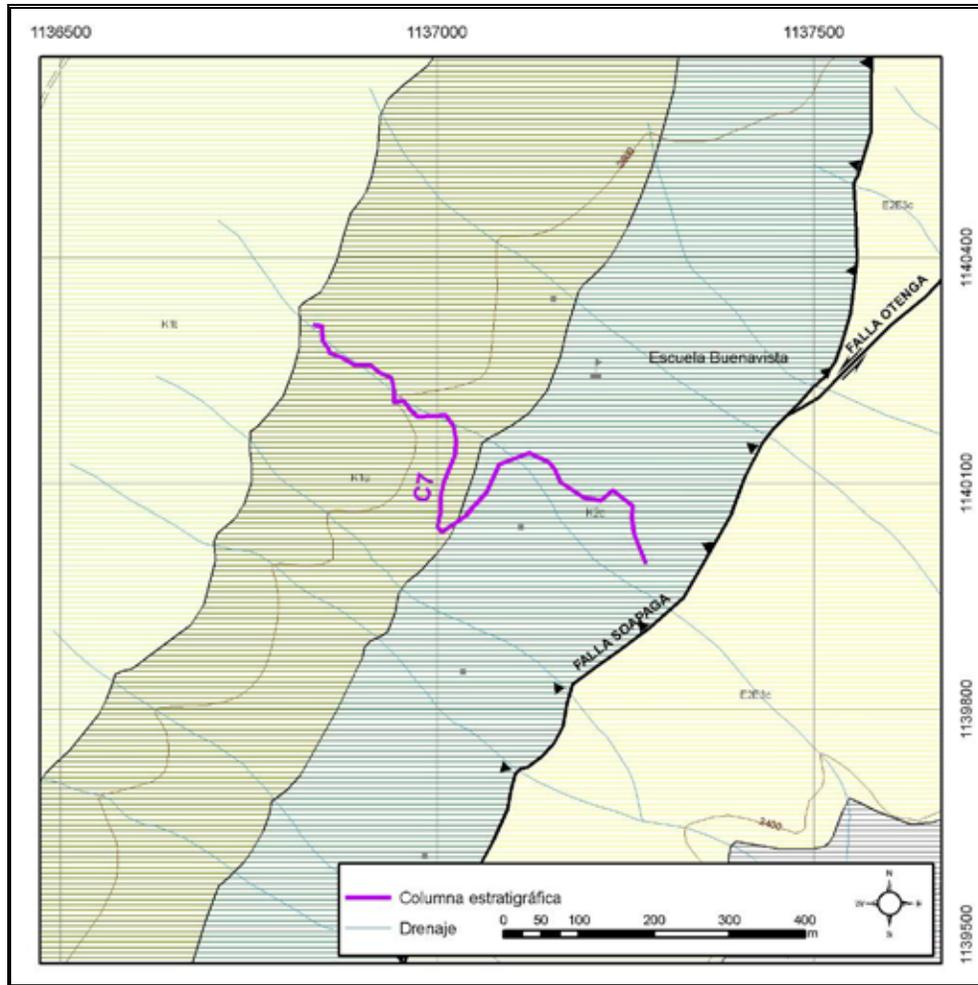


Figura 80. Localización de la Columna Estratigráfica 7, Sección C7. Datum Bogotá

En los últimos 19 metros (metro 242.2 a 261) de la unidad hay predominio de la arcillolita gris oscura con laminación ondulosa (Figura 83), sobre las capas subtabulares de arenitas cuarzosas y sublíticas de grano fino, laminación plano no paralela continua-discontinua con algo de glauconita y dominio de las estructuras biogénicas sobre las estructuras sedimentarias físicas: 3 M&S; y en el techo de la unidad un banco muy grueso de arenita cuarzosa de grano fino.

2.4.7.2.1. Facies

2.4.7.2.1.1. Facies Arenosas

❖ *Am: Cuarzoarenita masiva*

Arenitas de grano medio a fino con gradación normal, selección, moderada, granos subredondeados a redondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad buena, de color gris amarillento a naranja grisáceo (5Y 7/2 – 10YR 7/4), en capas métricas subtabulares y contactos neto planar; internamente sin estructura interna, excepto localmente con laminación inclinada discontinua; es apreciable la gradación normal; presenta zonas pequeñas irregulares oxidadas: Localmente es arenita friable.

❖ *App: Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela*

Arenitas de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: rosado grisáceo (5YR 8/1), crema pálido (10YR 8/2) hasta crema oscuro (10YR 6/6); geometría externa subtabular, contactos netos planar y ondulosa, en capas métricas; laminación plano paralela y localmente ondulosa originada por su composición y textura, con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; ocasionalmente son arenitas friables. Puede contener glauconita y nódulos ferruginosos.

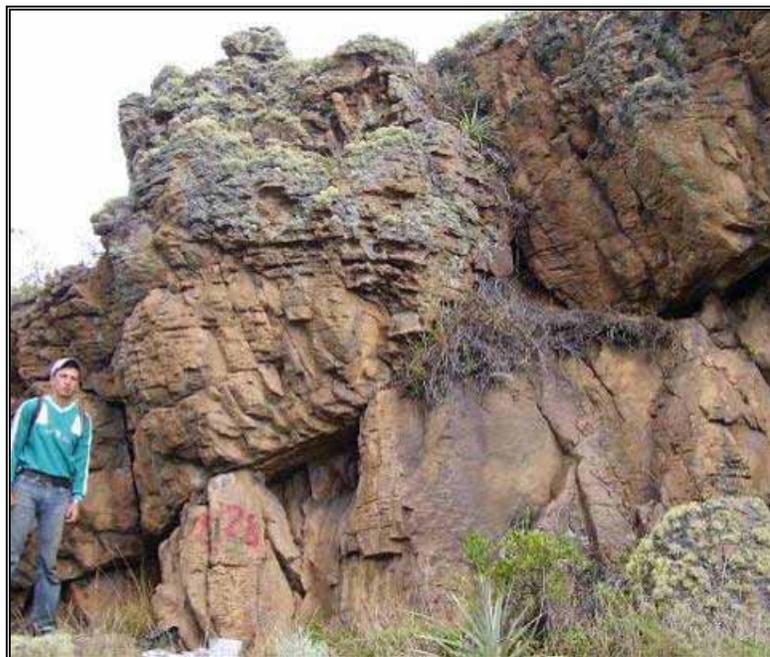


Figura 81. Foto: FC7-05. Metraje: 63.0. Azimut: 270°. Descripción: Capas subtabulares muy gruesas de arenitas de grano grueso con estratificación cruzada. Sección invertida. Unidad: Formación Une. Coordenadas: N= 1140277, E= 1136917, origen Bogotá.

❖ *Appg. Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela, glauconítica*

Arenitas cuarzosas de grano fino en capas medias tabulares, selección moderada, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad pobre, color amarillo, verde-grisáceo (5GY 7/2), con contacto neto planar, internamente laminación plano paralela continua con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S.

❖ *Appnpe. Cuarzoarenita con estratificación plana no paralela, ferruginosa*

Arenitas cuarzosas de grano fino en capas medias tabulares, selección moderada, granos redondeados a subredondeados, matriz arcillosa, cemento ferruginoso y silíceo, porosidad pobre, color marrón amarillento claro (10 YR 6/2) y marrón pálido (5YR 5/2), con contacto neto planar, internamente laminación plano no paralela continua-discontinua con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1-2 M&S; láminas carbonosas.

❖ *Apnp. Cuarzoarenita con laminación plana no paralela*

Arenitas de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: rosado grisáceo (5YR 8/1), crema (10YR 7/4) hasta crema oscuro (10YR 6/6); geometría externa subtabular, contactos netos planar y ondulosa, en capas métricas; laminación plana no paralela continua o discontinua, con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas; localmente impregnación de petróleo.



Figura 82. Foto: FC7-10. Metraje: 207.0 Azimut: 270°. Descripción: Capas medias subtabulares de cuarzoarenitas de grano grueso con estratificación cruzada. Sección invertida. Unidad: Formación Une
Coordenadas: N= 1140080, E= 1137045, origen Bogotá.



Figura 83. Foto: FC7-11. Metraje: 247.0. Azimut: 150°. Descripción: Capas delgadas y muy delgadas de arcillolitas negras y sublitoarenitas de grano fino; abundante bioturbación. Sección invertida. Unidad: Formación Une. Coordenadas: N= 1140119, E= 1137093, origen Bogotá.

2.4.7.2.1.2. Facies Finas

❖ *Aronp: Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela*

Arcillolitas de color gris oscuro (N3). La geometría externa es tabular con espesores muy gruesos, contacto neto planar; internamente laminación ondulosa no paralela con un carácter físil (shale), con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S. Presencia de horizontes delgados con nódulos de hierro, ocasionales nódulos de caliza y láminas de yeso.

❖ *Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela*

Consta de arcillolitas de color gris oscuro hasta gris medio (N3-N5), cemento calcáreo, espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a onduloso; internamente laminación ondulosa paralela discontinua que predomina sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; contiene pellets esféricos de 1 mm y elongados de 2 mm; zonas irregulares oxidadas, nódulos pequeños arenosos y ferruginosos, láminas de materia orgánica y contenido de foraminíferos.

2.4.7.2.1.3. Facies Heterolíticas

❖ *IA-Arob. Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y arcillolitas con laminación ondulosa, bioturbada*

Interlaminaciones / interestratificaciones de arenitas sublíticas de grano fino y arcillolitas con laminación ondulosa de color gris oscuro (N3), cemento silíceo y ferruginoso, de baja porosidad, con geometría externa tabular y contactos netos planares, predominio de las estructuras biogénicas sobre las estructuras sedimentarias físicas: 3 M&S, presentes en los planos de estratificación.

En la Tabla 8 se presenta el resumen de las facies encontradas.

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA C7. FORMACIÓN UNE. Localidad Sur de la Escuela Bellavista.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Am</i>	<i>Cuarzoarenita masiva</i>
<i>App</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela</i>
<i>Appg</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela, glauconítica</i>
<i>Apnpfe</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación plana no paralela, ferruginosa</i>
<i>Apnp</i>	<i>Cuarzoarenita con laminación plana no paralela</i>
FACIES FINAS	
<i>Aronp</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela</i>
FACIES HETEROLITICAS	
<i>IA-Arob</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y arcillolitas con laminación ondulosa, bioturbada</i>

Tabla 8. Facies presentes en la Formación Une. Columna Estratigráfica C7.



2.4.7.2.2. Asociaciones faciales. Ambientes de Depósito

De acuerdo con las facies descritas en la columna, se considera que el Une corresponde a un depósito de una costa clástica lineal, Selley, R. (1976). Este autor considera que en este tipo de costa se pueden considerar cuatro medios sedimentarios formados por dos zonas de alta energía y dos de baja energía, que se separan, de la costa hacia el mar, así: Llanura costera fluvial, complejo lagoon-llanura mareal, islas barrera y plataforma marina. Cada una de estas zonas tiene facies diferentes que pueden separarse por su litología, estructuras sedimentarias y seres vivos.

2.4.7.2.2.1. Asociación Facial 1 (B de Reineck & Singh 1980)

Dentro de la Zona de Llanura Costera Fluvial, se suelen distinguir subfacies como la llanura de inundación, canales, y canales abandonados. La asociación facial B corresponde a la subfacies de canal de ríos meandrificados y según Selley está formada por una superficie de erosión en la base recubierta por cantos exóticos, cantos de arcillas intraformacional, fragmentos de huesos y madera, que se originan en el lecho del canal. Sobre estos sedimentos se depositan arenitas con una gradación normal en el tamaño del grano, masivas o con estratificación planar y con estratificación cruzada de surco que pasan gradualmente a arenitas con estratificación plana tabular y cruzada de potencia menor y finalmente a arenitas finas laminadas y con microestratificación cruzada.

En la secuencia estudiada esta asociación puede, por comparación, distinguirse (no completa) en los siguientes segmentos:

Entre el bastón 5 y 8 (espesor 4,5 m.), formada por una cuarzoarenita, en capas muy gruesa, de grano grueso, con un contacto inferior neto irregular y con presencia de líticos de arenisca y de arcillolita hasta de 5 cm de diámetro mayor, con laminación plana continua no paralela, (*Apnp*). La asociación es muy incipiente y puede corresponder a la base de un canal o a un canal abandonado. Más arriba en la sección, se repite la asociación facial entre los bastones 14 y 33 (espesor 28,5 m), en la cual se observan cuarzoarenitas muy compactas en capas delgadas, de grano fino, homogéneas (*Am*) que hacia la parte superior gradan a grano muy fino, con laminación plana discontinua no paralela (*Apnp*), para iniciar una nueva asociación, ésta más completa, con gradación en el tamaño del grano de muy grueso a grueso, medio y muy fino, con laminación plana paralela continua (*App*), y la cual da paso a otra asociación hacia el tope del segmento, igualmente gradada.

La asociación se repite luego entre los bastones 38 y 49 (espesor 16,5 m) con un sector cubierto de unos 3 m, y entre los bastones 67 y 74,5, (espesor 11,25 m.), formada igualmente por cuarzoarenitas, con cierta gradación normal hacia el techo, con laminación plana paralela continua, (*App*) o plana no paralela continua, (*Apnpfe*) con unos niveles bioturbados levemente.

❖ Interpretación

La asociación, como se dijo al principio, corresponde a facies de canales aluviales de ríos meandrificados teniendo en cuenta los niveles de arenitas que presentan grupos o asociaciones de facies granodecrecientes, que se inician con conglomerados o rocas de grano muy grueso, algunas con líticos arcillosos y de chert, bancos homogéneos o de poca laminación la cual es plana paralela continua casi generalmente, y muy poca bioturbación.



2.4.7.2.2.2. Asociación Facial 2 (Llanuras mareales)

En la introducción del análisis facial se indicó que esta formación se interpretaba como un depósito de costa lineal la cual incluye varios medios sedimentarios de alta y baja energía. La asociación facial 2 se considera que corresponde a depósitos dentro de la denominada Llanura Mareal, en la cual, según Selley (1976), se depositan arenitas muy finas, delicadamente estratificadas, con eventuales marcas de oleaje y bioturbación, las cuales quedan cortadas por arroyos meandriformes en los cuales se depositan arenitas con un conglomerado residual en el fondo del canal y encima sedimentos finos en forma de barras de punta.

Por comparación con esta descripción de Selley, en la secuencia estudiada la asociación se presenta así:

Entre los bastones 74,5 y 81 (espesor 9,75 m), representada por arenitas muy compactas de grano medio a fino, en capas medias, bien estratificadas, con laminación plana no paralela discontinua, con bioturbación baja, (*Apnpfe*). Entre los bastones 90 y 92,5 (espesor 3,75), formada por un banco muy grueso de cuarzoarenita de grano fino, con laminación plana no paralela discontinua (*Apnpfe*). Entre los bastones 94 y 104 (espesor 15 m), formada por cuarzoarenitas de grano fino a medio, en capas de 10 a 30 cm. con bioturbación baja, con laminación plana no paralela discontinua con abundantes óxidos de hierro (*Apnpfe*). Luego entre los bastones 108 y 111 (espesor 4,5 m.), representada por cuarzoarenitas de grano medio en una capas muy gruesas, con laminación plana no paralela discontinua, bioturbada, (*Apnp*), la cual parece corresponder a un canal dentro de la llanura mareal. Más arriba la asociación se presenta entre los bastones 118,5 y 125,5 (espesor 10,5 m.), representada por cuarzoarenitas de grano medio a fino, en capas delgadas y medias, con bioturbación media, se observan vermíglifos y e icnofósiles en general, con laminación plana no paralela continua (*Apnp*), con una intercalación de arcillolita negra, laminada, con nódulos de hierro. Hacia arriba la asociación vuelve a presentarse entre los bastones 130 y 139 (espesor 13,5 m.), formada por cuarzoarenitas de grano medio a fino, con un nivel basal y otro en el techo de grano grueso a muy grueso, respectivamente en capas delgadas y medias, con bioturbación media, laminación plana no paralela, con láminas de hierro y presencia de glaucomita, (*Apnpfe*); el techo y la base de la asociación podrían corresponder a canales mareales. Finalmente la asociación aparece entre los bastones 142 y 146 (espesor 6 m.) y entre los bastones 151 y 155 (espesor 6 m), formada por cuarzoarenitas de grano medio, en capas medias, muy compactas, homogéneas en el primer sector señalado (*Am*) y por cuarzoarenitas de grano medio a grueso, homogéneas (*Am*) o con laminación plano paralela discontinua, (*Apnp*), en el segundo sector en el cual la parte basal parece corresponder a un canal mareal.

❖ Interpretación

La asociación corresponde, como se indicó más arriba, a llanuras mareales con presencia de canales mareales que la disectan. La presencia de arenitas en capas delgadas, bien estratificadas, con algo de bioturbación, y presencia de icnofósiles en algún nivel, la laminación en general plana no paralela discontinua y la presencia en algunos niveles de glaucomita, indican sedimentos de llanuras mareales. Algunos bancos de grano grueso pudieran indicar presencia de canales mareales que cortan la llanura mareal.

2.4.7.2.2.3. Asociación Facial 3

Esta asociación facial es de carácter arcilloso y separa la asociación facial de canales aluviales de ríos trenzados discutida arriba, por lo cual se considera que corresponde a depósitos sobre la



llanura aluvial de inundación, formada aquí casi exclusivamente por arcillolitas negras laminadas, con laminación ondulosa paralela discontinua, en general no bioturbada.

La asociación se presenta hacia la base de la formación entre los bastones 8 y 10 (espesor 3,00 m.) y entre los bastones 49 y 53 (espesor 4,5 m.). En los dos casos la asociación aparece cortada hacia el techo por sectores cubiertos y está formada por arcillolitas negras con laminación ondulosa paralela discontinua (**Arop**), con óxidos de hierro.

❖ Interpretación

La asociación pertenece a ambientes de llanura aluvial de inundaciones formadas por sedimentos finos depositados cuando los ríos sobrepasan el canal y cubren la llanura entre canales dejando depósitos finos arrastrados en suspensión.

2.4.7.2.2.4. Asociación Facial 4

Corresponde a ambientes de deposición de llanuras de inundación o lagoons en donde suelen encontrarse depósitos finos como arcillolitas pero pueden aparecer, dependiendo de su profundidad arenitas bien clasificadas. Los sedimentos presentan con alguna frecuencia ondulitas y bioturbación (Selley (1976).

Esta asociación se observa en la secuencia estudiada en los siguientes sectores:

Entre los bastones 81,5 y 94 (espesor 18,75 m.), representada por arcillolitas y capas delgadas de limolitas con calcos de carga y nódulos arenosos (**Arop**), cuarzo arenitas de grano medio, ferruginosas, con laminación plana discontinua no paralela, (**Apnpfe**); y arcillolitas con laminación ondulosa paralela discontinua, con nódulos de hierro y capas lenticulares muy delgadas de arenitas.

La asociación se repite entre los bastones 111 y 116 (espesor 7,5 m.) compuesta esencialmente por arcillolitas con laminación ondulada paralela discontinua (**Arop**); entre los bastones 125,5 y 130 (espesor 6,75 m.) en donde está formada por arcillolitas con laminación ondulosa paralela discontinua con nódulos ferruginosos y capas delgadas de arenitas de grano grueso, algo lenticulares (**IA-Arop**), con presencia de vermiglifos; entre los bastones 139 y 151 (espesor 18 m), compuesta por arcilloitas laminadas con delgadas intercalaciones de arenitas de grano grueso (**IA-Arop**), con nódulos arenosos y ferruginosos; y cuarzoarenitas con abundante moteado ferruginoso y nódulos ferruginosos (**Am**), homogéneas. Finalmente la asociación se presenta hacia el tope de la formación, entre los bastons 155 y 170,5 (espesor 23,25 m.), en donde aparece conformada por arcillolitas negras (**Arop**), arcillolitas con delgadas intercalaciones de sublitoarenitas bioturbadas con madrigueras y arenitas con glauconita.

❖ Interpretación

La asociación corresponde a depósitos de llanuras mareales o lagoons por la presencia de arcillolitas laminadas, limolitas, delgadas capas de arenitas bien seleccionadas, bioturbación y presencia de glauconita, que son sedimentos que caracterizan estos ambientes según Silley (1976).

2.4.7.3. Ambiente de Depósito de la Formación

La Formación Une, hacia su base, está representada por depósitos fluviales de relleno de canal en ríos meandricados y de llanuras aluviales de inundación como lo atestiguan las asociaciones 1 y 3; y



hacia arriba la sucesión corresponde a depósitos de llanuras mareales con arenitas finas cortadas por canales (asociación facial 2) y llanuras de marea lodosa, o lagoons (asociación facial 4).

2.4.7.4. Edad y Correlaciones

Con base a fauna colectada en el sector de Choachí (Cundinamarca) y en la vía Fosca – Une, a la formación se le asigna una edad comprendida entre el Albiano y el Cenomaniano. La formación se suele correlacionar con la Formación Aguardiente de la cuenca de Maracaibo, la cual presenta buenos afloramientos en el sector de Capitanejo (Santander) sobre el río Chicamocha al norte del área aquí estudiada.

2.4.8. Formación Chipaque (K_{2c})

2.4.8.1. Generalidades

Hubach (1931) le da el nombre a la formación, a la que inicialmente había denominada Conjunto Chipaque y bajo esta denominación engloba todos los sedimentos de la parte superior del Grupo Villeta. Posteriormente Renzoni (1962), redefine la formación con base a secuencias en la misma sección de Chipaque - Bogotá y con otra secuencia en la vía Choachí – Bogotá, incluyendo dentro de ella la secuencia arcillosa que se apoya sobre la formación Une y está superpuesta por la Arenisca Dura. En la Plancha 172 de Paz de Río, Ulloa *et all.* (2001) incluyen la formación Chipaque englobando en ella todos los sedimentos presentes entre el techo de la Formación Une y la base de la Formación Plaeners. Como el área trabajada está dentro de la plancha citada se conserva aquí el nombre de Formación Chipaque con la misma extensión utilizada por Ulloa.

La formación aflora en ambos flancos del Macizo de Floresta. En el sector occidental la formación aparece en la parte alta de una serie de colinas aisladas que se encuentran al este de la Falla de Boyacá, entre Santa Rosa de Viterbo y Belén. Al norte de Belén se observa una franja importante que se prolonga hasta el extremo sur del Páramo de la Rusia, descansando concordantemente sobre las rocas de la Formación Une y cubierta hacia el oeste por sedimentos recientes Cuaternarios. En este sector se hicieron controles sobre traversas que muestran, al oriente de Cerinza, travesa 15: limolita de geometría ondulosa, no paralela, de color gris medio, se presentan en un paquete de unos 10 m de espesor y subordinadas se observan capas de cuarzoarenita de grano fin, bien calibradas de grano subredondeado, muy oxidadas, con cemento silíceo, de color blanco, (Estación 15 JC 199); arcillolitas y lodolitas en capas con geometría externa ondulosa no paralela y ondulosa paralela, con colores gris claros a negros y morenos grisáceos, (Estación 15 JC 200, JC 2002, JC 2003, y JC 2004); y cuarzoarenitas en capas gruesas, tabulares, de grano medio a fino, con glauconita y mica moscovita, de color gris marrón claro y blanco. Al sureste de Belén sobre la travesa estructural 14, se observaron: subarcosas de grano muy fino y limolitas arenosas, en capas tabulares, con mica y material carbonos en fragmentos, color crema y gris amarillento; (Estación JM 176); arcosas en capas gruesas y muy gruesas, tabulares, con laminación ondulosa paralela, continua, matriz arcillosa, con mica y material carbonoso en fragmentos, color amarillento y gris amarillento, (Estación JM 177), y cuarzoarenitas y subarcosas de grano fino, en capas finas y medias, tabulares y subtabulares, color café a marrón, (Estación JM 178 y JM 179).

En el lado oriental del Macizo de Floresta la formación se presenta, no completa, en una franja que se extiende al norte de la vía Corrales – Busbanzá, descansando concordantemente sobre la formación Une al occidente y cortada por la Falla de Soapaga por el oriente. La franja tiene una longitud de unos 9 km. y un ancho máximo de 700 m sobre la quebrada Buntia y se encuentra invertida por acción de la falla mencionada. La formación se presenta igualmente en el núcleo de la



estructura anticlinal de San Antonio la cual muestra un cierre perianticlinal hacia el sur marcado por la Formación Plaeners que se le superpone y queda cortada hacia el oeste y norte por la falla Canelas. Finalmente la formación presenta afloramientos en forma de cuña, en el extremo nororiental del área cerca del Municipio de Sátiva Sur en donde está en contacto con la Formación Girón, por el occidente, por medio de la Falla Boquerón y al oriente, separada de la Formación Concentración por la Falla de Soapaga.

2.4.8.2. Sección Estratigráfica

Sobre la primera franja descrita (sector al norte de la vía Corrales – Busbanzá) se levantó una secuencia inmediatamente al sur de la Escuela Bellavista, secuencia invertida, que muestra la parte basal desde las capas arenosas de la Formación Une y parte media de la formación sin alcanzar el techo, la cual se presenta en el Anexo 5 Sección C7. En los afloramientos del núcleo del Anticlinal de San Antonio al oriente del río Chicamocha, se levantó una segunda secuencia de la formación que cubre algo de la parte media y el techo de la formación llegando hasta las primeras capas de la Formación Plaeners (Anexo 5, Sección C9). Estas dos secuencias se analizan a continuación.

2.4.8.2.1. Sección de la Escuela Bellavista. Parte Inferior de la Formación

Acceso. Partiendo con rumbo N por un carretable desde el costado W del municipio de Corrales y a una distancia aproximada de 3.5 km, se llega a la escuela Buenavista; la columna se inicia a 225 metros al sur de la escuela. (Ver Figura 80).

Descripción. La Formación Chipaque, está conformada (metro 261 a 351) en la base por capas muy gruesas de calizas tipo packstone con fragmentos y conchas enteras, equinodermos y estructuras biogénicas, calizas (mudstone) en capas delgadas bioturbadas, intercalación de arcillolitas y niveles de sublitoarenitas de grano fino, en capas gruesas, con intraclastos de chert y lodolitas las cuales van dando paso a materiales finos y a las calizas. A partir del metro 351 la depositación vuelve a variar, ahora empiezan a desaparecer las calizas y aparecer la arenitas cuarzosas masivas, pero siempre con dominio de las arcillolitas laminadas grises, las cuales rematan hacia el techo de la columna estratigráfica (metro 405) (Figura 84).

2.4.8.2.1.1. Facies Arenosas

❖ *Am: Cuarzoarenita masiva*

Arenitas de grano medio a fino con gradación normal, selección, moderada, granos subredondeados a redondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad pobre, de color gris amarillento a naranja grisáceo (5Y 7/2 – 10YR 7/4), en capas métricas subtabulares y contactos neto planar; internamente sin estructura interna.

❖ *Aop: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela*

Arenitas cuarzosas de grano fino con selección buena, granos redondeados, cemento silíceo, porosidad pobre, color naranja grisáceo (10YR 7/4), geometría externa tabular con contactos netos planares e internamente con laminación ondulosa discontinua paralela.



Figura 84. Foto: FC7-12. Metraje: 399.0. Azimut: 30°. Descripción: Sucesión gruesa de shale con nódulos ferruginosos y capas tabulares de sublitoarenita de grano fino con fragmento de conchas. Sección invertida. Unidad: Formación Chipaque Coordenadas: N= 1140003, E= 1137284, origen Bogotá.

❖ ***Appg: Cuarzoarenita con estratificación plano paralela, glauconítica***

Arenitas cuarzosas de grano fino en capas medias tabulares, selección moderada, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad pobre, color amarillo, verde-grisáceo (5GY 7/2), con contacto neto planar, internamente laminación plano paralela continua con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S. Presenta glaucomita.

❖ ***Apnpfe: Cuarzoarenita con estratificación plano no paralela, ferruginosa***

Arenitas cuarzosas de grano fino en capas medias tabulares, selección moderada, granos redondeados a subredondeados, matriz arcillosa, cemento ferruginoso y silíceo, porosidad pobre, color marrón amarillento claro (10 YR 6/2) y marrón pálido (5YR 5/2), con contacto neto planar, internamente laminación plano no paralela continua-discontinua; madrigueras sobre el techo y sobre la base, láminas carbonosas.

❖ ***Alopf: Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, fosilífera***

Constituida por arenitas sublitoarenitas de grano fino a muy fino, selección pobre, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento calcáreo y ferruginoso, porosidad pobre, de color marrón amarillento pálido (10YR 6/2) a rojo grisáceo (5R4/2); geometría externa tabular en capas medias con contactos plano planar; internamente laminación ondulosa paralela continua y discontinua con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1-2 M&S; intraclastos lodosos y fragmento de conchas.

❖ ***Aloffe: Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, ferruginosa***

Sublitoarenitas ferruginosas, de grano fino en capas medias tabulares, selección moderada, granos redondeados a subredondeados, matriz arcillosa, cemento ferruginoso y silíceo, porosidad pobre,



color marrón amarillento claro (10 YR 6/2) y marrón pálido (5YR 5/2), con contacto neto planar, internamente laminación plano no paralela continua-discontinua, con fragmentos de fósiles, líticos de chert, madrigueras sobre la base y ramificadas; láminas carbonosas.

❖ ***Alpnf: Sublitoarenitas con fragmentos de conchas e intraclastos de chert***

Sublitoarenitas de grano fino, en capas gruesas, tabulares, laminación plan paralela discontinua; bioturbada, con fragmentos de conchas e intraclastos de chert y lodosos, matriz arcillosa y cemento silíceo.

❖ ***Almf: Sublitoarenitas con fragmentos de conchas***

Sublitoarenitas con 10% de fragmentos de conchas, contactos netos planares, bioturbadas.

2.4.8.2.1.2. Facies Finas

❖ ***Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela***

Consta de arcillolitas de color gris oscuro hasta gris medio (N3-N5), espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a ondulado; internamente laminación ondulosa paralela discontinua, contiene nódulos de hierro, concreciones calcáreas, calcita en fracturas, con intercalaciones muy delgadas de sublitoareniscas ferruginosas y de caliza (mudstone), con estructura cono en cono, con icnofósiles, madrigueras verticales y sobre el techo.

❖ ***Aronp: Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela***

Arcillolitas de color gris oscuro (N3). La geometría externa es tabular con espesores muy gruesos, contacto neto planar; internamente laminación ondulosa no paralela con un carácter físil (shale), con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S. Presencia de horizontes delgados con nódulos de hierro, ocasionales nódulos de caliza y láminas de yeso.

❖ ***Lionp: Limolitas con laminación ondulosa no paralela***

Limolitas con láminas y cintas ferruginosas, color gris oscuro, láminas carbonosas.

2.4.8.2.1.3. Facies Calcáreas

❖ ***Ppp: Packstone con estratificación plano paralela***

Consiste de packstone de conchas, fragmentos de conchas y equinodermos completos en capas medias de geometría tabular y contactos netos planares, matriz calcárea, cemento calcáreo, de color gris medio (N5), internamente laminación plano paralela continua; madrigueras horizontales y verticales

2.4.8.2.1.4. Facies Heterolíticas

❖ ***IM-Arob: Interlaminaciones / Interestratificaciones de mudstone y arcillolitas con laminación ondulosa no paralela, ligeramente bioturbada***

Mudstone en capas delgadas, tabulares, contactos netos, laminación ondulada no paralela discontinua, con intercalaciones de shale, color gris oscuro. Presenta bioturbación con madrigueras horizontales y verticales.

❖ ***Mb: Mudstone en capas delgadas***

Calizas en capas delgadas con bioturbación, estructuras como en cono. Se presentan intercaladas dentro de niveles gruesos de shale.

❖ ***IA-Aro: Arcillolitas con intercalaciones de capas delgadas de sublitoarenitas***

Shale de color negro, con delgadas intercalaciones de sublitoarenitas con intraclastos de chert, muy ferruginosas.

❖ ***IA-Arof: Arcillolitas con intercalaciones delgadas de sublitoarenitas con fragmentos de conchas.***

Shale con nódulos ferruginosos hasta de 20 cm. de diámetro mayor, con intercalaciones de sublitoarenitas en capas delgadas con fragmentos de conchas.

La Tabla 9 resume las facies descritas en la sección.

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C7 FORMACIÓN CHIPAQUE. Escuela Buenavista.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Am</i>	<i>Cuarzoarenita masiva</i>
<i>Aop</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Appg</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación plano paralela, glauconítica</i>
<i>Apppf</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación plano no paralela, ferruginosa</i>
<i>Alopf</i>	<i>Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, fosilífera</i>
<i>Alopf</i>	<i>Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, ferruginosa</i>
<i>Alpnpf</i>	<i>Sublitoarenitas con fragmentos de conchas e intraclastos de chert</i>
<i>Almf</i>	<i>Sublitoarenitas con fragmentos de conchas</i>
FACIES FINAS	
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Aronp</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Lionp</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
FACIES CALCAREAS	
<i>Ppp</i>	<i>Packstone con estratificación plano paralela</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>IM-Arob</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de mudstone y arcillolitas con laminación ondulosa no paralela, ligeramente bioturbada</i>
<i>Mb</i>	<i>Mudstone en capas delgadas</i>
<i>IA-Aro</i>	<i>Arcillolitas con intercalaciones de capas delgadas de sublitoarenitas</i>
<i>IA-Arof</i>	<i>Arcillolitas con intercalaciones delgadas de sublitoarenitas con fragmentos de conchas.</i>

Tabla 9. Facies presentes en la Formación Chipaque. Columna Estratigráfica C7.



2.4.8.2.1.5. Asociaciones Faciales. Ambientes de depositación

Para el análisis de las asociaciones faciales de esta secuencia se ha considerado que la formación corresponde a depósitos de plataforma en costas carbonatadas, siguiendo en cierta forma la teoría propuesta por Irwin (1965). Según Irwin dentro de estas secuencias carbonatadas se pueden distinguir tres zonas (con facies sedimentarias características) que pasan unas a otras desde el centro de la cuenca hacia la costa. Estas tres zonas están relacionadas directamente con el nivel del mar y con el nivel de base de las olas que corresponden a dos superficies paralelas y horizontales. Por debajo de la acción de las olas en la parte más profunda de la cuenca, se encuentra la zona denominada “X” dominada por un ambiente tranquilo de muy baja energía en donde la sedimentación se hace por decantación de lodo fino, allí la fauna se conserva in situ y completa. Pasanado hacia el continente se encuentra una zona en donde por encima del nivel de base de las olas, sometida a su acción y caracterizada por ser una zona turbulenta que Irwin denomina “Y” en donde el lodo calcáreo es arrastrado y las conchas carbonatadas rotas y reducidas a arenas esqueléticas, pero se pueden formar oolitos. Los depósitos en esta zona se acumulan en barreras y barras. Siguiendo hacia la costa el fondo marino es cada vez más somero y se presenta una zona de baja energía y restringida en donde las condiciones son de “lagoon” denominada “Z” en esta última zona hay depósito de arenas esqueléticas y de pellets fecales con micritas (packstone y wackstone). Más hacia la costa se pasa a llanuras mareales con depósitos de limos carbonatados laminados, bioturbados y si las condiciones son propicias formación de dolomías y evaporizas.

La secuencia (Anexo 5, sección C7) se ha dividido en cuatro asociaciones faciales siguiendo las zonas de Irwin, de la base al techo, señalando que la secuencia no alcanzó su parte superior.

2.4.8.2.1.6. Asociación Facial 1 (Submareal de Barrera Zona “Y”)

Se extiende entre los bastones 174 y 183 (espesor de 13,5 m.) y se superpone a las cuarzoarenitas de la Formación Une. Esta conformada por calizas (Packstone), en capas muy gruesas, con conchas enteras de equinodermos y fragmentos de conchas (15%), con estructuras biogénicas, (*Ppp*) y calizas (mudstone) en capas delgadas bioturbadas, que se intercalan con arcillolitas (*IM Arob*). Acompañan a las calizas, niveles de sublitoarenitas de grano fino, en capas gruesas, con intraclastos de chert y lodosos y fragmentos de conchas (*Alopte*, *Alpnpf* y *Alopf*); arcillolitas laminadas con nódulos de hierro y nódulos calcáreos (*Aronp*) y finalmente limolitas hacia la parte superior del segmento.

❖ Interpretación

El depósito tiene origen en la zona Y de Irwin (1965) caracterizada por la presencia de calizas (Packstone) con fragmentos de conchas y de capas de sublitoarenitas con intraclastos lodosos que indican medios turbulentos por estar por encima de la acción de las olas en una plataforma carbonatada.

2.4.8.2.1.7. Asociación Facial 2 (Plataforma Externa Zona “X”)

Está comprendida entre los bastones 183 y 206 (espesor 34,5 m.). Está formada en un alto porcentaje por arcillolitas de color gris oscuro, laminadas (shale), en niveles gruesos pero siempre con delgadas intercalaciones de arenitas muy finas de tipo sublitoarenitas con intraclastos de chert las de la parte basal y con fragmentos de fósiles las del techo (*Aronp*, *IA Aro*, *Arop*). Separando los niveles de arcillolitas se observan sublitoarenitas, cuarzoarenitas y subarcosas, formando niveles delgados. Máximo de 2,70 m y algunas de las cuales son bioturbadas, con icnofósiles en general.



❖ *Interpretación*

El segmento por su composición coincide con un depósito de baja energía, por debajo de la acción de las olas, que corresponde a la Zona X de Irwin, en la parte externa de una plataforma de costas carbonatadas. Las arnitas finas, cuarzo arenitas, sublitoarenitas y la abundancia de arcillolitas laminadas lo atestiguan.

2.4.8.2.1.8. Asociación Facial 3 (Sub-Mareal de Barrera)

Este segmento es ampliamente arcilloso y presenta intercalaciones muy delgadas de calizas (mudstone), las cuales contienen o fragmentos de fósiles o icnofósiles en general y algunas estructuras de cono en cono (**Mb**). Las arcillolitas presentan lentes ferruginosos que llegan a formar especies de capas hasta de 10 cm, nódulos ferruginosos (**Arop**)

El segmento está comprendido entre los bastones 206 y 238 (espesor 48 m.) pero presenta dos sectores cubiertos de 13,50 y 2 m. que deben corresponder a arcillolitas.

❖ *Interpretación*

El segmento vuelve a ser un depósito de la zona de barrera (Zona Y de Irwin) que separa la plataforma externa de la zona de “lagoon” y quizá más próxima a la zona Z, por las calizas delgadas.

2.4.8.2.1.9. Asociación Facial 4 (Plataforma Externa y Tránsito hacia la Zona de Barrera)

En este segmento de unos 54 m de espesor vuelve a presentarse un dominio marcado de arcillolitas con nódulos y cintas ferruginosas de color gris oscuro (N3), en capas tabulares, con laminación ondulosa no paralela (**Aronp**), formando paquetes de espesor que puede llegar hasta un poco más de 10 m y en ocasiones con delgadas intercalaciones de sublitoarenitas (**IA-Arof**) las cuales tienen fragmentos de fósiles y hacia el techo del segmento, contienen nódulos de hierro, nódulos calcáreos y yeso en fracturas. Dentro de los paquetes de arcillosita se intercalan niveles de cuarzoarenitas (**Am**) en capas tabulares de espesor medio a grueso, generalmente homogéneas aun cuando algún nivel muestra laminación ondulosa, paralela discontinua; y capas de sublitoarenitas en las cuales (**Almf, Alop, Alpnf**) los líticos son fragmentos de conchas distribuidos aleatoriamente y con en las que casi siempre hay bioturbación. Resalta la presencia en una capa de sublitoarenita, muy delgada (0,70 m), de impregnación de aceite. Hacia la parte baja del segmento se encontró una caliza de 0,40 m con estructura cono en cono.

❖ *Interpretación*

El segmento es representativo de un tránsito entre la zona X y la zona Y de Irwin. Contiene abundantes arcillolitas y arenitas que representan un medio de aguas tranquilas por debajo de la acción de las olas (Zona X) y algunas litoarenitas con fragmentos de fósiles que muestran ya un ambiente más agitado, turbulento, propio de la zona Y de Irwin

2.4.8.2.2. Sección del Anticlinal de San Antonio; vereda San Isidro, Municipio de Tasco

Acceso. El sitio de levantamiento de a columna se encuentra a unos 2.5 kms al SW de Tasco, casi paralela a la margen derecha de la quebrada Tenería (vereda San Isidro), bajando de la carretera unos 170 metros con rumbo NW (Figura 85).

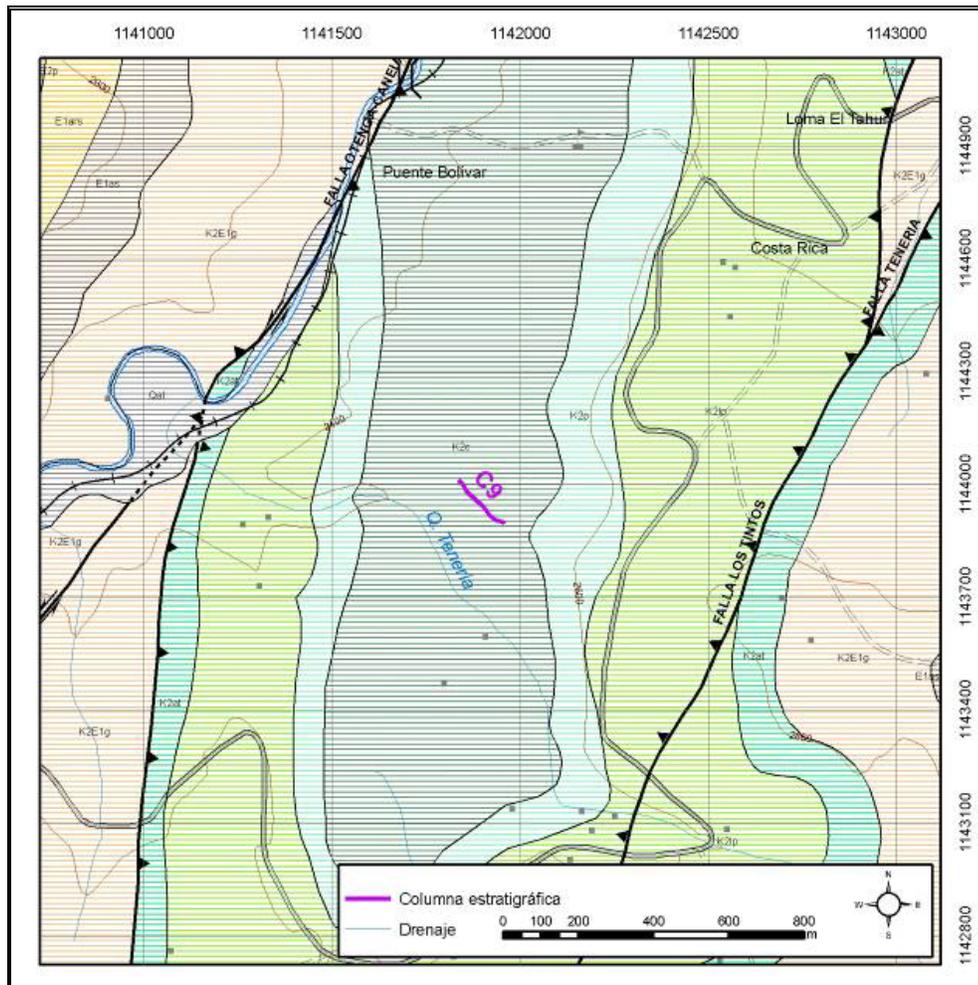


Figura 85. Localización de la Columna Estratigráfica 9, Sección C9. Datum Bogotá

Descripción. La columna consta de 157.7 metros de la parte media alta y alta de la Formación Chipaque (metro 0 a 157.5) y 7.3 metros de la base de la Formación Plaeners (metro 157.7 a 165). Inicia con capas tabulares de arenitas cuarzosas de grano fino con estratificación ondulosa no paralela con cemento algo calcáreo y enseguida (hasta el metro 69) muestra un predominio marcado de facies finas principalmente arcillolitas y en menor proporción limolitas algunas de las cuales con delgadas intercalaciones de arenitas. Inmediatamente (metro 69 a 105) empiezan a aparecer los niveles de arcillolitas con intercalaciones de chert, calizas tipo mudstone y lodolitas calcáreas en capas delgadas como facies subordinadas. La parte superior de la secuencia (Figura 86), (metro 105 a 120.5) compuesta por interposiciones de cuarzoarenitas, limolitas y arcillolitas. Del metro 120.5 hasta el metro 149 son facies netamente finas de limolitas y menor grado arcillolitas, terminando con medio metro de caliza. El techo (Figura 87), (metro 149 a 157.5) de presenta una alternancia (7



metros) de capas muy delgadas tabulares de arenitas de grano fino y limolitas grises, rematando con 1.5 metros de arcillolita laminada con nódulos arenosos y ferruginosos. En contacto neto concordante se encuentran 7.3 metros de la Formación Plaeners, compuesta por capas tabulares delgadas de chert y limolitas silíceas con nódulos calcáreos grandes.

2.4.8.2.2.1. **Facies Arenosas**

❖ *Ao-ca: Cuarzoarenitas con laminación ondulosa ligeramente calcárea*

Cuarzoarenitas con cemento calcáreo, feldespatos < 10%, contactos netos, capas tabulares, laminación lenticular, color amarillo oscuro pálido (10YR 6), con nódulos arenosos y calcáreos

2.4.8.2.2.2. **Facies Finas**

❖ *Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela*

Consta de arcillolitas de color hasta gris claro medio (N6), espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a onduloso; internamente laminación ondulosa paralela discontinua, contiene nódulos de hierro, nódulos calcáreos ovalados hasta de 10 cm.

❖ *Aronp: Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela*

Arcillolitas de color gris oscuro (N3). La geometría externa es tabular con espesores muy gruesos, contacto neto planar; internamente laminación ondulosa no paralela con un carácter físil (shale). Presencia de horizontes delgados con nódulos de hierro, ocasionales nódulos de caliza y láminas de yeso.

❖ *Lionp: Limolitas con laminación ondulosa no paralela*

Limolitas con láminas y cintas ferruginosas, color gris oscuro, láminas carbonosas. Contactos netos paralelos, laminación ondulosa no paralela.

❖ *Lipnp –ca: Lodolitas calcáreas en capas delgadas*

Lodolitas calcáreas, en capas delgadas, contacto netos paralelos, capas tabulares, laminaciones planas paralelas discontinuas, color gris oscuro.

2.4.8.2.2.3. **Facies Calcáreas**

❖ *MI: Mudstone en capas delgadas*

Calizas (mudstone), contactos netos planares, laminación lenticular, color gris oscuro en capas delgadas.

2.4.8.2.2.4. **Facies Heterolíticas**

❖ *IA-Lipp: Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y limolitas con laminación plano paralela*

Interlaminaciones / interestratificaciones de arenitas de grano fino – muy fino, en capas medias lenticulares color gris oscuro (N3) y limolitas laminadas en capas delgadas tabulares de color gris

oscuro (N3), con laminación ondulosa paralela discontinua. Hay láminas carbonosas y óxidos de hierro.

❖ **Lipnp: Limolitas con intercalaciones muy delgadas de arenitas**

Limolitas con intercalaciones muy delgadas de arenisca. Laminación plana no paralela discontinua, color amarillo oscuro pálido (10YR 6), con óxidos de hierro. Ocasionalmente limolitas silíceas muy compactas con nódulos calcáreos y pellets.

❖ **IA-Li-Arop: Cuarzoarenitas micáceas con intercalaciones de limolitas y arcillolitas**

Cuarzoarenitas micáceas, en capas muy delgadas, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas. Contactos netos planares, laminación plan no paralela discontinua a ondulosa no paralela discontinua, color amarillo oscuro pálido (10YR-6).

❖ **IAr-che. Arcillolitas con niveles muy delgados de chert**

Arcillolitas gris oscuras, laminación ondulosa no paralela, con delgadas (10cm) intercalaciones de chert.

❖ **Chpp: Chert y limolitas silíceas en capas delgadas**

Chert y limolitas silíceas muy compactas, en capas delgadas, contactos netos planares, capas tabulares laminación plano paralela discontinua color gris claro medio (N6), con grandes nódulos calcáreos ovalados, óxidos de hierro y láminas carbonosas.

La Tabla 10 resume las facies descritas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C9 FORMACIÓN CHIPAQUE. Vereda San Isidro Municipio de Tasco.	
FACIES ARENOSAS	
Ao-ca	Cuarzoarenitas con laminación ondulosa, ligeramente calcáreas
FACIES FINAS	
Arop	Arcillolitas con laminación ondulosa paralela
Aronp	Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela
Lionp	Limolitas con laminación ondulosa no paralela
Lipnp-ca	Lodolitas calcáreas en capas delgadas
FACIES CALCAREAS	
MI	Mudstone en capas delgadas
FACIES HETEROLÍTICAS	
IA-Lipp	Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y limolitas con laminación plano paralela
Lipnp	Limolitas con intercalaciones muy delgadas de arenitas
IA-Li-Arop	Cuarzoarenitas micáceas con intercalaciones de limolitas y arcillolitas
IAr-che	Arcillolitas con niveles muy delgados de chert.
Chpp	Chert y limolitas silíceas en capas delgadas

Tabla 10. Facies presentes en la Formación Chipaque., Columna Estratigráfica C9.



2.4.8.2.3. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

La secuencia no alcanzó la base de la formación, corresponde a la parte superior. Su contacto con la Formación Plaeners es concordante y quizá algo transicional. Se han distinguido tres asociaciones faciales, de la base hacia el techo:

2.4.8.2.3.1. Asociación Facial 1 (Plataforma Externa. Zona “X”)

Tiene un espesor de 68,30 m y muestra un predominio marcado de facies finas principalmente arcillolitas (**Aronp**) y como facies subordinadas hay limolitas (**Lipnp**) algunas con delgadas intercalaciones de arenitas, y facies arenosas representadas por cuarzoarenitas (**Ao-ca**), en esporádicas capas de poco espesor, ocasionalmente con cemento calcáreo.

❖ Interpretación

La sedimentación esencialmente fina y con presencia de niveles de cuarzoarenita delgados, muestran un ambiente de deposición en aguas tranquilas que obviamente se relacionan con la Zona X de una plataforma externa carbonatada.

2.4.8.2.3.2. Asociación Facial 2 (Plataforma Externa. Tránsito a la Zona de Barrera)

Tiene un espesor de 36,7 m con un sector cubierto hacia el techo del segmento de 13,5 m. que supuestamente corresponde a facies finas. Como facies dominantes de este segmento pueden considerarse los niveles de arcillolitas con intercalaciones de chert (**IAr-Che**) y como facies algo subordinadas niveles de calizas (mudstone) y de lodolitas calcáreas en capas delgadas (**Lipnp-ca**)

❖ Interpretación

Al igual que el segmento anterior, éste es característico de la zona externa de plataforma, con un ambiente de aguas tranquilas por debajo del oleaje. La presencia de calizas (mudstone) y lodolitas calcáreas pueden mostrar algo de tránsito hacia la zona Y de barrera.

2.4.8.2.3.3. Asociación Facial 3

Es la parte superior de la secuencia superpuesta concordantemente por niveles de chert de la Formación Plaeners. El segmento tiene un espesor de 52,5 m, con tres sectores cubiertos de 7,5, 3,0 y 9 m. de espesor, hacia la parte baja y media del segmento. Como facies dominante del segmento están las intercalaciones de cuarzoarenitas siempre en capas delgadas con limolitas y arcillolitas (**IA-Li Arop e IA-Lipp**). Como facies subordinadas hay facies de arcillolitas laminadas, (shales), con nódulos ferruginosos y calcáreos (**Aronp**) y niveles de limolitas delgadas (**Lionp**).

❖ Interpretación

Este segmento, con preponderancia de sedimentos finos y cuarzoarenitas en capas delgadas, corresponde a un ambiente de aguas tranquilas por debajo de la acción de las olas, es decir, la zona de Plataforma Externa “X”.



Figura 86. Foto: FC9-01. Metraje: 106.0. Azimut: 85°. Descripción: Capas muy delgadas de Cuarzoarenitas micáceas alternando con limolitas y arcillolitas. Unidad: Formación Chipaque. Coordenadas: N= 1143891, E= 1141956, origen Bogotá.

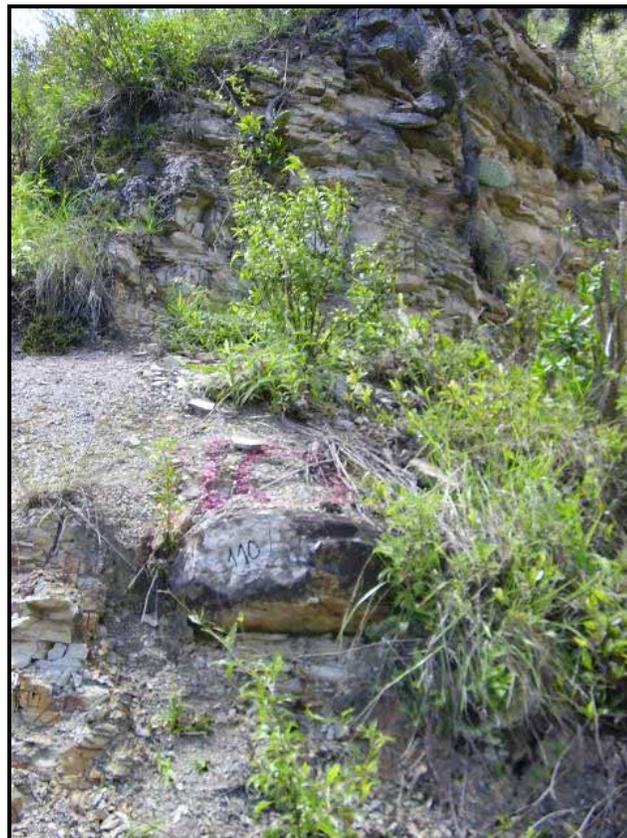


Figura 87. Foto: FC9-02. Metraje: 157.5. Azimut: 195°. Descripción: Contacto neto concordante entre shale gris y niveles delgados de chert y limolitas silíceas. Unidad: Contacto Chipaque – Plaeners. Coordenadas: N= 1143871, E= 1142043, origen Bogotá.

2.4.8.3. Ambiente de Depósito de la Formación

En general la secuencia muestra un depósito de plataforma carbonatada con oscilaciones entre la zona externa, (Zona X), en la cual la acción de las olas no existe y de la zona de barrera (Zona Y), de aguas turbulentas por encima del nivel de las mismas. Estas oscilaciones en el depósito muestran variaciones en el nivel del mar con ascensos y descensos, posiblemente de carácter eustático.

2.4.8.4. Edad y Correlaciones

A la formación se le da una edad Cenomaniano a Coniaciano o Santoniano según faunas colectadas en el techo de la formación Une, unidad infrayacente y en la base de la Formación Arenisca Dura que en el área próxima a Bogotá se le superpone.

2.4.9. Formación Plaeners (K_{2p})

2.4.9.1. Generalidades

El nombre y su descripción original se debe a Hubach (1931) como parte integrante de la Formación Guadalupe superior, en el área al oriente de Bogotá, quien la designó inicialmente como Horizonte de Plaeners y posteriormente Miembro Plaeners. Renzoni (1962) le da la categoría de Formación, en el mismo sector en donde fue descrita por Hubach. El mismo Renzoni (1967) emplea el término de Formación Plaeners en la Plancha 171 de Duitama y Ulloa *et all.* (2001) lo utiliza en la Plancha 170 de Paz de Río dentro de la cual está la zona aquí trabajada. Guerrero, J & Sarmiento, G. (1996), indican que esta formación aquí denominada Plaeners tiene en el área de Paz de Río una litología comparable con la Formación Arenisca Dura y así debía denominarse. Sin embargo en el área es clara la posición de la Formación Chipaque superpuesta por lo que se denomina aquí Formación Plaeners y a la cual se le superpone la Formación Pinos ahora definida en la localidad de la Inspección de Policía Los Pinos al oriente de la población de Socha, por Ulloa *et all* (2001).



Figura 88. Estación: JM173. Foto: FJM173. Tipo: Detalle. Carpeta: JM. Acimut: 234°. Descripción: Fracturamiento en capas tabulares finas a muy finas de Limolitas silíceas color gris medio a crema. Unidad: Formación Plaeners (K_{2p}). Coordenadas: X= 1126036.142-Y= 1155708.06. Origen Bogotá

En el área cartografiada, la formación aparece en dos pequeños sectores sobre el lado occidental del Macizo de Floresta. El primero se encuentra al occidente del Municipio de Belén, con una longitud de 2,3 km. y un ancho de unos 180 m. Está superpuesta a las arcillolitas de la Formación Chipaque y se encuentra suprayacida por rocas de la Formación Los Pinos, quedando cortada hacia el norte por la Falla de Boyacá y hacia el sur cubierta por sedimentos Cuaternarios. El segundo sector se observa en el borde noroccidental de la zona trabajada en las estribaciones del Páramo de la Rusia, y allí tiene una longitud de 1,2 km. y un ancho de unos 220 m superponiéndose a la Formación Chipaque y recubierta por sedimentos fluvio-glaciares. En forma general la formación está compuesta por lodolitas calcáreas en estratos delgados con intercalaciones de limolitas silíceas gris claras, en capas medias a gruesas y ocasionales niveles de chert (Ingeominas 2001). En los controles de campo del presente trabajo específicamente en la travesa estructural 14, se describieron dos afloramientos que muestran: chert con limolitas silíceas en capas muy finas a afinas, tabulares con laminación plana paralela, ondulada paralela continuo o laminación inclinada de bajo ángulo, color gris oscuro a crema, (Estación JM 173, Figura 88 y Estación JM174, Figura 89). En el segundo sector se cortó la formación con la travesa geológica 03 y se observaron lodolitas arenosas, en capas muy finas con geometría externa ondulada no paralela, masivas, de color gris oscuro (Estación 03JC179, Figura 90).



Figura 89. Estación: JM174. Foto: FJM174. Tipo: Afloramiento. Carpeta: JM. Acimut: 275° a 15°. Descripción: Intenso fracturamiento y replegamiento en capas tabulares finas a muy finas de limolitas silíceas y chert. Unidad: Formación Plaeners (K₂p). Coordenadas: X= 1126121.419-Y= 1155702.707. Origen Bogotá.

En lado oriental del Macizo de Floresta la formación aparece en una franja muy delgada en la Quebrada Otengá, en una secuencia Cretácica invertida y cortada por la falla de Soapaga. Allí solo aparece la base de la formación y muestra sobre la vía Escuela Buntia – Montonera, cuarzoarenitas en capas medias a gruesas, lenticulares con mica y nódulos fosfáticos, (pellets) y foraminíferos, de color amarillo grisáceo, intercaladas con limolitas silíceas y niveles delgados de arcillolitas, (Estación NT 36). Al oriente de la Falla de Soapaga la formación aflora en el núcleo del Anticlinal de San Antonio, con secuencias no completas y replegadas en las quebradas Canelas y Caseteja y afloramientos de mayor importancia en la Quebrada Tenería al occidente del Municipio de Tasco, en donde aparece la formación completa.



Figura 90. Estación: 03JC179, Foto: 349, Tipo: Afloramiento, Carpeta: JC, Azimut: 350°. Descripción: Capas finas a medias de lodolitas silíceas pertenecientes a la Fm. Plaeners aflorando en la esquina NW del bloque, sobre la vía nacional que conduce a Cúcuta. Coordenadas: N= 1.167.238, E= 1.134.674, origen Bogotá.

2.4.9.2. Sección Estratigráfica

Acceso. La sección se encuentra en la margen derecha de la Quebrada Tenería, abajo de la vía Corrales-Tasco, en la vereda San Isidro, sitio Tabacal, Municipio de Tasco (Figura 91).

Descripción. La columna está compuesta por 142.6 metros de la Formación Plaeners, la cual en su parte inferior (43 metros) presenta un claro dominio de las facies de limolitas con cemento tanto silíceo como calcáreo, interestratificación de chert y arenitas de grano fino; luego 18 metros de bancos muy gruesos de arenitas bien cementadas con glaucomita oxidada, inmediatamente después sigue una secuencia muy gruesa (36 metros) de lodolitas, limolitas calcáreas, oolitos y pellets fosfáticos e interestratificación de arenitas de grano fino a muy fino en capas delgadas (Figura 92); finalmente 45 metros de facies heterolíticas con predominio de las arcillolitas, interestratificación de arenita gris oscura y arcillolitas; y hacia la parte superior del segmento, arenitas oolíticas, con pellets fosfáticos, foraminíferos y algunos fragmentos de conchas (Figura 93).

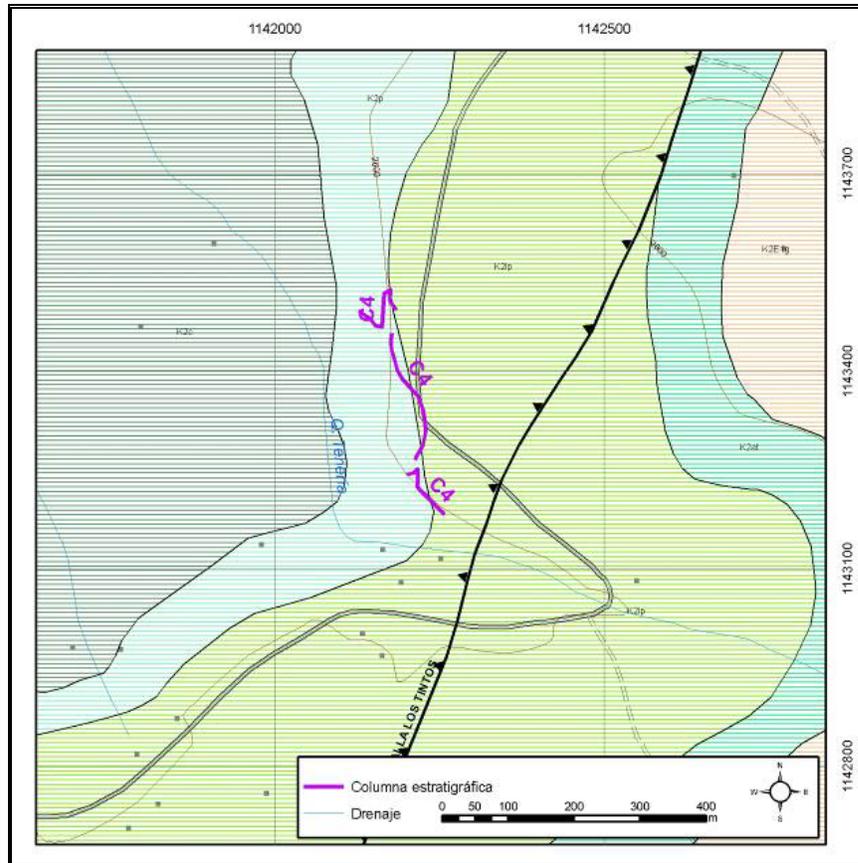


Figura 91. Localización de la Columna Estratigráfica 4, Sección C4. Datum Bogotá



Figura 92. Foto: FC4-02. Metraje: 100 A 142. Azimut: 52°. Descripción: Panorámica de la parte superior de la unidad conformada por limolitas silíceas y arcillolitas. Unidad: Formación: Plaeners. Coordenadas: N= 1143185, E= 1142254, origen Bogotá.

2.4.9.2.1. Facies

2.4.9.2.1.1. Facies Arenosas

❖ *Aonp: Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela*

En general esta facies presenta una disminución del tamaño de grano de base a techo: de grueso a medio; presenta alrededor del 15% de matriz arcillosa, el cemento es silíceo y la porosidad visual es moderada. La roca se presenta en capas medias a gruesas, los contactos son netos ondulados y la geometría externa de las capas es lenticular, igualmente, presenta mica y glauconita alterada. Además, hacia la parte baja y alta de esta facies se presentan icnofósiles. El color de la roca es naranja muy pálido y naranja grisáceo, (10YR 8/2 y 10YR 7/4). Esta facies se localiza hacia la parte baja de la columna (bastones 24 a 41 aproximadamente) y presentan predominio absoluto de las estructuras sedimentarias físicas sobre las biogénicas, la cual corresponde principalmente a laminación ondulosa no paralela y en menor proporción hacia el techo del paquete de arenitas, laminación plana no paralela discontinua y laminación inclinada de bajo ángulo.

❖ *App: Arenita cuarzosa con laminación planar paralela continua y planar paralela discontinua*

Las arenitas pertenecientes a esta facies son de grano fino, subredondeado, bien seleccionadas, pobre porosidad visual, el cemento es silíceo, el color es gris medio oscuro (N4), los contactos son netos ondulados, la geometría externa de las capas es lenticular y el espesor es muy delgado, la bioturbación es baja, y están restringidas a la parte media alta de la sección.

❖ *AmP: Arenita cuarzosa masiva, con fosfatos*

El tamaño de grano es medio, la selección es buena, la bioturbación es alta, la porosidad visual es moderada y el color es marrón claro, (5YR 6/4). Esta facies fosfática es muy reducida en la columna y solo aparece en la parte media de la sección con un espesor aproximado de 1,5 m. Esta roca muestra contactos netos y geometría externa tabular, es homogénea y presenta intraclastos lodosos, numulites, pellets fosfáticos y foraminíferos.

❖ *Am: Arenitas cuarzosas masivas*

Las arenitas de esta facies son de grano fino a medio, bien seleccionadas pero hacia el tope de la sección los paquetes muestran una mala selección, son de grano subredondeado, con cemento silíceo, porosidad visual pobre, capas de espesor medio a gruesas, color gris medio y gris medio claro (N5-N6), contacto neto planar, geometría externa de las capas tabular, la bioturbación es alta y hay presencia de láminas carbonosas, pellets fosfáticos, nódulos, foraminíferos, calcos de carga menores a 10 cm. y fragmentos de fósiles. Esta facies se localiza principalmente hacia tercio superior de la unidad.

2.4.9.2.1.2. Facies Finas

❖ *Lipp: Limolitas con laminación planar paralela continua y discontinua*

Estas limolitas silíceas se presentan en capas muy delgadas con contactos netos, geometría externa tabular y laminación interna planar paralela discontinua, aun cuando uno de los niveles con esta



facies presenta hacia su parte alta (los últimos dos metros) contactos ondulosos y geometría externa tabular así como laminación planar paralela discontinua y en algunos casos lenticular. Las rocas presentan porosidad visual pobre, bioturbación media y color gris oscuro a medio (N3 a N5). Esta facies se localiza en dos segmentos, uno inferior localizado entre 39 y 43 metros y otro superior localizado entre los 79 a 88 metros aproximadamente.

❖ ***Lipnp: Limolita con laminación planar no paralela continua y discontinua***

Esta facies limolítica se presenta laminada, los contactos son netos ondulosos y la geometría externa es lenticular, la laminación es planar no paralela discontinua y en algunas ocasiones lenticular, el color es gris medio oscuro (N4) y presenta óxidos de hierro. Este nivel de limolitas se ubica entre los 24 a 36 metros.

❖ ***Lipp – Ca: Limolita con laminación planar paralela continua y discontinua - Calcáreas***

Esta facies se caracteriza por el predominio de las estructuras físicas sobre las biogénicas, la laminación interna es planar paralela discontinua y en algunas ocasiones se observa también laminación planar no paralela discontinua y lenticular; la roca se presenta en capas delgadas, con pobre porosidad visual, contactos netos ondulosos, geometría externa lenticular hacia la parte baja del afloramiento y tabular hacia la parte alta del mismo, la bioturbación es baja, la roca es homogénea y presenta pirita diseminada, intraclastos lodosos y niveles de oxidación. El color de la roca es gris oscuro (N3) a gris medio oscuro (N4). Esta facies se localiza hacia la parte baja de la sección, entre los 15 a 24 m. aproximadamente.

❖ ***Lipnp – Ca: Limolita con laminación planar no paralela continua y discontinua - Calcárea***

Esta facies se presenta en capas delgadas, con laminación interna planar no paralela discontinua y en algunos casos planar paralela discontinua, la roca se presenta en capas delgadas, con pobre porosidad visual, contactos netos ondulosos, geometría externa lenticular, la bioturbación es baja, la roca es homogénea y presenta pirita diseminada y niveles de oxidación. El color de la roca es gris medio oscuro (N4). Esta facies se localiza hacia la parte baja de la sección, entre los 7 a 10 m. y 12 a 14 m. aproximadamente.



Figura 93. Foto: FC4-01. Metraje: 124. Azimut: 100°. Descripción: Capas delgadas de chert con laminación fláser, (Facies Lsh) en la parte inferior capas delgadas de arcillolita. Unidad: Formación: Plaeners. Coordenadas: N= 1143247, E= 1142215, origen Bogotá.

❖ ***LSh: Lodolita silícea con laminación planar paralela continua y discontinua***

Hacia la parte baja de la sección se presentan tres niveles muy delgados y cercanos de lodolita silícea con laminación planar paralela discontinua, que en conjunto suman aproximadamente 2 m. de espesor. Esta facies se encuentra subordinada a la parte baja del paquete de limolitas calcáreas (Lihd – Cal) presentes hacia la parte basal de la columna. Igualmente, se presentan hacia la parte alta de la columna, 2 niveles más de lodolitas silíceas, de los cuales solo el más bajo presenta una potencia mayor (aprox. 1,5 m. de espesor), mientras el nivel más alto esta compuesto por tres capas, cercanamente espaciadas, que en conjunto sumaran un metro aproximadamente. El nivel más bajo mencionado en el párrafo anterior se localiza alrededor del bastón 83 y presenta subordinadas unas capas muy delgadas de arcillolita. La lodolita silícea presenta laminación fláser, sus contactos son netos, la geometría externa es tabular y tiene la partición típica del plaeners.

El color de la roca fresca es gris oscuro (N3) y las diaclasas presentan manchas de óxidos de hierro. En la parte basal de este nivel, un poco más al norte del sitio donde se levantó la sección (Estación 09-JC-028) se presentan nódulos – concreciones arcillosas producto de diagénesis temprana evidenciada por el doblamiento de los estratos cercanos y superiores, los cuales siguen la geometría externa del nódulo, perdiendo su patrón de laminación. Igualmente se observaron juntas estilolíticas sobre las superficies de diaclasamiento.

Los últimos niveles de lodolitas silíceas presentes en la parte superior de la sección se localizan alrededor del bastón 91 y consta de tres niveles con capas que presentan laminación fláser, contactos netos y geometría externa tabular, el color es gris oscuro (N3) y presentan manchas de óxidos de hierro a lo largo de las superficies de diaclasamiento.

❖ ***Lpnp: Lodolita con laminación planar no paralela continua y discontinua***

Esta facies presenta baja bioturbación, contactos netos ondulados, la geometría externa de las capas es ondulosa a lenticular, la laminación interna es planar no paralela discontinua y el color es negro (N1), la porosidad visual es pobre. Igualmente presenta niveles de oxidación y fracturas rellenas de lodo, óxidos y carbonatos; la roca no reacciona al HCl. Esta facies se encuentra restringida a la parte basal de la sección (los primeros 7 m.).

❖ ***Arpp: Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

En esta facies existe un predominio de las estructuras físicas sobre las biogénicas, la laminación interna es planar paralela discontinua, la roca se muestra en láminas con contactos plano paralelos, geometría externa tabular, presenta pobre porosidad, color gris medio claro (N6), la bioturbación es baja. Esta facies se localiza entre los 88 y 97 m. aproximadamente.

❖ ***Arop: Arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies se presenta en láminas, la laminación interna es ondulosa paralela discontinua, los contactos entre las capas son netos planares con geometría externa tabular, la bioturbación es baja y el color es gris oscuro (N3). Igualmente se presentan algunos óxidos de hierro y la porosidad visual es pobre. Esta facies se presenta entre los 130 y 134 m. aproximadamente.

2.4.9.2.1.3. Facies Heterolíticas

❖ ***I Li-Ar pp: Interestratificaciones limolita – arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

Esta facies presenta interestratificaciones de limolita y arcilla (subordinada) en relación aproximada 3:1, la porosidad visual es pobre, el espesor de las capas es muy delgado, el color de estas rocas es gris oscuro medio y gris medio (N4 – N5), para las limolitas y gris oscuro (N3), para las arcillolitas, la bioturbación es muy baja presentándose predominio de las estructuras sedimentarias físicas representada por laminación plana paralela discontinua, presencia de ondulitas asimétricas y laminación convoluta. En general los paquetes limolíticos son homogéneos y presentan espesores entre uno y dos metros mientras las arcillolitas se presentan en paquetes decimétricos. Las rocas de esta facies presentan contactos netos y geometría externa tabular. Esta facies se presenta hacia la parte media de la columna (entre los 61 y 78 m. de espesor).

❖ ***I Ar-A op: Interestratificaciones arcillolita – arenita cuarzosa ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies presenta interestratificaciones de arcillolita – arenitas (subordinadas) en proporción aproximada 4:1; las arcillolitas son la facies dominante y se presentan en láminas delgadas y paquetes de 1,5 a 6 metros, mientras las arenitas se presentan en capas media a gruesas y en paquetes de un metro. Las arcillolitas son de color gris oscuro (N3) mientras las arenitas muestran un color gris medio (N5). Las arenitas son de grano muy fino a medio, subredondeadas, mal seleccionadas, cemento silíceo, se presentan en capas con contactos netos planares y geometría externa tabular, la bioturbación es baja y presentan tanto láminas carbonosas como micas. Esta facies se presenta hacia la parte media a media alta de la sección entre los 112 y 121 metros de espesor.

❖ ***I Li-Ar op: Intercalaciones limolita – arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies presenta intercalaciones de limolita y arcillolita en relación 1,5:1 aproximadamente. Las limolitas se presentan en capas gruesas con laminación ondulosa paralela discontinua y contactos netos planares, geometría externa tabular, muy compactas, cemento silíceo y color gris oscuro (N3). Las arcillolitas se presentan en láminas, la laminación es ondulosa planar paralela discontinua, contactos netos planares y geometría externa tabular, el color es gris oscuro (N3), y, presentan óxidos de hierro y fragmentos carbonosos. Esta facies se localiza hacia el techo de la unidad, entre 137 a 142 m. y 125 a 127 m. aproximadamente.

❖ ***I Ar-Li op: Intercalaciones arcillolita – limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies de arcillolitas – limolitas presenta una relación aproximada de 1,5:1. Tanto las arcillolitas como las limolitas se presentan en capas con espesor láminas, internamente presentan laminación ondulosa planar paralela discontinua, contactos planares netos y geometría externa tabular, el color en gris oscuro (N3). Esta facies se localiza entre los 127 y 130 m.

❖ ***I Ar-Li pp: Intercalaciones arcillolita – limolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

En esta facies la relación arcillolita – limolita es de 5:1 aproximadamente. Tanto las arcillolitas como las limolitas se presentan en capas muy delgadas a delgadas con laminación interna plana paralela discontinua, contactos netos ondulosa a transicional rápido y geometría externa lenticular, el color es gris medio a gris medio claro (N5-N6) y la bioturbación es baja. Esta facies se localiza entre los 106 a 110 metros aproximadamente.

En la Tabla 11 se resumen las facies determinadas en la sección:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C4 FORMACIÓN PLAENERS. Quebrada Tenería, Tasco.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Aonp</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>App</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación planar paralela continua y planar paralela discontinua</i>
<i>AmP</i>	<i>Arenita cuarzosa masiva, con fosfatos</i>
<i>Am</i>	<i>Arenitas cuarzosas masivas</i>
FACIES FINAS	
<i>Lipp</i>	<i>Limolitas con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
<i>Lipnp</i>	<i>Limolita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
<i>Lipp</i>	<i>Limolita con laminación planar paralela continua y discontinua – Calcáreas</i>
<i>Lipnp – Ca</i>	<i>Limolita con laminación planar no paralela continua y discontinua - Calcárea</i>
<i>LSh</i>	<i>Lodolita silícea con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
<i>Lpnp</i>	<i>Lodolita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
<i>Arpp</i>	<i>Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
<i>Arop</i>	<i>Arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>I Li-Ar pp</i>	<i>Interestratificaciones limolita – arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>

I Ar-A op	Interstratificaciones arcillolita – arenita cuarzosa ondulosa paralela continua y discontinua
I Li-Ar op	Intercalaciones limolita – arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua
I Ar-Li op	Intercalaciones arcillolita – limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua
I Ar-Li pp	Intercalaciones arcillolita – limolita con laminación planar paralela continua y discontinua

Tabla 11. Facies presentes en la Formación Plaeners. Columna Estratigráfica C4.

2.4.9.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

El análisis de la litología de la sección estratigráfica, permite dividirla en cuatro asociaciones:

2.4.9.2.2.1. Asociación Facial 1

El segmento tiene un espesor de 43 m (0 a 43 m en la sección) y representa una secuencia granocreciente (CUS). En la secuencia se observa claramente como las lodolitas silíceas de la base son suprayacidas por capas donde el tamaño de grano aumenta: limolitas calcáreas, limolitas silíceas y finalmente arenitas de grano fino. El segmento está superpuesto sobre los sedimentos finos de la Formación Chipaque con un contacto transicional.

El segmento se presenta un claro dominio de las facies de limolitas tanto silíceas (Lipp, Lipnp) como calcáreas (Lipp-Ca, Lipnp-Cal). Como facies subordinadas se tienen las de arenitas (Aonp, App, AmP), las arcillolitas silíceas (Arpp) y la facies LSh de intercalaciones de lodolitas silíceas, lodolita calcárea y chert.

❖ Interpretación

La presencia de facies finas: lodolitas (Lpnp), arcillolitas (Arpp y Arop), lodolitas silíceas, limolitas, limolitas calcáreas, lodolitas silíceas con intercalaciones de capas de chert y areniscas muy finas, indican sedimentación en medios marinos tranquilos, específicamente ambientes de plataforma marina ubicados por debajo de la acción de las olas (plataforma externa).

2.4.9.2.2.2. Asociación Facial 2

Está representado por un paquete de arenitas de 18 m de espesor (43 a 61 m en la sección). El paquete muestra en la base arenitas muy compactas de grano grueso, en capas muy gruesas, (primeros 5 m) y luego arenitas compactas, de grano medio a fino, en capas medias, con algunas intercalaciones de capas finas, con un espesor de unos 8 m y culmina con un paquete de arenitas de grano medio, en capas gruesas, con un espesor de 5m.

El paquete constituye la facies **Aonp**, descrita con anterioridad y que en síntesis muestra: una disminución del tamaño de grano de base a techo: de grueso a medio; con una matriz arcillosa del 15%, el cemento es silíceo y la porosidad visual es moderada. Los contactos son netos ondulados y la geometría externa de las capas es lenticular. Como estructura interna presenta laminación plana paralela discontinua a ondulosa no paralela y laminación inclinada de bajo ángulo. Hacia el techo y base el paquete presenta estructuras biogénicas (madrigueras e icnofósiles en general) y como accesorios importantes se observa mica, glauconita y óxidos de hierro. El color de la roca es naranja muy pálido y naranja grisáceo, (10YR 8/2 y 10YR 7/4).



❖ *Interpretación*

Todas las características de este segmento que corresponde a la facies **Aonp**, como la composición de las areniscas eminentemente cuarzosas, la presencia de laminaciones, las estructuras biogénicas conservadas, y los minerales accesorios especialmente la glaucomita y los óxidos de hierro, indican que el segmento se depositó en aguas tranquilas algo reductoras, sin agitación, lo cual indica una zona de plataforma externa por debajo de la acción de las olas.

2.4.9.2.2.3. Asociación Facial 3

Tiene un predominio de limolitas y lodolitas calcáreas con sectores menores de lodolitas arcillosas y alguna intercalación menor de arenisca fosfática. El espesor es de 36 m (61 a 97 en la secuencia).

El segmento está representado por las facies **ILi-Arpp**, heterolítica compuesta de limolitas y arcillolitas (subordinada), con laminación plana paralela discontinua, de color gris oscuro a gris medio; facies **Lipp**, limolitas calcáreas con laminación plana paralela continua y discontinua, con presencia de pirita diseminada; **Arpp**, arcillolitas con laminación planar, paralela continua y discontinua, de color gris medio claro; y facies **AmP**, arenisca cuarzosa, masiva con fosfatos pellets y foraminíferos de color marrón claro.

❖ *Interpretación*

La presencia de facies predominantemente finas calcáreas, con laminación fina, niveles muy delgados de arenitas con fosfatos y foraminíferos indican un medio marino, de aguas tranquilas, de plataforma externa por debajo del tren de oleaje, en un medio algo reductor evidenciado por la presencia de pirita.

2.4.9.2.2.4. Asociación Facial 4

Esta secuencia es heterolítica y se presenta arriba de los 97 m., (97 a 142 m en la sección). El predominio de las arcillolitas es evidente pero hay que destacar la presencia arenitas gris oscuras como intercalaciones delgadas dentro de las arcillas de la parte inferior; arenitas limosas, muy compactas, de grano fino hacia la parte media; y hacia la parte superior del segmento, arenitas oolíticas, con pellets fosfáticos, foraminíferos y algunos fragmentos de conchas. Igualmente hay que resaltar la presencia de capas de chert con laminación fláser y un delgado nivel de caliza (mudstone) hacia la base.

En este segmento están representadas todas las facies heterolíticas descritas más arriba.

❖ *Interpretación*

La secuencia muestra arcillolitas con laminación fina, capas de chert, limolitas silíceas, lodolitas calcáreas, niveles de areniscas con pellets fosfáticos y foraminíferos y algún nivel muy delgado de caliza, que indican un ambiente de sedimentación marino, de aguas tranquilas, vale decir un ambiente de plataforma externa sin la acción del oleaje. Cabe simplemente destacar que hacia el techo de la formación aparece una facies **Am** de areniscas con bioturbación, con pellets fosfáticos, nódulos, foraminíferos y fragmentos más o menos abundantes de conchas estas últimas muy abundantes en la formación que se le superpone a los Plaeners y que evidencian un ambiente marino turbulento de frente de playa, causado por las olas marinas que tocan ya el fondo marino.



2.4.9.3. Ambiente de Depósito de la Formación

Considerando en conjunto los cuatro segmentos analizados es fácil concluir que la formación en casi su totalidad se depositó en una plataforma marina, por debajo de la acción de las olas (plataforma externa), en un medio tranquilo que permitió la depositación de rocas finas laminadas, arenitas de cuarzo con glaucomita, capas de chert, alguna capa delgada de caliza y con la presencia de foraminíferos y pellets fosfáticos. Hacia la parte más alta de la sección parece iniciarse un ambiente menos tranquilo evidenciado por la presencia de arenitas y lodolitas con fragmentos de conchas los cuales van a ser muy conspicuos en la formación Los Pinos que se le superpone.

2.4.9.4. Edad y Correlaciones

A la formación se le asigna una edad Campaniano _ Maestrichtiano, con base a fauna colectada en la secuencia al oriente de Bogotá por Pérez y Salazar (1971) y a foraminíferos estudiados por Bürgl (1957). Se correlaciona con la Formación La Luna que aflora al norte del área de este trabajo en las poblaciones de Boavita y en el cañón del río Chicamocha al norte de Capitanejo.

2.4.10. Formación Los Pinos (K₂lp)

2.4.10.1. Generalidades

La formación se agrupa como Formación Labor y Los Pinos en la plancha de Chiquinquirá al occidente del área de trabajo (Ulloa & Rodríguez 1979b). Ulloa *et al* (2001), en la Plancha de Paz de Río conservan la misma denominación para la formación e indican que al sur de la localidad Los Pinos la Arenisca de Labor se interdigita con la Formación Los Pinos y propone como localidad tipo de esta última formación, la Inspección de Policía homónima situada a unos 12 Km. al este del Municipio de Socha y a unos 15 Km. del borde más oriental de la zona de estudio. En dicha localidad la formación tiene un espesor de 295 m. Ulloa indica además que el espesor de la formación disminuye notoriamente pasando a ser de 94,90 m en el flanco oriental del Anticlinal de San Antonio estructura cartografiada en este trabajo. Por otra parte Ulloa en el mismo informe indica que la Formación Los Pinos descansa concordantemente sobre la Formación La Luna en la Inspección de Policía de Los Pinos; sobre la formación Arenisca de Labor en el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio y sobre la Formación Plaeners en el sector de Sogamoso.

Guerrero & Sarmiento (1996) señalan que Ulloa en varios de los trabajos del área de Boyacá correlaciona erróneamente un nivel de arcillolitas que se superpone a la Formación Labor y la separa de la Formación Arenisca Tierna, con la Formación Los Pinos e indican que la parte arenosa superior del Grupo Guadalupe, cuando su litología es comparable con la de Bogotá, debe denominarse Formación Labor y Tierna y que los Pinos corresponden al Guadalupe medio.

Planteada la posición de los Pinos y por ende la de la Arenisca de Labor, en la literatura actual, en este trabajo se señala la estratigrafía presente en la zona de trabajo por encima de la Formación Plaeners sin intentar zanjar el problema, pues para ello se requiere de trabajos más específicos. En el presente trabajo se nombra la formación como Los Pinos solamente cambiando la denominación dada por Ulloa (2001) que la nombra como Formación Labor y Pinos.

En el área, la formación aflora en el Anticlinal de la Chapa, al oriente de Paz de Río y en un sector amplio al noroccidente de Socha sin que se observe su base, superpuesta concordantemente por la Formación Arenisca Tierna. En este sector los controles de campo mostraron, en la travesa estructural 05: intercalaciones de limolitas, lodolitas y cuarzoarenitas muy calcáreas, de grano muy

fino, en capas finas a medias, tabulares, laminación ondulosa paralela y no paralela, color gris oscuro medio y gris claro medio, (Estación JU110); intercalaciones de shale con niveles de arenitas en capas laminadas medias y capas muy finas a finas, tabulares y lenticulares, color gris oscuro medio, (Estación JU111). En la travesa de control geológico entre las travesas 03 y 05: cuarzoarenitas en capas medias a gruesas, tabulares, masivas, con carbonatos, conchas enteras y fragmentos (> de 10 cm.), en disposición caótica, color gris claro medio, (Estación JU226); cuarzoarenitas y calizas (wackestone), tabulares, masivas, cemento calcáreo, con abundantes fragmentos y conchas enteras de bivalvos hasta de 15 cm. de diámetro mayor, en disposición caótica, color gris marrón, (Estación JU227). En la travesa geológica 03 se vieron: calizas (grainstone), color gris oscuro medio, (Estación 03JC093, Figura 94); intercalaciones de limolitas y calizas (mudstone) en capas finas a medias, tabulares, de color gris oscuro medio, hacia la parte superior de la formación, (Estación 03JC095); intercalaciones de lodolitas silíceas en capas finas, con calizas (wackestone) en capas medias, onduladas, color gris muy claro, (Estación 03JC107); lodolitas con laminación fina y capas muy finas, planares paralelas, color gris claro, (Estación 03JC108 y JC109).



Figura 94. Estación: 03JC 093, Foto: 302, Tipo: Detalle, Carpeta: JC, Azimut: 05°. Descripción: Calizas (Grainstone, Dunham, 1962) presentes en la Fm. Los Pinos sobre la margen derecha del río Chicamocha, 100 m. Aguas arriba de la localidad de Puente Cotamo. Coordenadas: N= 1.157.021, Este= 1.152.322, origen Bogotá.

En la travesa de control geológico 02: calizas lumaquéllicas de color gris oscuro, (Estación AB055) y lutitas silíceas en capas muy finas y finas, tabulares, de color negro, (Estación AB056). En el Anticlinal de San Antonio la formación aflora incompleta sobre la vía Corrales Tasco cerca de este último municipio y después de cruzar la Quebrada Tenería.

2.4.10.2. Sección Estratigráfica

En la vía Corrales – Tasco, luego de cruzar la Quebrada Tenería, se levantaron tres secciones parciales; la primera exhibe el techo de la Formación Plaeners y base de la Formación Los Pinos en relación concordante (Anexo 5 Sección C2); la segunda: la base de la Formación Los Pinos, 20 m arriba de su contacto con los Plaeners (Anexo 5. Sección C10) y la tercera en el Cerro El Tahúr próxima a las dos anteriores, que muestra una sucesión arenosa de unos 60 m de espesor, la cual se ha integrado como parte de la Formación Los Pinos (Anexo 5. Sección C3) y que de acuerdo con la cartografía levantada se encuentra hacia el tope de la formación. En principio y por su posición estratigráfica esta sucesión arenosa podría corresponder a la Formación Arenisca de Labor, como lo

sugiere Guerrero & Sarmiento (1996), pero en contraposición con Ulloa (2001) que la coloca por debajo de los Pinos (Ulloa *et al* 2001, pp77, Fig.20).

2.4.10.2.1. Sección Formación Los Pinos, vía Corrales –Tasco, Sección C2

Acceso. La secuencia se levantó por la vía que conecta las poblaciones de Corrales y Tasco, después de cruzar la Quebrada Tenería (Figura 95).

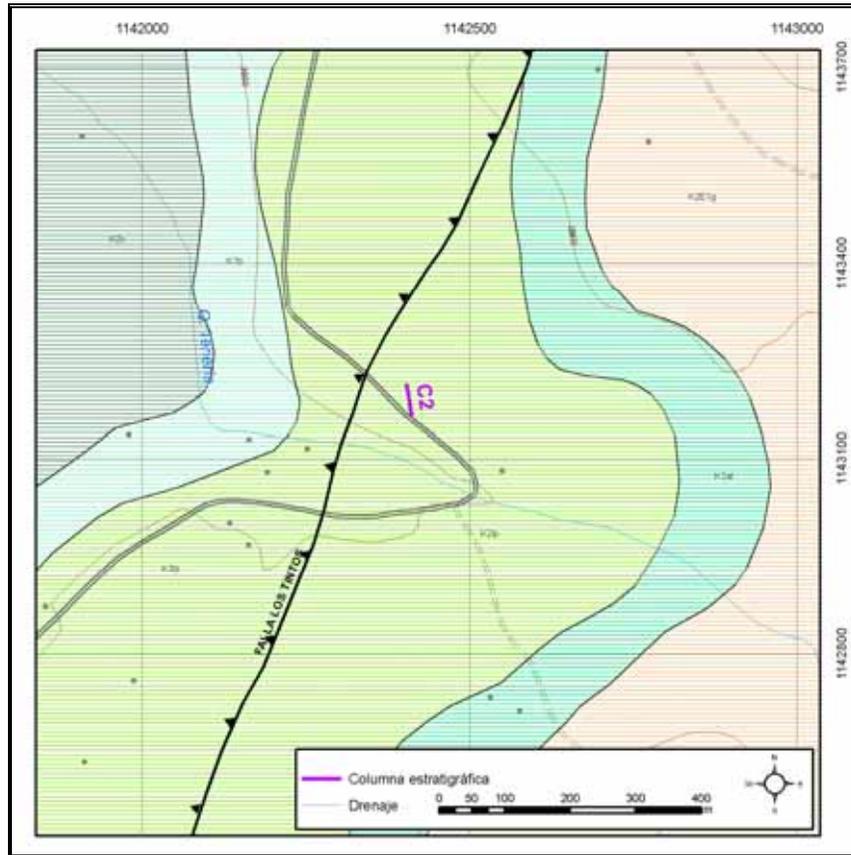


Figura 95. Localización de la Columna Estratigráfica 2, Sección C2.

Descripción. En la secuencia se aprecia la relación concordante entre el techo de la Formación Plaeners y la base de la Formación Los Pinos (Figura 96). La columna se inicia con 15.25 metros de limolitas silíceas, arenitas subarcóicas, algún nivel con fragmentos de conchas, pellets y foraminíferos, con laminación plana no paralela discontinua, cemento silíceo, porosidad baja y color gris medio a claro de la Formación Plaeners

La suprayacente Formación Los Pinos está compuesta de bancos muy gruesos y gruesos de arcillolitas laminadas, ocasionales niveles de arenitas con fragmentos de conchas y espículas de equinodermos y hacia el techo una capa gruesa de packstone con conchas enteras y fragmentos de bivalvos grandes y pequeños; la base de las capas presentan bioturbación representada en icnofósiles horizontales. El espesor medido es de 31.75 metros. (Anexo 5 – Sección C2).

2.4.10.2.1.1. Facies Arenosas

❖ *Aop: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela*

Cuarzoarenitas de grano medio, contactos netos planares, en capas subtabulares, con selección buena, granos subangulares a redondeados, matriz lodosa, porosidad pobre, color amarillo marrón moderado (10YR/5/4) con nódulos arenosos y óxidos de hierro. Hacia el techo de la sección la facies presenta niveles de oxidación y alguna concha de bivalvo.

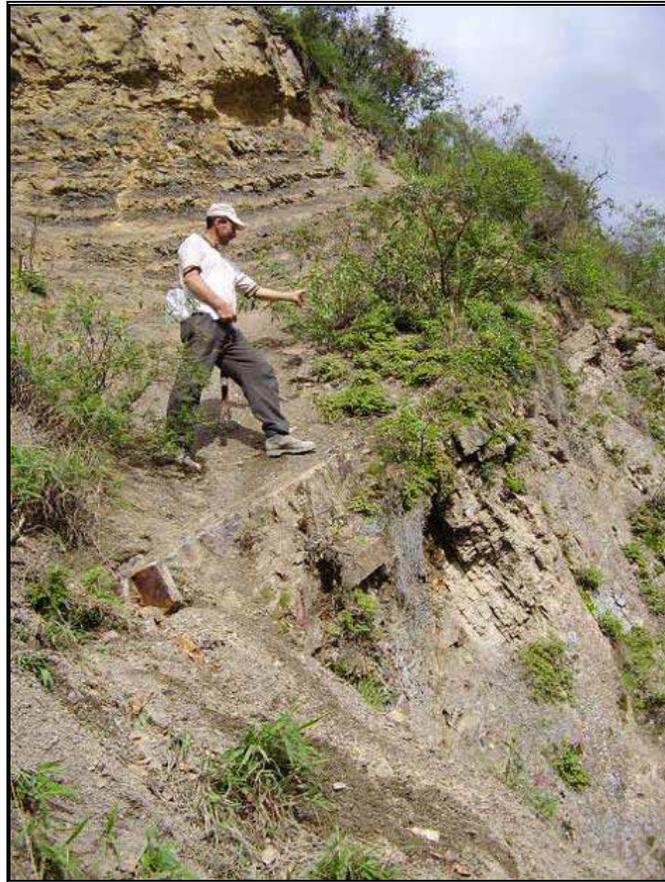


Figura 96. Foto: FC2-02. Metraje: 15.3. Azimut: 97°. Descripción: Limolitas silíceas de la Formación Plaeners en la parte baja, en contacto concordante con cuarzoarenita y limolitas de la Formación Los Pinos. Unidad: Formación Los Pinos – Plaeners. Coordenadas: N= 1143186, E= 1142414, origen Bogotá.

❖ *Alopf: Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, fosilífera*

Constituida por arenitas sublitoarenitas de grano fino a muy fino, selección pobre, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento calcáreo y ferruginoso, porosidad pobre, de color marrón amarillento pálido (10YR 6/2) a rojo grisáceo (5R4/2); geometría externa tabular en capas medias con contactos plano planar; internamente laminación ondulosa paralela continua y discontinua, intraclastos lodosos y fragmento de conchas.



2.4.10.2.1.2. Facies Finas

❖ *Lipp: Limolitas con laminación plano paralela*

Compuesta por limolitas, color gris medio (N5) a gris marrón claro (5YR 6/1), con laminación plana paralela discontinua, con óxidos de hierro. Dominan las estructuras sedimentarias físicas. Se observa en la base de la formación sobre cuarzo arenitas compactas homogéneas.

❖ *Liop: Limolitas con laminación ondulosa paralela*

Corresponde a limolitas de color gris oscuro (N4), en paquetes decimétricos y geometría tabular y contactos netos; internamente presenta laminación ondulosa discontinua; con nódulos arenosos y ferruginosos.

❖ *Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela*

Consta de arcillolitas de color gris oscuro medio a gris medio (N4-N5), cemento calcáreo, espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a ondulado; internamente laminación ondulosa paralela discontinua; puede contener pellets esféricos de 1 mm y elongados de 2 mm; zonas irregulares oxidadas, nódulos pequeños arenosos y ferruginosos, láminas de materia orgánica y contenido de foraminíferos.

2.4.10.2.1.3. Facies Calcáreas

❖ *Pm: Packstone macizo*

Constituido por packstone con porosidad pobre, de color gris medio oscuro (N4), cemento calcáreo, matriz arenosa, capas medias de geometría externa tabular y contactos neto planar; internamente sin estructura. Los fósiles consisten casi exclusivamente de conchas de bivalvos.

❖ *Wm: Intercalación de mudstone y wackestone en capas delgadas a muy delgadas*

Intercalaciones de capas muy delgadas de mudstone y wackestone, contactos ondulados, capas tabulares, laminación plana a ondulosa paralela continua, con bivalvos.

2.4.10.2.1.4. Facies Heterolíticas

❖ *IA-Lip: Interlaminaciones de limolitas con cuarzoarenitas muy duras*

Se presentan capas de limolitas con contactos netos planares, con laminación plana no paralela discontinua, color gris medio, con delgadas intercalaciones de cuarzoarenita muy dura

❖ *IA-Arop. Interlaminaciones de arcillolitas con capas delgadas de subarcosas*

Arcillolitas laminadas de color gris oscuro medio, con laminación ondulosa paralela, discontinua con óxidos de hierro. Con intercalaciones delgadas (8 cm) de subarcosas de grano muy fino.

La Tabla 12 resume las facies descritas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C2 FORMACIÓN LOS PINOS (Base). Vía Corrales –Tasco.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Aop</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Alopf</i>	<i>Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela, fosilifera</i>
FACIES FINAS	
<i>Lipp</i>	<i>Limolitas con laminación plano paralela</i>
<i>Liop</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela</i>
FACIES CALCAREAS	
<i>Pm</i>	<i>Packstone macizo</i>
<i>Wm</i>	<i>Intercalación de mudstone y wackestone en capas delgadas a muy delgadas</i>
FACIES HETEROLÍTICA	
<i>IA-Lip</i>	<i>Interlaminaciones de limolitas con cuarzoarenitas muy duras</i>
<i>IA-Arop</i>	<i>Interlaminaciones de arcillolitas con capas delgadas de subarcosas</i>

Tabla 12. Facies presentes en la Formación Los Pinos (Base). Columna Estratigráfica C2.

2.4.10.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

La secuencia puede dividirse en dos segmentos que corresponden a dos asociaciones faciales. El inferior con facies arcillosas y limosas con intercalaciones delgadas de cuarzoarenitas y arcosas y niveles subordinados de cuarzoarenitas y litoarenitas con fragmentos de fósiles, bioturbadas; y el superior con algún predominio de arcillolitas y capas muy delgadas de calizas con conchas de bivalvos y fragmentos de conchas.

2.4.10.2.2.1. Asociación Facial 1

Ocupa la mayor parte de la secuencia. Tiene un espesor de 20,5 m. (14 a 34,50) y reposa concordante sobre la Formación Plaeners.

Hacia la base se observan limolitas con delgadas intercalaciones de cuarzoarenitas (**IA-Lip**), seguidas por litoarenitas en capas gruesa a medias con fragmentos de conchas (**Alopf**) y cuarzoarenitas (**Aop**) con un nivel intermedio de limolitas, siguen luego arcillolitas predominantes con intercalaciones muy delgadas de arcosas (**IA – Arop**) y hacia la parte superior del segmento, cuarzoarenitas con niveles en donde aparecen fragmentos de conchas y arcillolitas (**Arop**)

❖ Interpretación

El segmento corresponde a una plataforma de carbonatos y se depositó en dentro de la facies que Irwin (1.965) considera como zona Y, en donde la plataforma está por encima del nivel de acción de las olas y en consecuencia el medio es turbulento, lo cual permite que las conchas sean arrastradas y rotas y se reducirán a arenas esqueléticas. En este medio se pueden formar oolitos. Las capas con oolitos y lo niveles de litoarenitas formadas por restos de conchas son muy comunes en el segmento.



2.4.10.2.2.2. Asociación Facial 2

Corresponde a la parte más superior de la secuencia. Tiene solo un espesor de unos 9 m. El segmento está formado principalmente por arcillolitas con laminación ondulosa paralela (*Arop*) con delgadas intercalaciones de calizas (mudstone y wackestone) fosilíferas.

❖ Interpretación

Siguiendo la misma distribución propuesta por Irwin (1.965) para las plataformas carbonatadas, este pequeño segmento caería dentro de la zona Z que se extiende cerca de la costa dentro del ambiente que denomina “lagoons”, caracterizado por ser de carácter restringido y de baja energía, en donde hay presencia de calizas del tipo wackestone y packstone. Los delgados niveles de caliza presentes en el segmento así como los pellets atestiguan este origen.

2.4.10.2.3. Facies Formación Los Pinos, vía Corrales –Tasco, Sección C10

Acceso: La sección se levantó por la vía Corrales –Tasco, después de cruzar la Quebrada Tenería más o menos 1 km. adelante del cruce de la quebrada y a 1,9 km. de Tasco (Figura 97).

Descripción. La columna tiene un espesor de 76 metros de roca de la Formación Los Pinos y se inició unos 20 a 30 m por encima del techo de la Formación Plaeners.

La base de la secuencia levantada está constituida por 16 metros de arcillolitas laminadas con nódulos ferruginosos, luego 2 metros de limolitas fisibles con pellets, y 4.5 metros de litoarenita formada por abundantes fragmentos de conchas. Desde el metro 22.5 hasta el metro 76 está constituido en un 80% por arcillolitas laminadas con foraminíferos y en menor proporción arenitas arcóscicas, arcosas líticas con cemento calcáreo, en capas delgadas con fragmentos de conchas con delgadas intercalaciones de limolitas y abundantes pellets (Figura 98).

2.4.10.2.3.1. Facies Arenosas

❖ *Ako-cc: Arenita subarcósica con laminación ondulosa y concreciones*

Constituida por arenitas subarcósicas de grano medio a fino, selección buena, granos redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo-ferruginoso, porosidad pobre, de color gris medio (N5); geometría externa subtabular en capas gruesas con contactos neto planar; internamente predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 2 M&S, representada en laminación ondulosa de origen textural; contiene nódulos pequeños arenosos y ferruginosos.

❖ *Ako-ca: Arenita subarcósica con laminación ondulosa, ligeramente calcárea*

Constituida por arenitas subarcósicas grano decrecientes de medio a muy fino, selección moderada, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento calcáreo, porosidad moderada, de color gris oscuro medio (N4); geometría externa subtabular en capas gruesas con contactos ondulosa; internamente laminación ondulosa paralela continua con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; contiene foraminíferos, láminas de materia orgánica y zonas irregulares oxidadas.

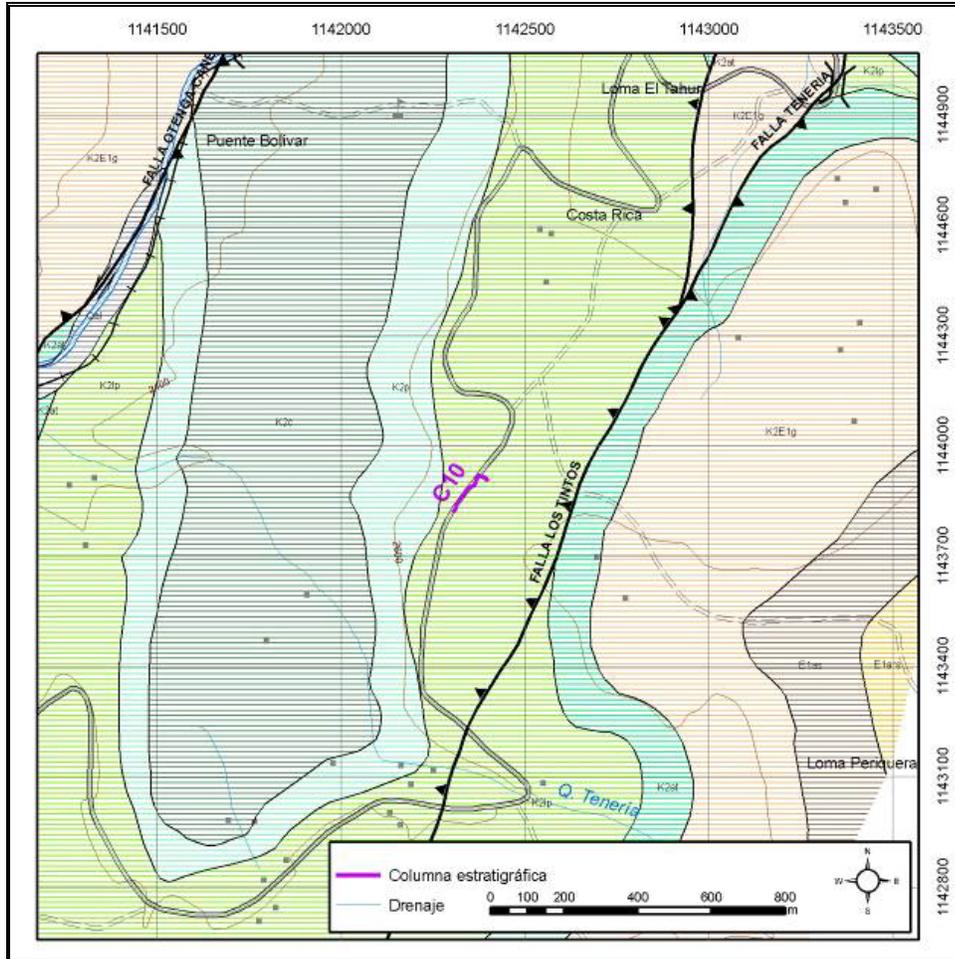


Figura 97. Localización de la Columna Estratigráfica 10, Sección C10. Datum Bogotá



Figura 98. Foto: FC10-02. Metraje: 74.4. Azimut: 150°. Descripción: Capas delgadas de arenita de grano fino fosilíferas. Unidad: Formación Los Pinos. Coordenadas: N= 1143911, E= 1142388, origen Bogotá.

❖ ***Alopf: Litoarenitas con 80% de fragmentos de conchas***

Litoarenita de grano fino, contactos netos planares, capas tabulares, calibración muy pobre, matriz arenosa, con abundantes fragmentos de conchas que llegan hasta el 80% de la roca.

2.4.10.2.3.2. Facies Finas

❖ ***Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela***

Consta de arcillolitas de color gris oscuro hasta gris medio (N3-N5), cemento calcáreo, espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a ondulado; internamente laminación ondulosa paralela discontinua que predomina sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; contiene pellets esféricos de 1 mm y elongados de 2 mm; zonas irregulares oxidadas, nódulos pequeños arenosos y ferruginosos, láminas de materia orgánica y contenido de foraminíferos.

❖ ***Liopf: Limolitas con laminación ondulosa paralela con contenido fósil***

Limolitas con cemento silíceo, de baja porosidad, de color gris oscuro (N4), en paquetes decimétricos y geometría canaliforme y contactos ondulados abruptos; internamente predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, con laminación ondulosa continua; son comunes las láminas carbonosas en los planos de estratificación.

❖ ***Lip: Limolitas con abundantes pellets (30%)***

Capas lenticulares de limolitas intercaladas dentro de arcillolitas, con un alto contenido de pellets esféricos de 1 mm y elongados de 2 mm.

2.4.10.2.3.3. Facies Heterolíticas

❖ ***IAk-Aropf: Interlaminaciones / Interestratificaciones de Arcosa y Arcillolita con laminación ondulosa paralela fosilífera***

Interlaminaciones / interestratificaciones de arenitas arcósicas y limolitas con laminación ondulosa paralela, color gris medio (N5), cemento silíceo y ferruginoso, de baja porosidad, en paquetes delgados con geometría externa tabular y contactos netos planares, contiene fragmentos de conchas de bivalvos y foraminíferos; niveles oxidados.

❖ ***IAk-Lipp: Interlaminaciones / Interestratificaciones de Arcosa y Limolitas con laminación plana paralela.***

Interlaminaciones / interestratificaciones de arenitas arcósicas y limolitas con laminación plana paralela, color gris medio claro (N6), cemento silíceo y ferruginoso, de baja porosidad, en paquetes delgados con geometría externa tabular y contactos netos planares, predominio de las estructuras biogénicas sobre las estructuras sedimentarias físicas: 3 M&S representada en pellets esféricos y ovalados, niveles oxidados y láminas carbonosas presentes en los planos de estratificación.

❖ ***IA-Liof: Interlaminaciones/Interestratificaciones de arenitas de grano fino fosilíferas con limolitas y arcillolitas***

Intercalaciones de arenitas de grano fino a muy fino, lenticulares, con conchas de bivalvos hasta de 5 cm con capas delgadas de arcillolitas y limolitas, negras, laminadas, localmente con laminación fláser.

La Tabla 13 resume las facies de la secuencia:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C10 FORMACIÓN LOS PINOS (Base). Carretera Corrales - Tasco.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Ako-cc</i>	<i>Arenita subarcósica con laminación ondulosa y concreciones</i>
<i>Ako-ca</i>	<i>Arenita subarcósica con laminación ondulosa, ligeramente calcárea</i>
<i>Alopf</i>	<i>Litoarenitas con 80% de fragmentos de conchas</i>
FACIES FINAS	
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Liopf</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa paralela con contenido fósil</i>
<i>Lip</i>	<i>Limolitas con abundante pellets</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>IAk-Aropf</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de Arcosa y Arcillolita con laminación ondulosa paralela fosilífera</i>
<i>IAk-Lipp</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de Arcosa y Limolitas con laminación plana paralela.</i>
<i>IA-Liof</i>	<i>Interlaminaciones/Interestratificaciones de arenitas de grano fino fosilíferas con limolitas y arcillolitas</i>

Tabla 13. Facies presentes en la Formación Los Pinos (Base). Columna Estratigráfica C10.

2.4.10.2.4. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

La secuencia puede dividirse en dos segmentos que corresponde a asociaciones faciales.

2.4.10.2.4.1. Asociación Facial 1

Forma la base de la secuencia levantada, con un espesor de uno 49 m. Está constituida por arcillolitas laminadas con nódulos (*Arop*), limolitas fisibles con pellets, (*Liopf*), litoarenitas formadas por abundantes fragmentos de conchas (*Alopf*), arenitas arcósicas con delgadas intercalaciones de limolitas y abundantes pellets (*IAk-Lipp*) y arcosas líticas con cemento calcáreo, encapas delgas con fragmentos de conchas e intercalaciones de arcillolitas (*IAk-Aropf*).

❖ Interpretación

El segmento fue depositado en la Zona Y de Irving (1.965) dentro de una plataforma de carbonatos, por encima del nivel de las olas en un ambiente turbulento que permiten el arrastre y ruptura de las conchas que son acumulados en especie de barras.

2.4.10.2.4.2. Asociación Facial 2

Tiene un espesor de 21 m. Está conformado principalmente por arcillolitas con foraminíferos como facies preponderante (*Arop*) e interestratificaciones de capas lenticulares de grano muy fino, con conchas de bivalvos enteras, con arcillolitas laminadas en capas muy delgadas (*IA Liof*). Si bien no muestra facies variadas, las limolitas, los foraminíferos y las arenitas con conchas enteras dejan prever un ambiente de “lagoons” de carácter restringido y de baja energía, de la zona Z de Irwin (1.965).

2.4.10.3. Formación Los Pinos (Nivel de Areniscas), Sección C3 - Loma El Tahir

Acceso. La columna estratigráfica fue descrita en la Loma El Tahir, aproximadamente 1 km al SW de Tasco, vereda San Isidro Bajo, Sector Potrero Chiquito (Figura 99).

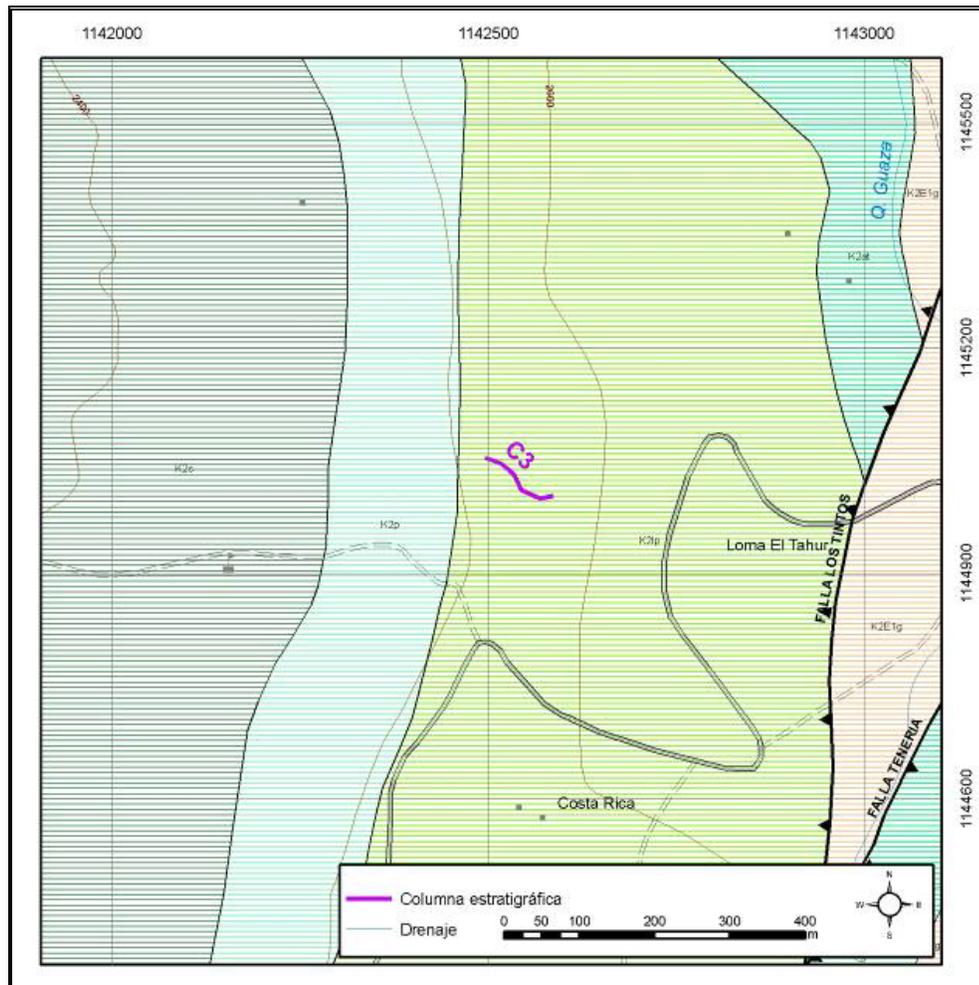


Figura 99. Localización de la Columna Estratigráfica 3, Sección C3. Datum Bogotá

Descripción. Se levantaron 60.3 metros de la parte superior de la unidad Formación Los Pinos (Nivel de areniscas) y es notablemente arenosa en bancos muy gruesos tabulares y subtabulares con ocasionales niveles delgados irregulares de limolita gris (Figura 100), y ocasionales niveles laminares con gránulos subredondeados de cuarzo lechoso, composicionalmente es sublitoarenita y en menor proporción subarcosa; la arenita es de grano grueso a medio subredondeados – subangulares, estratificación inclinada de bajo ángulo, cemento síliceo, porosidad moderada, contenido de glauconita (hasta 7%) en la parte media y alta de la columna, ichnofósiles horizontales en los planos de estratificación (Figura 101).



Figura 100. Foto: FC3-01. Metraje: 38.9. Azimut: 190°. Descripción: Capas muy gruesas tabulares de de cuarzoarenita grano medio (facie Axib) con interposición de niveles muy delgados de limolita negra. Formación: Los Pinos (Nivel de Arenisca). Coordenadas: N= 1145023, E= 1142556, origen Bogotá.



Figura 101. Foto: FC3-02. Metraje: 58.2. Azimut: 270°. Descripción: Capa delgada de arenita grano grueso con marcas de ondulitas de corriente. Formación: Los Pinos (Nivel de Arenisca). Coordenadas: N= 1145016, E= 1142577, origen Bogotá.



2.4.10.3.1. Facies

2.4.10.3.1.1. Facies Arenosas

❖ ***Alxib: Litoarenitas contaminación inclinada de bajo ángulo, bioturbadas***

Litoarenitas de grano grueso a muy grueso, con selección pobre a moderada, granos subangulares a subredondeados, matriz arcillosa y cemento silíceo; porosidad buena. Geometría externa subtabular con contactos neto planar el espesor predominante de las capas es muy gruesa; internamente son notorias las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, correspondiendo a laminación inclinada de bajo ángulo, originado por la alternancia de láminas set de granulometría diferente; bioturbación presente en icnofósiles horizontales sobre el lecho de las capas; niveles de oxidación y glauconita diseminada.

❖ ***Axib: Cuarzoarenitas con laminación cruzada de bajo ángulo, bioturbada***

Cuarzoarenitas de grano grueso con niveles lenticulares muy delgados de arenitas de grano muy grueso con gránulos de cuarzo, laminación cruzada de bajo ángulo, con glauconita y con madrigueras horizontales.

2.4.10.3.1.2. Facies Finas

❖ ***Liob: Limolita gris en capas muy delgadas con laminación ondulada paralela continua y discontinua, bioturbada***

Sucesión gruesa de de capas muy delgadas laminares de arcillolitas negras y limolitas. Intercalaciones de arenitas en capas muy delgadas. Bioturbación con presencia de madrigueras sobre el techo. Hay calcos de carga menores de 10 cm., mica y nódulos ferruginosos.

2.4.10.3.1.3. Facies Heterolíticas

❖ ***Ifb: Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y limolitas con laminación fláser, bioturbada***

Interlaminaciones / interestratificaciones muy finas con proporciones 1:1 de arenitas – limolitas con laminación fláser, de color gris oscuro (N3), con geometría externa ondulosa y contactos neto ondulado; con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas; 2-3 M&S; icnofósiles horizontales en la base de las capas.

El cuadro siguiente (Tabla 14), muestra las facies identificadas en la secuencia:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C3 FORMACIÓN LOS PINOS Facie Arenosa Loma el Tahir.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Alxib</i>	<i>Litoarenitas contaminación inclinada de bajo ángulo, bioturbadas</i>
<i>Axib</i>	<i>Cuarzoarenitas con laminación cruzada de bajo ángulo, bioturbada</i>
FACIES FINAS	
<i>Liob</i>	<i>Limolita gris en capas muy delgadas con laminación ondulada paralela continua y discontinua, bioturbada</i>

FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>Ifb</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y limolitas con laminación fláser, bioturbada</i>

Tabla 14. Facies presentes en la Formación Los Pinos (Facies arenosa). Columna Estratigráfica C3.

2.4.10.3.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

En la secuencia se distinguieron dos asociaciones faciales. La inferior con limolitas y arcillolitas con esporádicas intercalaciones delgadas de arenitas de grano fino; cuarzoarenitas feldespáticas, homogéneas, bioturbadas, e interlaminación de capas muy delgadas, irregulares de arenitas de grano fino a muy fino, con limolita arenosa; y la superior con predominio de cuarzoarenitas, subarcosas y sublitoarenitas, todas con glaucomita.

2.4.10.3.2.1. Asociación Facial 1

Tiene un espesor de 12 m. en la base de la secuencia y está constituida por arenitas cuarzosas con feldespatos (*Axib*), homogéneas, bioturbadas, de grano medio a grueso; limolitas y arcillolitas con esporádicas intercalaciones delgadas de arenitas de grano fino (*Liob*), interlaminación de capas muy delgadas, irregulares de arenitas de grano fino a muy fino, con limolita arenosa (*Axib*).

❖ Interpretación

La asociación se considera de ambiente de plataforma externa (Zona X de Irwin) por la presencia de arenitas en capas delgadas, arcillolitas y limolitas laminadas en mayor proporción y arcillolitas y limolitas con muy delgadas intercalaciones de arenitas, todo lo cual atestigua un medio de depósito de aguas tranquilas.

2.4.10.3.2.2. Asociación Facial 2

Corresponde a la parte más superior de la secuencia. Tiene un espesor de 48 m. La asociación está formada principalmente por cuarzoarenitas de grano grueso a medio y fino, con niveles muy delgados lenticulares de grano muy grueso, subarcosas de grano medio en capas muy gruesas subtabulares, laminación inclinada de bajo ángulo, bioturbadas, con glaucomita, (*Axib*), todos los bancos presentan madrigueras. No se observan niveles basales conglomeráticos y presenta algún nivel muy delgado de limolita gris, con laminación ondulosa paralela continua.

❖ Interpretación

Siguiendo la misma distribución propuesta por Irwin (1.965) para las plataformas carbonatadas la secuencia estudiada caería dentro de la zona "Y" que corresponde a la zona de aguas turbulentas de barrera que dan origen a la secuencia eminentemente arenosa. La no presencia de niveles basales conglomeráticos, la no existencia de ciclos y la laminación inclinada y la presencia de abundante glaucomita, atestiguan este medio de sedimentación. Las últimas características indicadas diferencian la secuencia de una secuencia de origen deltaico.



2.4.10.4. Ambiente de Depósito de la Secuencia

De acuerdo con la interpretación de las dos asociaciones faciales identificadas en la sección de la Loma del Tahúr, la parte más inferior se depositó en una plataforma externa de aguas tranquilas por debajo de la acción de las olas (Zona “X” de Irwin) y el resto de la secuencia en una zona de barrera, turbulenta bajo la acción del oleaje (Zona “Y” de Irwin).

2.4.10.5. Edad y Correlaciones

La edad de la formación en el sector de Paz de Río es Maestrichtiano inicial según Sarmiento en Osorno (1994). Se correlaciona con partes de la Formación Arenisca de Labor y Formación Colón de la cuenca de Maracaibo, Ulloa *et al* (2003).

2.4.11. Formación Arenisca Tierna (K₂at)

2.4.11.1. Generalidades

Hubach (1957a) crea el nombre como Miembro Arenisca Tierna con el cual designó las areniscas que se encuentran en el techo de la Formación Guadalupe en el área de la Sabana de Bogotá. Renzoni (1967), en la Plancha 171 de Duitama utiliza el nombre de Formación Labor y Tierna y en la Plancha 172 de Paz de Río, Ulloa *et al*, (2001) la llama Formación Arenisca Tierna, como figura en este trabajo.

En el área estudiada la formación solo aflora en el lado oriental del Macizo de Floresta ligada a las estructuras anticlinales de San Antonio y la Chapa. Ulloa *et al* (2001) indica que la formación aflora en la Inspección de Policía de Los Pinos cerca del borde más nororiental de la zona de trabajo, en donde alcanza espesores de 139 m y en la vía Corrales – Paz de Río, en donde solo alcanza espesores de 32,80 m. formada por areniscas de cuarzo de grano fino a grueso, color gris claro a gris oscuro, en estratos medios a gruesos, estratificación plano paralela a ondulosa con niveles con mica y glauconita, con intercalaciones de lodolitas.

2.4.11.2. Sección Estratigráfica

Acceso. Se encuentra al SE del área de trabajo; partiendo del municipio de Corrales con rumbo E por un carreteable que pasa por Reyes Patria se llega a la intercepción con la quebrada Canelas y desde allí avanzando 300 metros con rumbo N, hacia la escuela San Antonio, en la margen derecha de la vía se inicia la columna estratigráfica de la Formación Arenisca Tierna (Figura 102), sobre el flanco oriental del Anticlinal de San Antonio y hacia la parte sur del mismo, (Anexo 5. Sección C 6).

Descripción. La unidad Arenisca Tierna empieza con 12.4 metros de gruesos paquetes de arenitas de grano fino a medio con delgadas intercalaciones de limolitas, luego 55.1 metros de una secuencia de lodolitas silíceas y arcillolitas en capas muy delgadas a láminas de color verde oliva claro a oscuro y algunos niveles gris oscuro a claro con esporádicos paquetes medianos de arenita fina de color verde oliva claro.

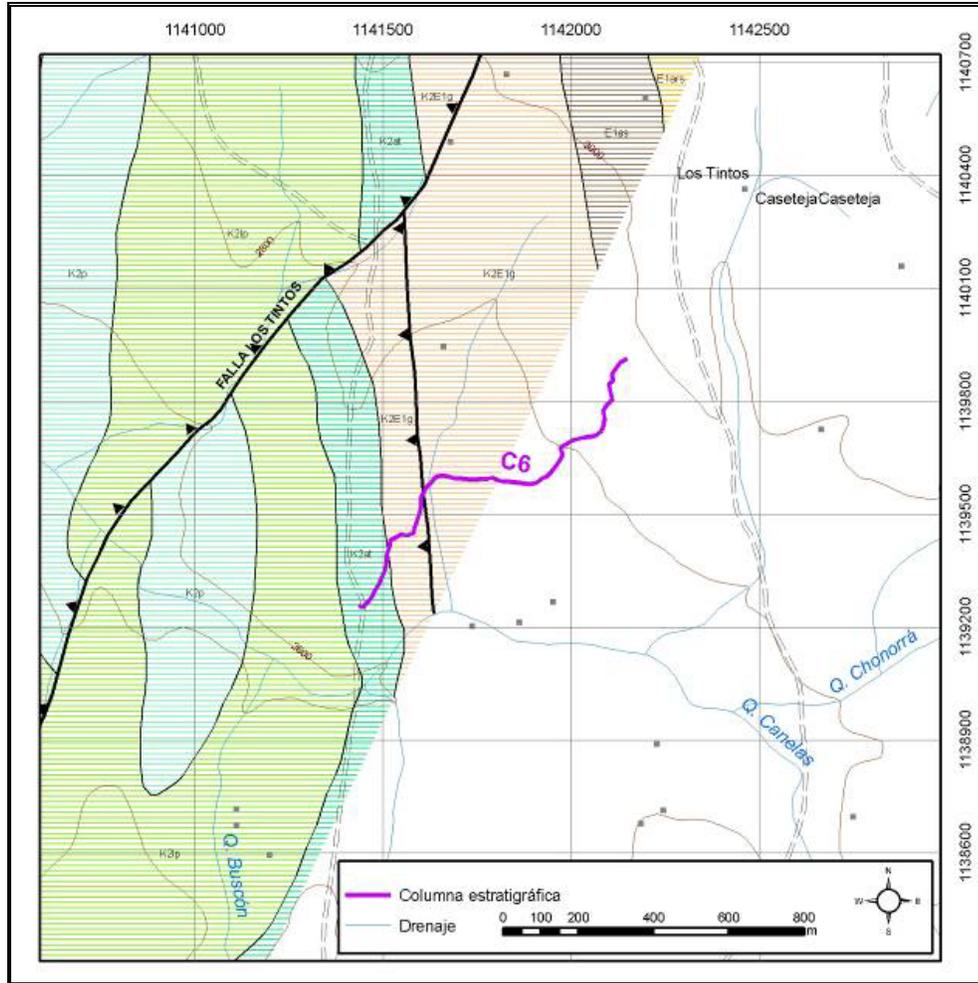


Figura 102. Localización de la Columna Estratigráfica 6, Sección C6. Datum Bogotá

Después se encuentran 16.5 metros de gruesos paquetes tabulares de arenita cuarzosa de grano medio, cemento silíceo, matriz arcillosa, laminación ondulosa no paralela, color naranja grisáceo y culminando con unas capas delgadas a muy delgadas de limolitas de color gris claro. El techo compuesto por 25 metros de delgados paquetes de arenita grano fino compacta, con cemento silíceo, matriz arcillosa, con granos subredondeados a redondeados de color café grisáceo, pasando a capas medianas de arenita cuarzosa de grano fino a medio, de grano subredondeado a redondeado de selección buena en de color café amarillento, finalizando con gruesos a muy gruesos paquetes de arenita cuarzosa de grano medio a grueso, friables, acumulando un espesor de 108.7 metros (Figuras 103 y 104).



Figura 103. Foto: FC6-03. Metraje: 20.0. Azimut: 18°. Descripción: Bancos muy gruesos de arcillolita e interposición de capas gruesas de arenita grano fino a muy fino. Unidad: Formación Tierna. Coordenadas: N= 1139281, E= 1141466, origen Bogotá.



Figura 104. Foto: FC6-05. Metraje: 69.0. Azimut: 7°. Descripción: Bancos muy gruesos subtabulares de arenita grano grueso, bien cementada. Unidad: Formación Tierna. Coordenadas: N= 1139445, E= 1141472, origen Bogotá.



2.4.11.2.1. **Facies**

2.4.11.2.1.1. **Facies Arenosas**

❖ *Am-G: Arenitas cuarzosas masivas con glauconita*

Arenitas de grano medio a grueso de composición cuarzosa, con alto contenido de líticas opacos y bastante mica glauconita, dispuestas en capas de hasta 1m de espesor, con matriz areno arcillosa, de buena selección y granos redondeados con ocurrencia homogénea, poco cohesivas, friables, de color blanco amarillento (10YR 7/4, 10YR6/6).

❖ *Aop-b: Arenita cuarzosa con estratificación ondulosa paralela bioturbada*

Arenitas de grano fino a medio, de composición cuarzosa, matriz arcillosa y cemento silíceo, con granos subredondeados y buena selección, muy compacta, dispuesta en capas que varían entre delgadas a muy gruesas, plano paralelas, con superficies erosivas hacia la base de cada capa, con estratificación interna ondulada a masiva, con un grado de bioturbación moderado a alto. La roca es de color blanco amarillento (5YR 7/2),

❖ *Aop-bf: Arenita cuarzosa con estratificación ondulosa paralela bioturbada fosilífera*

Arenitas de grano fino a medio, muy compacta, de composición cuarzosa, de matriz arcillosa y cemento silíceo, con granos subredondeados y buena selección, de color amarillo claro (5YR 7/2), dispuesta en paquetes de hasta 1m de espesor, tabular plano paralela, con contactos netos ondulados hacia la base, con estratificación interna ondulosa incipiente, con alto contenido de foraminíferos. Ichnofósiles Bioturbación moderada.

❖ *Aia: Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo*

Arenitas de grano fino a medio, muy compacta, de composición cuarzosa, de matriz arcillosa y cemento silíceo, con granos subredondeados y buena selección, dispuestas en capas medias a gruesas, tabulares plano paralelas, con estratificación interna cruzada en artesa. Los paquetes de arenita en la base presentan superficies erosivas onduladas y ocasionalmente se aprecian delgadas capas de limolita. Color amarillo claro (5Y 5/2).

❖ *App-b: Arenita cuarzosa con estratificación plano paralela, bioturbada*

Arenitas de grano fino, cuarzosa, muy compacta, matriz arcillosa y cemento silíceo, en capas con estratificación externa tabular plano paralela, con contactos planos y estratificación interna plano paralela y alto contenido de icnofósiles.

2.4.11.2.1.2. **Facies Finas**

❖ *Lionp: Limolitas con laminación ondulosa no paralela*

Limolita silíceo, en capas muy delgadas, con contactos netos planares y estructura interna laminar ondulosa no paralela, de color gris claro (N4).



❖ ***Lonp: Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela***

Lodolitas silíceas, matriz arcillosa, en capas muy finas, con laminación ondulosa no paralela discontinua de color gris oscuro a claro (N4 y N7). Los contactos entre capas son netos ondulosos.

❖ ***Lonp-b: Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela, bioturbada***

Lodolitas silíceas en capas muy delgadas, ondulosas, con estructura interna ondulada laminar no paralela discontinua, con bioturbación moderada.

❖ ***Lonp-mo: Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela materia orgánica***

Lodolitas silíceas en capas muy finas con laminación ondulosa no paralela, con presencia de láminas de arcillolitas carbonosas, de color gris oscuro (N4)

❖ ***Arpp: Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

Arcillolitas en paquetes tabulares con contactos netos planares, con laminación plano paralela de color gris oscuro (N2).

❖ ***Aronp-b: Arcillolita con laminación planar no paralela continua y discontinua, bioturbada***

Arcillolitas en capas muy delgadas, con laminación ondulosa no paralela, de color gris (10YR 6/6; 10YR 7/4), con bioturbación moderada (madrigueras horizontales).

❖ ***Aronp-mo: Arcillolita con laminación planar no paralela continua y discontinua con materia orgánica***

Arcillolitas en capas muy delgadas con laminación ondulada no paralela de color gris oscuro (10YR 6/6), presentando niveles de arcillolita carbonosa.

2.4.11.2.1.3. Facies Heterolíticas:

❖ ***I A-Li onp: Intercalaciones Limolita-Arenita con laminación ondulosa no paralela***

Interestratificación de arenita silícea de grano fino y limolita silícea en capas delgadas de 3 a 10cm, de colores grises oscuros (5Y5/2 y 10YR 6/2) en capas onduladas no paralelas, con estructura interna laminada ondulosa no paralela.

La Tabla 15 resume las facies determinadas en la formación:

FACIES PRESENTES EN LA FORMACIÓN ARENISCA TIERNA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA C6. Sector Quebrada Canelas	
FACIES DE ARENITAS	
<i>Aop-b</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Aop-bf</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación ondulosa paralela bioturbada fosilífera</i>
<i>Aia</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo</i>
<i>App-b</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación plano paralela, bioturbada</i>
<i>Am-G</i>	<i>Arenitas cuarzosas masivas con glaucomita</i>

FACIES FINAS	
Lionp	<i>Limolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
Lonp	<i>Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela</i>
Lonp-b	<i>Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela bioturbada</i>
Lonp-mo	<i>Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela materia orgánica</i>
Arpp	<i>Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
Aronp-b	<i>Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua bioturbada</i>
Aronp-mo	<i>Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua materia orgánica</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
I A-Li onp	<i>Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>

Tabla 15. Facies presentes en la Formación Arenisca Tierna. Columna Estratigráfica C6.

2.4.11.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

De acuerdo con las características litoestratigráficas observadas en la sección levantada, la unidad se puede dividir en cuatro segmentos que se describirán de base a techo incluyendo las facies predominantes.

2.4.11.2.2.1. Asociación Facial 1

De 12,4m de espesor, suprayace de manera neta concordante sedimentitas de la formación Los Pinos, he inicia con paquetes gruesos de arenita de grano fino a medio compactas con cemento silíceo y matriz arcillosa moderada a bien seleccionada con granos de cuarzo subredondeado a redondeado, que gradan a intercalaciones de arenita de grano fino y limonitas, conformando varias secuencias grano decrecientes con superficies erosivas hacia la base. El color de la roca es generalmente un amarillo grisáceo a gris oliva (5Y 7/2, 5Y 5/2 y 10Y 6/2).

Las secuencias de arenita se presentan en capas tabulares medianas a gruesas, con estratificación inclinada de bajo ángulo (*Aia*) ondulada paralela a no paralela incipientes (*Aop y Aonp*) y hacia el tope de cada secuencia y en menor proporción se aprecian intercalaciones de arenita grano fino y limolita en capas delgadas con laminación ondulada no paralelas (*I A-Li onp*). Dicha secuencia presenta un grado de bioturbación moderado con presencia de madrigueras horizontales y un registro fósil de foraminíferos y numulites tanto en las facies areníticas como las heterolíticas.

❖ Interpretación

Las sedimentitas de este segmento fueron posiblemente depositadas en un ambiente sometido a la acción moderada de las olas, con un retrabajamiento de los granos de cuarzo, donde se encontraron restos de foraminíferos e icnofósiles que permitieron establecer un ambiente de depósito marino sometido a oleaje cercano a la línea de costa.

2.4.11.2.2.2. Asociación Facial 2

Comprendido entre los 12,4 y los 67,5, de aproximadamente 55,1m esta constituido por una secuencia de lodolitas silíceas y arcillolitas en capas muy delgadas a laminas de color verde oliva claro a oscuro (5Y 4/4 y 5Y 4/1) y algunos niveles gris oscuro a claro (N2, N7) con esporádicos



paquetes medianos de arenita fina de color verde oliva claro (10Y 6/2). La secuencia presenta hacia la parte intermedia y hacia el tope unos segmentos cubiertos que por su expresión topográfica se asocian con niveles arcillosos poco competentes.

Las facies que presentan mayor ocurrencia dentro de este segmento son las lodolitas con laminación ondulada no paralela (**Lonp**) y las arcillolitas con laminación plano paralela con laminación ondulosa no paralela (**Aronp**), las cuales presentan un alto grado de bioturbación con madrigueras horizontales y verticales y presencia de un contenido alto de materia orgánica. Comúnmente estas facies están asociadas a esporádicos cuerpos delgados a medianos de arenita cuarzosa compacta, tabulares, con cemento sílice y matriz arcillosa con estratificación ondulada no paralela (**Aonp**) con presencia de materia carbonosa e intraclastos lodosos angulares.

❖ Interpretación

La presencia de facies finas, en este segmento representa un ambiente de baja energía, con laminaciones plano paralelas a onduladas no paralelas (**Lonp, Lionp**) que junto al registro de material carbonoso permite concluir que este tramo fue depositado en un régimen de baja energía restringido, con repentinos cambios de régimen que permite depositar las facies de arenitas de grano fino (**Aonp**), con apariencia homogénea posiblemente por bioturbación.

2.4.11.2.2.3. Asociación Facial 3

El segmento medio superior de 16.5 metros, está conformado por gruesos paquetes de arenita cuarzosa de grano medio, muy compacta, cemento silíceo y matriz arcillosa en capas medianas a muy gruesas, tabulares plano paralelas, de color naranja grisáceo (5YR 7/2). Hacia el tope del segmento se aprecian capas medianas a delgadas tabulares de arenita cuarzosa muy compacta de grano fino culminando con unas capas delgadas a muy delgadas de limolitas de color gris claro (N4).

Dentro de la secuencia se puede apreciar como facies dominante la ocurrencia de arenitas con estratificación ondulosa paralela (**Aop**) y laminación inclinada de bajo ángulo (**Aia**) con presencia de ondulitas sobre el tope de los paquetes areníticos. Estos niveles frecuentemente presentan un alto grado de bioturbación con madrigueras horizontales y verticales. Hacia el tope del segmento en los horizontes más finos aparecen con menor ocurrencia las arenitas de grano fino con laminación planar paralela (**App**) y arenitas de grano fino con laminación ondulosa no paralela (**Aonp**) con estructuras flaser y limolitas silíceas con laminación ondulada no paralela con estructuras lenticulares.

Este segmento se observa con grano decrecimiento hacia el techo.

❖ Interpretación

Esta secuencia grano decreciente hacia el tope representa una asociación de facies que inicia con una superficie erosiva hacia la base de un cuerpo arenítico, con estratificación inclinada de bajo ángulo (**Aia**) ondulada no paralela (**Aonp**), seguido por cuerpos areníticos con estratificación plano paralela (**App**) propias de ambientes sometidos a oleaje moderado, culminando con régimen energético bajo representado por las facies limolíticas con laminación ondulada no paralela (**Lionp**), con presencia de madrigueras tanto horizontales como verticales reflejando una actividad alta de organismos excavadores. La presencia de estructuras flaser y lenticular evidencia la ocurrencia de corrientes bidireccionales, en un régimen de baja energía.



2.4.11.2.2.4. Asociación 4

Entre los 84 y los 109m de la columna se encuentra un nivel de arenitas, que inicia con delgados paquetes de arenita grano fino compacta, con cemento silíceo, matriz arcillosa, con granos subredondeados a redondeados de color café grisáceo (5YR 6/1), continuando con una arenita de grano fino a medio cuarzosa de grano subredondeado a redondeado de selección buena, dispuesta en capas medianas de color café amarillento 10 YR 6/2, finalizando con gruesos a muy gruesos paquetes de arenita cuarzosa de grano medio a grueso, friables.

Las facies predominantes en este segmento están constituidas por arenitas que hacia la base presentan una laminación inclinada de bajo ángulo (**Aia**), asociadas con arenitas con laminación ondulosa no paralela (**Aonp**), mientras que hacia el tope las capas de arenita cuarzosas tienen una apariencia masiva, con alto contenido de glauconita (**Am-G**) con contenido alto de conchas de bivalvos fracturadas, mientras que hacia la parte inferior ocurre una gran variedad de estructuras de bioturbación entre madrigueras verticales y horizontales.

❖ Interpretación

Esta secuencia grano creciente, que inicia con arenitas de grano fino con abundante registro de icnofósiles con estratificación ondulada no paralela (**Aonp**), pasando a arenitas con apariencia homogénea con alto contenido de glauconita (**Am-G**), está representando la sedimentación de cuerpos arenosos en un ambiente de moderada energía pasando gradualmente a un ambiente de mayor energía que probablemente se encontraba sometido a la actividad de organismos excavadores que enmascararon la estratificación. La presencia de estructuras flaser y lenticular evidencia la ocurrencia de corrientes bidireccionales, en un régimen de baja energía.

2.4.11.3. Ambiente de Depósito de la Formación

Las facies encontradas en la unidad, reflejan la depositación de cuerpos litológicos en un ambiente transicional, durante la progradación de una línea donde se logran apreciar algunos eventos transgresivos hacia el tope de la unidad.

La unidad inicia con la depositación de cuerpos areníticos de un ambiente de isla barrera sumergida sometida a oleaje moderado, evidenciado en las facies del primer segmento de la unidad. De este ambiente se pasa transicionalmente a un ambiente de circulación restringida dentro de una laguna salobre, con ocurrencia de material carbonoso representado por las facies más finas del segundo segmento. Se produce luego un evento transgresivo que da origen a la depositación de cuerpos areníticos con características de ambientes de depósito de isla barrera con un nivel intermedio que marca una subsidencia de la cuenca y consecuente progradación representada por facies finas del tercer segmento, donde se aprecia la influencia de corrientes mareales concluyendo con un evento transgresivo que dio origen a la depositación de facies areníticas de un ambiente de frente de playa.

2.4.11.4. Edad y correlaciones

La formación reposa sobre la arcillas de la Formación Los Pinos concordantemente y está superpuesta por la formación Guaduas en contacto igualmente concordante. La edad de la formación es del Maestrichtiano de acuerdo con su posición estratigráfica. (Bürgl 1961, Etayo en Fabre (1986) y Sarmiento en Osorno (1994).



2.4.12. Formación Guaduas (K₂E_{1g})

2.4.12.1. Generalidades

Inicialmente, en la Sabana de Bogotá, Hettner (1892), designa con el nombre de Guaduas, todos los materiales que aparecen por encima del Guadalupe. Hubach (1931, 1945b, 1957b), le da el rango de Formación y la limita a los sedimentos que están por encima del Guadalupe superior y por debajo de la Formación Arenisca del Cacho.

En la región de Paz de Río, Alvarado & Sarmiento (1944), le dan el nombre de Formación Guaduas a los sedimentos que se le superponen a la Formación Ermitaño y están por debajo de las primeras areniscas de la Formación Areniscas de Socha. Ulloa *et all* (2001), en la plancha de Paz de Río y en l a memoria explicativa (2001), indican que la formación se superpone concordantemente a la Formación Arenisca Tierna y está suprayacida en forma paraconforme por las areniscas de la Formación Areniscas de Socha, y en la carretera Tasco Paz de Río se observa con una discordancia angular.

En el área estudiada la formación aflora desde la parte más meridional siguiendo los dos flancos del Anticlinal de San Antonio hacia el norte. El flanco occidental queda cortado por la Falla de Otengá al sur de Paz de Río y el oriental continúa por Tasco hasta Paz de Río con un amplio cubrimiento por depósitos Cuaternarios al norte de Tasco. De Paz de Río hacia el noreste y en el borde más oriental de la zona trabajada, la formación aparece nuevamente en los flancos de otra estructura anticlinal, el anticlinal de La Chapa con amplios afloramiento hacia el sector de Socotá y hacia el borde más septentrional del área. Ulloa *et all* (2001) le da un espesor de 392 m a la formación en una secuencia levantada en la carretera Corrales Paz de Río, la cual presenta los 100 m basales cubiertos. Ulloa dice que luego del sector cubierto en la base, aparece una parte media constituida por arcillolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas con algunas intercalaciones de cuarzoarenitas que forman sucesiones de espesor variable entre pocos centímetros y 36 m, con presencia de nueve capas de carbón y con un espesor total de 120 m. Por encima de esta parte media aparecen 172 m constituidos por arcillolitas grises claras a oscuras, algunas carbonosas, con nódulos lodolíticos hacia el techo e intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino gris clara y en parte amarillentas rojizas por meteorización, con presencia de dos capas delgadas de carbón.

2.4.12.2. Sección Estratigráfica

Acceso. Se encuentra al SE del área de trabajo; partiendo del municipio de Corrales con rumbo E por un carreteable que pasa por Reyes Patria se llega a la intercepción con la quebrada Canelas en donde aparece la secuencia, (Figura 105), geológicamente situada en el flanco oriental del Anticlinal de San Antonio.

Descripción. En contacto neto concordante sobre la Formación Arenisca Tierna, se encuentra la Formación Guaduas que en los primeros 243 metros (metraje entre 108 y 351 en la columna) está constituido por una secuencia de limolitas síliceas con matriz arcillosa, en capas muy delgadas tabulares a onduladas no paralelas, con laminación plano paralela a levemente ondulada no paralela, color café amarillento, lodolitas síliceas en capas tabulares a onduladas muy delgadas, con laminación discontinua plano paralela a discontinua ondulada no paralela, color gris parduzco a café; presentan usualmente alto grado de bioturbación caracterizado por madrigueras horizontales y verticales. En este segmento aparecen mantos importantes de carbón (metraje 269 en la secuencia) (Figura 106).

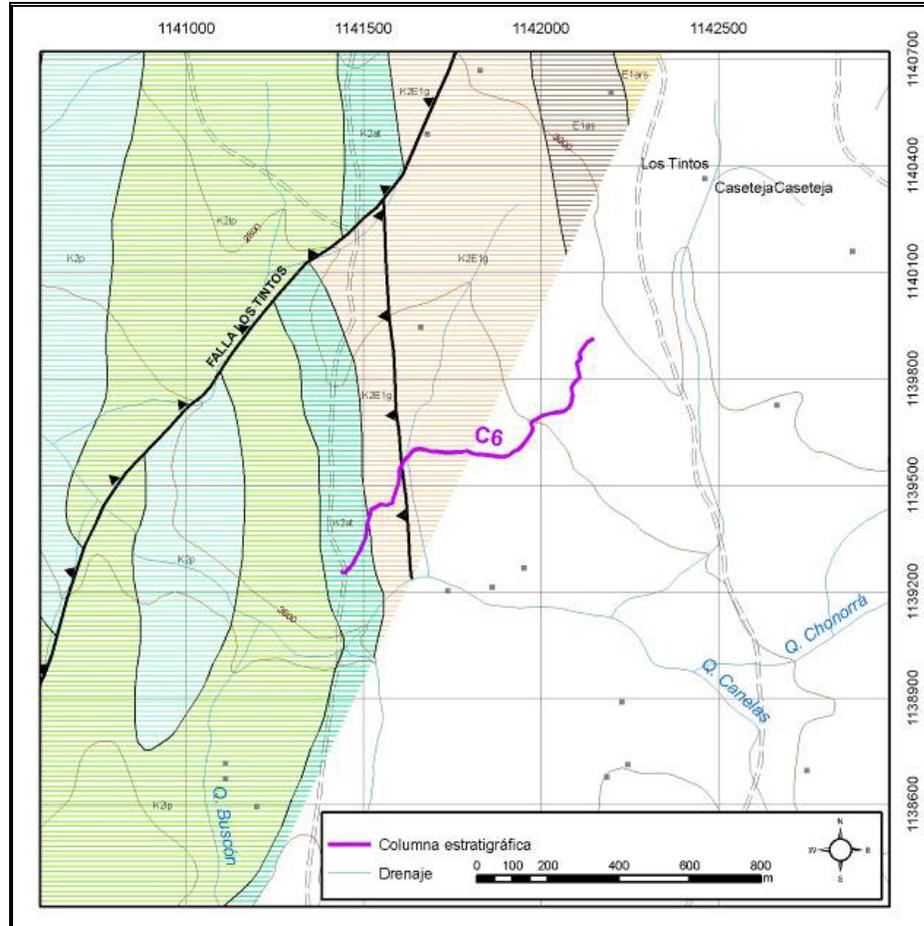


Figura 105. Localización de la Columna Estratigráfica 6, Sección C6. Datum Bogotá

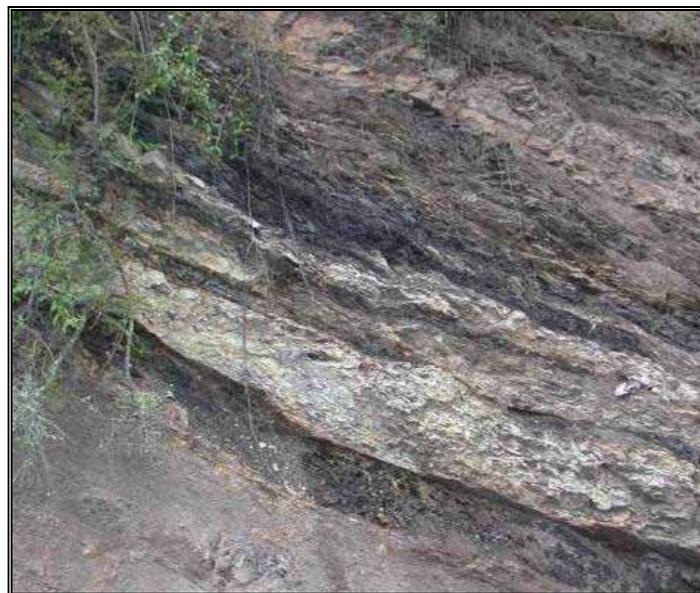


Figura 106. Foto: FC6-13. Metraje: 269.0. Azimut: 32°. Descripción: Capas gruesas de carbón entre niveles delgadas de arcillolita, limolita y arenita grano muy fino. Unidad: Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1139747, E= 1141818, origen Bogotá.

Por encima de este tramo (metro 351 a 375.7) se aprecian esporádicos cuerpos tabulares delgados a medianos de arenita de grano fino con laminación planar paralela a levemente ondulada con bioturbación moderada de madrigueras verticales (Figura 107).

Inmediatamente hacia arriba y hasta el metro 405.5 aparece una secuencia muy gruesa de arcillolita fisible con nuevos mantos medianos de carbón, e intercalaciones delgadas de lodolita y arenitas de grano muy fino entre la arcillolita. Desde el metro 405.5 a 499.7 se aprecian secuencias muy gruesas grano decrecientes, que empiezan con grano medio y terminan en lodolitas o arcillolitas; estas últimas pueden presentar niveles delgados carbonosos; dando paso a un grueso paquete de arenitas de grano fino-medio (metro 499.7 a 507.7), laminación lenticular, bien cementado con sílice, bioturbado, con interstratificación de niveles delgados de lodolitas muy bioturbadas de galerías verticales. En seguida y hasta el tope de la unidad (metro 602.2), predominan las lodolitas grises con laminación ondulosa no paralela y esporádicas intercalaciones de niveles delgados de arenitas de grano fino; la parte superior está formada por capas muy delgadas de arcillolitas de color café amarillenta grisácea con laminación ondulada no paralela y plano paralela con facies subordinadas de arenitas cuarzosas de grano fino-muy fino en capas muy delgadas y niveles esporádicos de carbón de espesor variable entre 0.40 y 2 metros. El espesor total medido para la Formación Guaduas es de 364.9 metros. Finalmente se describen 2.6 metros de arenitas silíceas un poco friables de la Formación Arenisca de Socha, que reposan en contacto discordante sobre la infrayacente Formación Guaduas. El ambiente de depositación de la Formación Guaduas se inició en un ambiente de lagunas presentándose eventos de progradación a un ambiente transicional marino a continental (marismas), pasando a llanura mareal (laguna salobre) con influencia de canales mareales y depósitos de ambiente de marisma con alto contenido de materia vegetal.



Figura 107. Foto: FC6-14. Metraje: 328.0. Azimut: 20°. Descripción: Bancos muy gruesos de arcillolitas e interstratificación de arenitas grano muy fino y limolita. Unidad: Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1139703, E= 1141871, origen Bogotá.



2.4.12.2.1. Facies

2.4.12.2.1.1. Facies Arenosas

❖ ***Aia: Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo***

Arenita cuarzosa de grano fino a medio, con buena selección y granos subredondeados, de color amarillo claro, (10YR 6/2), matriz arcillosa, cemento silíceo, muy compacta, en capas gruesas de hasta 80cm, con geometría externa tabular planar, con estratificación interna cruzada de bajo ángulo.

❖ ***Aia-b: Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo bioturbada***

Arenita de grano fino a medio cuarzosa, matriz arcillosa, y cemento silicio, con buena selección y granos subredondeados, compacta en paquetes de capas medias a gruesas hasta de 80cm, de color amarillo (5YR 5/2), en capas onduladas no paralelas con estratificación cruzada, estructuras fláser y bioturbación moderada a alta (madrigueras verticales).

❖ ***Apnp: Arenita cuarzosa con laminación plana paralela, no paralela continua y discontinua***

Arenita cuarzosa de grano fino, muy compacta, con buena selección y granos subredondeados, en capas delgadas a muy delgadas, con laminación plana paralela y no paralela, con contactos netos ondulados, de color amarillo claro (10YR 6/2)

❖ ***Aonp: Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela***

Arenita cuarzosa de grano fino a medio, selección moderada, granos subangulares, en capas delgadas a medias, matriz arcillosa y cemento silicio con geometría externa ondulada no paralela, con superficies erosivas hacia la base, con estratificación ondulada no paralela, de color amarillo claro (10YR 6/2).

❖ ***Aonp-b: Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela bioturbada***

Arenita de grano fino cuarzosa, muy compacta, matriz arcillosa y cemento silicio, con buena selección y granos subredondeados, en capas delgadas a muy delgadas, con laminación ondulosa no paralela con bioturbación moderada (madrigueras horizontales y verticales).

❖ ***App-b: Arenita cuarzosa con estratificación plano paralela bioturbada***

Arenita de grano fino cuarzosa, muy compacta, matriz arcillosa y cemento silicio, con buena selección y granos subredondeados, en capas delgadas, onduladas con laminación plano paralela y bioturbación moderada.



2.4.12.2.1.2. Facies Finas

❖ ***Liop: Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Limolitas silíceas y lodolitas silíceas en capas muy delgadas con horizontes esporádicos de arenita muy fina, cuarzosa, con espesores de 2 a 4 cm, con geometría externa ondulosa, laminación ondulosa paralela a no paralela, de color gris verdosa (5YR 4/4)

❖ ***Liop-b: Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua, bioturbada***

Limolitas silíceas y lodolitas silíceas en capas muy delgadas con horizontes esporádicos de arenita muy fina cuarzosa con espesores de 2 a 4cm, geometría externa ondulosa, laminación paralela a no paralela, con bioturbación moderada a alta, (madrigueras horizontales y verticales); de color gris verdoso (5YR 4/4)

❖ ***Lim: Limolita con apariencia masiva***

Limolitas silíceas con estratificación delgada a muy delgada de 1 a 5 cm de espesor, ocurrencia de capas homogéneas. Límites externos netos ondulados, de color gris verdoso (5YR 4/4 10YR 2/2)

❖ ***Lionp: Limolitas con laminación ondulosa no paralela***

Limolita cuarzosa, con estratificación delgada media en capas onduladas no paralelas con contactos inferiores netos, con laminación inclinada no paralela de color gris verdoso (10YR 5/2), con buena selección y granos subredondeados.

❖ ***Lonp: Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela***

Lodolitas silíceas con matriz arcillosa y cemento silíceo, en capas delgadas a muy delgadas de 1 a 4cm, con geometría externa ondulosa no paralela y laminación ondulosa no paralela discontinua, de color gris verdoso (10YR 6/2).

❖ ***Lpp: Lodolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

Lodolitas silíceas con matriz arcillosa y cemento silíceo, en capas delgadas a muy delgadas de 1 a 4cm, con geometría externa tabular planar, con laminación plano paralela, de color gris verdoso (10Y 6/2).

❖ ***Aronp: Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua***

Arcillolitas en capas muy delgadas a láminas, con geometría externa tabular ondulosa, con laminación ondulosa no paralela, presentando ondulitas asimétricas, con esporádicos niveles de lodolita arenosa. La roca es de color gris verdosa oscura (5Y 3/2).

❖ ***Aronp-b: Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua bioturbada***

Arcillolitas en capas muy delgadas a láminas, con geometría externa ondulosa, con laminación ondulosa no paralela. La roca es de color gris oscuro (5YR 3/2), con bioturbación moderada.



- ❖ ***Aronp-mo: Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua, con materia orgánica***

Arcillolitas en capas muy delgadas a láminas, con geometría externa ondulosa, con laminación ondulosa no paralela, de color gris oscuro (N1 y N3), con niveles de arcillolita carbonosa.

- ❖ ***Arpp: Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua***

Arcillolitas en capas muy delgadas a laminas con geometría externa ondulada con laminación plano paralela, de color gris verdosa (10YR 2/2).

- ❖ ***Arpp-mo: Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua materia orgánica***

Arcillolitas en capas muy delgadas a laminas con geometría externa ondulada con laminación plano paralela, de color gris verdosa (10YR 2/2), con presencia de arcillolitas carbonosas.

2.4.12.2.1.3. **Facies Heterolíticas**

- ❖ ***I A-L onp: Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua***

Intercalaciones de lodolitas silíceas y arenitas de grano fino a muy fino, en capas delgadas a muy delgadas de 2 a 4cm, con geometría externa ondulada, con laminación ondulada paralela a no paralela, de color gris verdosa a gris clara (10Yr 6/2 y N6). Algunos horizontes presentan grietas de desecación.

- ❖ ***I A-L onp-b: Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua, bioturbada***

Intercalaciones de lodolitas silíceas y arenitas de grano fino a muy fino, en capas delgadas a muy delgadas de 2 a 4cm, con geometría externa ondulada, con laminación ondulada paralela a no paralela, de color gris verdosa (10Yr 6/2). Se aprecia bioturbación moderada (madrigueras horizontales).

- ❖ ***I A-L onp-bmo: Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua***

Intercalaciones de lodolitas silíceas y arenitas de grano fino a muy fino, en capas delgadas a muy delgadas de 2 a 4cm, con geometría externa ondulada, con laminación ondulada paralela a no paralela, de color gris verdosa (10Yr 6/2). Se aprecia bioturbación moderada (madrigueras horizontales). Se aprecian niveles de arcillolitas carbonosas.

- ❖ ***Car: Carbón***

Niveles de carbón fisibles, en capas tabulares, bandeados, con laminación planar discontinua a masiva de color negro grisáceo (N2).

La Tabla 16 resume las facies identificadas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA C6. FORMACIÓN GUADUAS. Sector Quebrada Canelas.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Aia</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo</i>
<i>Aia-b</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación inclinada de bajo ángulo bioturbada</i>
<i>Apnp</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación planar paralela no paralela continua y discontinua</i>
<i>Aonp</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Aonp-b</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación ondulosa no paralela bioturbada</i>
<i>App-b</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación plano paralela bioturbada</i>
FACIES FINAS	
<i>Liop</i>	<i>Limolita con laminación ondulada paralela continua y discontinua</i>
<i>Liop-b</i>	<i>Limolita con laminación ondulada paralela continua y discontinua bioturbada</i>
<i>Lim</i>	<i>Limolita con apariencia masiva</i>
<i>Lionp</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Lonp</i>	<i>Lodolita silícea con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Lpp</i>	<i>Lodolita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
<i>Aronp</i>	<i>Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua</i>
<i>Aronp-b</i>	<i>Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua bioturbada</i>
<i>Aronp-mo</i>	<i>Arcillolita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua, con materia orgánica</i>
<i>Arpp</i>	<i>Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
<i>Arpp-mo</i>	<i>Arcillolita con laminación planar paralela continua y discontinua materia orgánica</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>I A-L onp</i>	<i>Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
<i>I A-L onp-b</i>	<i>Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua, bioturbada</i>
<i>I A-L onp-bmo</i>	<i>Intercalaciones Lodolita – Arenita con laminación ondulosa no paralela continua y discontinua</i>
<i>Car</i>	<i>Carbón</i>

Tabla 16. Facies presentes en la Formación Guaduas. Columna Estratigráfica C6.

2.4.12.2.2. Asociaciones Faciales. Ambientes de Depósito

La unidad Guaduas fue medida por la quebrada Canelas, sobre la vía que comunica la escuela de San Antonio con la vía principal entre Corrales y Tasco, al nororiente del municipio de Corrales, y se incluye conjuntamente con la Formación Arenisca Tierna en la sección, (Anexo 5, Sección C6).

2.4.12.2.2.1. Asociación Facial 1

Tiene un espesor de 243 m., comprendidos entre los 108.7 y los 351.7m. de la Secuencia C 6, y está constituido por litologías finas que se inician con una secuencia de limolitas silíceas con matriz arcillosa, en capas muy delgadas tabulares a onduladas no paralelas, con laminación plano paralela a levemente ondulada no paralela (**Lionp, Lipp**), de color café amarillento (10YR 6/2) la cual tiene aproximadamente 30m de espesor. Continúan 122m de lodolitas silíceas dispuestas en capas muy delgadas, tabulares a onduladas no paralelas, con laminación discontinua plano paralela a discontinua ondulada no paralela (**Lpp, Lonp**) de color gris parduzco (5YR 4/1) a café (5YR 3/4) presentándose hacia la parte superior de las lodolitas, niveles intercalados de arenitas de grano fino a muy fino, cuarzosas, y lodolitas silíceas dispuestas en capas plano tabulares a ligeramente onduladas con laminación interna inclinada de bajo ángulo (**I A-Lia**) y ondulada no paralela (**I A-**



Lonp), de color verde oliva pálido (10YR 6/2), las cuales presentan frecuentemente alto grado de bioturbación representado por madrigueras horizontales y verticales. Hacia el tope de este tramo se aprecian esporádicos niveles delgados a medianos de arenita de grano fino en cuerpos tabulares con laminación planar paralela a levemente ondulada (**App, Aop**), con bioturbación moderada de madrigueras verticales. Dentro de este tramo se midieron aproximadamente 52 m. de cubierto que se asumen como parte de las facies más finas.

La parte superior de dicho segmento, de 91m esta constituido por niveles de arcillolita de color café amarillenta (10YR 4/2) a café grisácea (5YR 3/2) en capas muy delgadas con laminación ondulada no paralela (**Aronp**), ocasionalmente plano paralela (**Arpp**), con facies subordinadas constituidas de arenitas de grano fino a muy fino, cuarzosas, en capas muy delgadas y niveles esporádicos de carbón (**Car**) que varían entre 0,40 y 2 m. de espesor. En esta secuencia se midieron 29 m. de cubiertos, que por el carácter arcilloso de ella se pueden asumir también como niveles arcillosos.

❖ Interpretación

La asociación de facies finas en este segmento basal de la Formación Guaduas, permite concluir un ambiente de depósito de baja energía que da origen a la sedimentación de capas de arcillas, lodos y limos con pendiente suave a horizontes plano paralelos por precipitación de material suspendido, con presencia de suaves corrientes, que dan paso a la conformación de estructuras sedimentarias de ondulitas (**Lonp, Lpp, Lionp, Lipp**), depositadas en ambientes restringidos, con un aporte de material carbonoso que indica la cercanía de una zona de aporte de restos de vegetales.

Arenitas con estratificación ondulada no paralela (**Aonp**), son indicadores de la existencia de corrientes de moderada energía. De estas facies se pasa a las de intercalaciones de arenitas y lodolitas silíceas, que representan cambios brusco de energía, para pasar a las a facies de limolitas y lodolitas que son depositadas en un ámbito de energía baja, y culminar con la depositación de arcillolitas y carbones en zonas de muy baja energía.

2.4.12.2.2. Asociación Facial 2, Superior

Este segmento comprendido entre 351.7 y los 602.1m. de la sección, con un espesor de 250,4 m, (Anexo 5, C 6) está constituido por cinco (5) secuencias grano decrecientes conformadas así:

Hacia la base, paquetes medianos a gruesos de arenitas de grano fino a medio compactas, de grano subredondeado, moderada a bien seleccionadas, de color café amarillento, (10 YR 6/2) y amarillo naranja (10YR 6/6), en capas tabulares, con estratificación interna inclinada de bajo ángulo (**Aia**) y estratificación ondulada no paralela (**Aonp**). Se observan superficies de erosión hacia la base de cada capa. Estas facies basales presentan generalmente bioturbación moderada a alta, que enmascara la estratificación de los cuerpos dando la apariencia de una capa homogénea.

Siguen hacia arriba intercalaciones de arenita cuarzosa, de grano fino y limolita silícea en capas delgadas a muy delgadas con laminación ondulada no paralela (**I A-Li onp**), de color verde oliva (10YR 6/2). En estas facies es común apreciar estructuras flaser y lenticular y ondulas asimétricas sobre el tope de las capas.

Subiendo en la secuencia se observan niveles de limolita silícea, en capas ligeramente onduladas, con laminación ondulada no paralela (**Lionp**) y ocasionalmente se aprecian capas de limolita con apariencia homogénea (**Lim**), hacia la base del segmento, sobre las facies de intercalaciones de arenita y limolita (**I A-Li onp**).



Suprayaciendo las facies limolítica anterior, se aprecia regularmente espesos niveles de lodolita silíceas en capas muy delgadas, tabulares a ligeramente onduladas, con laminación plano paralela (**Lpp**), a laminación ondulada no paralela (**Lonp**).

Finalmente, hacia el tope de cada secuencia grano decreciente, se observan gruesos paquetes de arcillolita en capas muy delgadas a láminas onduladas no paralela (**Aronp**) de color gris parduzco (10YR 2/2) a gris oscuro (N2). Dentro de estas facies más finas (arcillosas), se puede encontrar niveles de arcillolitas carbonosas y horizontes de carbón (**Car**) de color gris oscuros (N1, N2, N3).

Entre los 549.7 y los 602.1m de la unidad, la secuencia grano decreciente, se modifican y presentan, sobre los paquetes de arenita de grano fino en capas delgadas a medias (**Aonp**) de la base de las secuencias, niveles muy potentes de lodolita con laminación ondulosa no paralela (**Lonp**), sin que se presenten las facies más arcillosas y los niveles de carbones que se encuentran generalmente hacia el tope de cada secuencia grano decreciente.

❖ Interpretación

La parte basal de cada secuencia grano decreciente, representada por la facies de arenitas con estratificación inclinada de bajo ángulo (**Aia**), estratificación planar paralela, y estratificación ondulada no paralela (**Aonp**), son indicadores de la existencia de corrientes de moderada energía. De estas facies se pasa a las de intercalaciones de arenitas y lodolitas silíceas, que representan cambios brusco de energía, para pasar a las a facies de limolitas y lodolitas que son depositadas en un ámbito de energía baja, y culminar con la depositación de arcillolitas y carbones en zonas de muy baja energía.

La presencia de estructuras fláser y lenticular en algunas de las facies encontradas dentro de este segmento superior, indican la ocurrencia de corrientes bidireccionales. La existencia de madrigueras verticales y horizontales dentro de las facies areníticas y limolíticas permite establecer la presencia de organismos excavadores en un ambiente de moderada energía.

Las características litológicas, estratigráficas y la asociación de las facies así como la geometría de los cuerpos sugieren un ámbito de depósito, para cada secuencia grano decreciente, de canales mareales que permitieron la depositación de las facies areníticas, posteriormente abandonados y cubiertos por facies heterolíticas originadas por corrientes esporádicas de lavado, dando paso a la depositación de facies limolíticas y lodolíticas propias de cuerpos de agua con bajo influjo de corrientes, y finalmente, restricción de la energía en un ambiente de aporte continental que dio origen a la acumulación de arcillas y materia orgánica.

2.4.12.3. Ambiente de Depósito de la Formación

La asociación facial 1, indica que la Formación Guaduas se depositó inicialmente en un ambiente de lagunas detrás de una islas barrera, donde se originaron sedimentos limo-arcillosos en una llanura mareal hacia la parte inferior de la unidad, con influencia de corrientes intermitentes de lavado que dieron origen a las intercalaciones de arenita y lodolita silícea, presentándose eventos de progradación que dieron paso a la depositación de arcillas y restos vegetales en un ambiente transicional marino a continental (marismas).

Posteriormente sobre los sedimentos de la llanura mareal, se originaron probablemente oscilaciones del nivel del mar evidenciando procesos de transgresión del mar y/o subsidencia de la cuenca de depósito, permitiendo la acumulación de las diferentes secuencias grano decrecientes de la asociación facial 2 superior, conformando una serie que variaba de arenitas acumuladas en la parte



posterior de una isla barrera, pasando transicionalmente a un ambiente de llanuras mareales dentro de un ambiente de laguna salobre con circulación restringida, e influenciada por canales mareales y corrientes de lavado, culminando cada secuencia con depósitos de ambientes de marismas, con aportes altos de material vegetal y formación de mantos y capas de carbón.

2.4.12.4. Edad y Correlaciones

Van Der Hammen (1957) le asigna una edad Maestrichtiano –Paleoceno en la sabana de Bogotá con base a estudios palinológicos pero considera que en el sector de Paz de Río no cubre el Paleoceno, lo cual aparece corroborado con los estudios de Sarmiento en Osorno (1994) que indica únicamente el Maestrichtiano como edad para estos sedimentos.

2.4.13. Formación Areniscas de Socha (E₁ars)

2.4.13.1. Generalidades

Alvarado & Sarmiento (1944) le dan el nombre a la formación llamándola inicialmente Socha Inferior con su localidad tipo en Socha Viejo. Ulloa *et all* (2001), proponen cambiar el nombre por Areniscas de Socha tomando en cuenta las recomendaciones de la Guía Estratigráfica Internacional que indica que los términos inferior medio y superior no deben ser empleados en las subdivisiones de las unidades estratigráficas.

En el área de estudio la formación aparece en el sector oriental, siguiendo las estructuras anticlinales de San Antonio al sur y La Chapa al nororiente sobre su flanco occidental. Ulloa *et all* (2001), señalan un espesor para la formación de 156 m en la carretera Corrales – Paz de Río, dentro del área de estudio y dice está constituida por cuarzoarenitas de grano fino a medio blancas, grises, pardas y grises amarillentas en capas delgadas a muy gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas. La formación esta superpuesta por la Formación Arcillas de Socha en forma concordante y transicional. El contacto inferior con la Formación Guaduas es paraconforme y Ulloa *et all* (2003) señala un contacto discordante en la vía Tasco Paz de Río.

2.4.13.2. Sección Estratigráfica

En los trabajos de campo se levantaron dos secuencias de la formación: una sobre la vía del ferrocarril de Paz de Río un poco al sur de la desembocadura de la Quebrada Guazá en el río Chicamocha, (Anexo 5, Sección C1) y otra sobre la carretera Corrales - Tasco un poco al sur de la Quebrada Tenería, (Anexo 5. Sección C8). El análisis facial de estas secuencias es el siguiente:

2.4.13.2.1. Formación Areniscas de Socha, Sección Vía del Ferrocarril - Río Chicamocha

Acceso. Por la vía Tasco – Paz de Río, se va hasta la Vereda El Pedregal, allí parte un carretable que conduce con rumbo W hacia un criadero de trucha localizado en la margen derecha de la quebrada Guazá; luego a pie hacia la intersección de esta quebrada con el Río Chicamocha, cruzando un puente con rumbo W y junto a la línea férrea se encuentran los afloramientos de roca. Esta columna está ubicada en el sector conocido como “Curva de Cosgua” (Figura 108).

Descripción. La columna se inicia con 25 m de la Formación Plaeners compuesta por arenitas ligeramente calcáreas y limolitas silíceas la cual está separada de las rocas paleógenas por la Falla Otengá - Canelas, que produce una acumulación de depósitos coluviales con un espesor de 41 m. Luego inicia la Formación Arenisca de Socha (Figura 109), compuesta principalmente de arenitas

cuarzosas, litoarenitas y sublitoarenitas de grano grueso a fino, subredondeada a subangular, con ocasionales niveles conglomeráticos de gránulos y guijos de cuarzo, en menor proporción limolitas arenosas, estratificación cruzada de bajo ángulo y poca o nada bioturbación; cemento silíceo, porosidad moderada. El ambiente de depositación es de canales activos de ríos trezados y hacia el techo llanura de inundación de río trezado; el espesor de esta formación es de 110.75 metros.

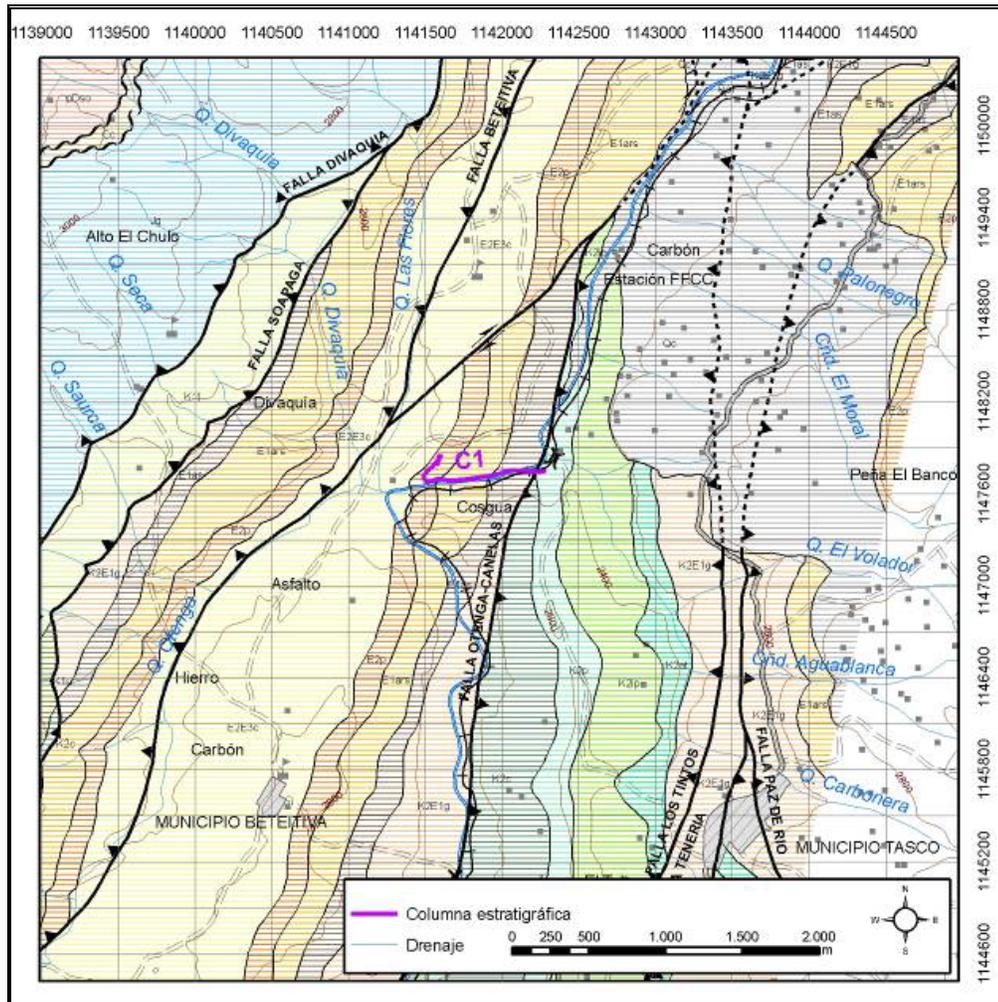


Figura 108. Localización de la Columna Estratigráfica 1, Sección C1. Datum Bogotá

2.4.13.2.1.1. Facies de Conglomerados y Arenitas Conglomeráticas

❖ ACI: Arenita conglomerática con estratificación lenticular

Capas muy gruesas de arenitas de grano grueso a conglomerática con guijos y gránulos de cuarzo, contactos netos, capas subtabulares, laminación plana paralela continua, color naranja amarillento oscuro.



2.4.13.2.1.2. Facies Arenosas

❖ *Aop: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela*

Arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas) de grano fino con selección moderada a buena, granos subangulares a redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena, color gris oscuro a claro (N3 – N7), color de meteorización 5YR 6/1; geometría externa subtabular con contactos netos planares e internamente con laminación ondulosa discontinua paralela, con ondulitas asimétricas, y predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, representada en ichnofósiles (madrigueras horizontales); ocasionales fragmentos vegetales y zonas oxidadas; pueden ser arenitas friables.

❖ *Aip-mo: Cuarzoarenita con estratificación inclinada planar y materia orgánica*

Arenitas de grano medio a fino en gradación normal, selección buena, granos subangulares a subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad muy buena, color gris (N4); geometría interna subtabular con contactos ondulosos en capas métricas, laminación inclinada planar y localmente plano paralela debido a la ocurrencia de láminas muy finas de arcillolita y materia orgánica.

❖ *App: Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela*

Cuarzoarenitas y ocasionalmente sublitoarenitas, de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: rosado grisáceo (5YR 8/1), crema pálido (10YR 8/2) hasta crema oscuro (10YR 6/6); geometría externa subtabular, contactos netos planares y ondulosa, en capas métricas; laminación plano paralela y localmente ondulosa originada por su composición y textura, con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; ocasionalmente son arenitas friables.

❖ *Alo: Litoarenitas, estratificación plana paralela continua*

Sucesión muy gruesa de litoarenitas con ocasionales niveles muy delgados de arenitas lodosas, de grano muy fino.

❖ *Allo: Sublitoarenitas / Litoarenitas lodosas con estratificación ondulosa*

Con las mismas características de Alo, pero con mayor proporción de matriz lodosa y geometría externa canaliforme.

❖ *Alop: Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación ondulosa paralela*

Arenitas (sublitoarenitas) de grano fino a medio con selección moderada, granos subangulares, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada, de color gris claro (N5–N7) y color de alteración marrón claro (10YR 6/2). Geometría externa subtabular con contactos ondulosos; la estructura interna corresponde a laminación ondulosa paralela continua y su origen es textural debido a láminas continuas de arenitas y fragmentos carbonosos; con niveles de oxidación.



❖ ***Alip: Sublitoarenitas / Litoarenitas con estratificación inclinada planar***

Sucesión de capas gruesas de litoarenitas – litoarenitas feldespáticas, contactos ondulados, capas cuneiformes o subtabulares; laminación inclinada planar, óxidos de hierro, estrías de fricción en las diaclasas; láminas carbonosas.

❖ ***Akop: Arenita subarcósica con estratificación ondulosa planar***

Subarcosa en capas gruesa, cuneiformes, laminación ondulosa paralela, color gris claro medio (N6); selección buena, grano subredondeado, matriz arcillosa y cemento silíceo, algo friable.

❖ ***Ao-cal: Cuarzoarenitas con laminación ondulosa ligeramente calcárea***

Sucesión muy gruesa de capas muy delgadas de cuarzoarenitas, con interestratificaciones de laminillas de material carbonoso, contactos ondulados, capas onduladas, estratificación cruzada en artesa, con óxidos de hierro y fragmentos carbonosos; ligeramente calcáreas.

2.4.13.2.1.3. **Facies Finas**

❖ ***Liop: Limolitas con laminación ondulosa paralela***

Limolitas con cemento silíceo, de baja porosidad, de color gris oscuro (N4), en paquetes decimétricos y geometría canaliforme y contactos ondulados abruptos; internamente predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, con laminación ondulosa continua; son comunes las láminas carbonosas en los planos de estratificación.

❖ ***Lihfl: limolitas con laminación fláser, con intercalaciones delgadas de arenitas***

Sucesión muy gruesa de limolitas en capas delgadas con laminación fláser, con intercalaciones de arenitas muy delgadas de grano muy fino. Óxidos de hierro.

2.4.13.2.1.4. **Facies Heterolíticas**

❖ ***IA-Liop: Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenita y limolitas con laminación ondulosa paralela***

Sucesión interestratificada de lentes delgadas de arenitas de grano fino a muy fino y limolitas arenosas de color gris, con mica, laminas carbonosas y fragmentos carbonosos.

❖ ***Iofl: Interposición de capas muy delgadas de limolitas y arenitas***

Intercalaciones de capas muy delgadas de limolitas y arenitas, laminación ondulosa y fláser, óxidos de hierro.

❖ ***Ilofl: Interposición de limolitas laminadas con arenitas de grano muy fino***

Sucesión muy gruesa de limolitas grises, laminadas con intercalaciones de arenitas de grano muy fino a fino, laminación fláser, con fragmentos carbonosos.

La Tabla 17 muestra el resumen de las facies identificadas en la columna.

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA C1 FORMACIÓN ARENISCA DE SOCHA. Vía férrea Paz de Río	
FACIES DE CONGLOMERADOS Y ARENITAS CONGLOMERÁTICAS	
<i>ACI</i>	<i>Arenita conglomerática con estratificación lenticular</i>
FACIES ARENOSA	
<i>App</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación plano paralela</i>
<i>Aop</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Aip-mo</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación inclinada planar y materia orgánica</i>
<i>Alo</i>	<i>Litoarenitas, estratificación plana no paralela, continua</i>
<i>Al₀</i>	<i>Sublitoarenitas / Litoarenitas lodosas con estratificación ondulosa</i>
<i>Alop</i>	<i>Sublitoarenitas / Litoarenitas lodosas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Alip</i>	<i>Sublitoarenitas / litoarenitas con estratificación inclinada planar</i>
<i>Almf</i>	<i>Sublitoarenitas con fragmentos de conchas</i>
<i>Akop</i>	<i>Arenita subarcósica con estratificación ondulosa planar</i>
<i>Ao-cal</i>	<i>Cuarzoarenitas con laminación ondulosa ligeramente calcárea</i>
FACIES FINAS	
<i>Liop</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Lihfl</i>	<i>Limolitas con laminación fláser, con intercalaciones delgadas de arenitas</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>IA-Liop</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenitas y limolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Iofl</i>	<i>Interposición de capas muy delgadas de limolitas y arenitas</i>
<i>Iofl</i>	<i>Interposición de capas muy delgadas de limolitas y arenitas</i>
<i>I₁ofl</i>	<i>Interposición de limolitas laminadas con arenitas de grano muy fino</i>

Tabla 17. Facies presentes en la Formación Arenisca de Socha. Columna Estratigráfica C1.

2.4.13.2.2. Asociaciones Faciales

Se identificaron las siguientes asociaciones faciales

2.4.13.2.2.1. Asociación Facial B

El análisis de las características de esta asociación permite indicar que corresponde a un canal activo aluvial, de un río meandrificado.

Para Selley, R.C. (1976) la asociación facial representativa de un canal activo, está caracterizada por una grava de fondo con elementos exóticos, como cantos de arcilla intraformacionales, la cual constituye un depósito residual en el fondo del canal; superpuesta por una secuencia arenosa con decrecimiento de grano en la vertical. Esta secuencia arenosa puede ser masiva, o hacia arriba presentar estratificación cruzada de surco de gran escala que pasa gradualmente a arenas con estratificación plana tabular y cruzada de potencia menor. Hacia la parte alta se presentan arenas finas laminadas y con microestratificación cruzada y ondulas de corriente en escala menor, dando luego paso gradual a los limos de la subfacie de llanura de inundación.

Por comparación con la asociación característica de Selley (1976), la asociación se presenta hacia la base de la sección, entre los bastones 44 y 71 (espesor 40,5 m). Se inicia con una sucesión muy gruesa de de litoarenitas de grano medio que hacia la parte alta pasa a grano fino; en capas gruesas a medias, subtabulares, con laminación paralela, continua ondulosa (**Ala**) y prosigue hacia arriba con asociaciones más o menos típicas que decrecen en tamaño de grano y presentan en las capas basales niveles conglomeráticos (**Act**), con gránulos y guijos de cuarzo, laminación plana paralela ondulosa, o plano paralela continua (**App**). Se observa escasa bioturbación. Más arriba, entre los bastones 72,5 y 81 (espesor 18,75 m), se repite la asociación hasta quedar interrumpida por un sector cubierto muy amplio que debe corresponder a rocas arcillosas.



Figura 109. Foto: FCI-03. Metraje: 68.0. Azimut: 210°. Descripción: Sucesión muy gruesa capas subtabulares de litoarenitas de grano medio. Canal Activo Río Meandrificado. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1147726, E= 1142175, origen Bogotá.

La asociación vuelve a repetirse arriba del sector cubierto entre los bastones 111,5 y 131, (espesor 29,25 m) y está formada por capas gruesas granodecrecientes de cuarzoarenita (**Aop**); capas de arcosas (**AKop**); y capas gruesas a muy gruesas subtabulares de cuarzoarenita y litoarenita con restos de materia orgánica, laminación ondulosa e inclinada planar (**Alp-mo y Aop**).

Finalmente la asociación vuelve a presentarse entre los bastones 132 y 146 (espesor 14 m.) con litoarenitas en capas gruesas, con niveles de arenitas de grano muy grueso, con algunos guijos de cuarzo hacia la base de las asociaciones (**Alp-mo y ALIp**).

❖ Interpretación

Se considera la asociación facial como depósitos de canal de ríos meándricos por comparación con las asociaciones de Selley (1976), para los mismos ambientes de depositación.

2.4.13.2.2. Asociación Facial C

Se identificaron en dos pequeños sectores de la secuencia. Primero entre los bastones 131 y 132 (espesor 1,5 m) y luego en le tope de la sucesión entre los bastones 146 y 149,5 (espesor 5,25 m). En estos dos sectores la asociación está constituida por interestratificaciones de lentes delgadas de litoarenitas de grano fino con limolitas arenosas (**IA-Llop**) y por interestratificaciones de capas delgadas de limolita laminada, negra, con capas gruesas de litoarenitas, con laminación inclinada planar con láminas carbonosas (**Ailp**)

❖ Interpretación

Se interpreta la asociación como depósito de llanura de inundación, por comparación con los depósitos similares definidos por Selley (1976).

2.4.13.2.3. Formación Areniscas de Socha, en la Sección vía Corrales-Tasco - Cercanías Quebrada Tenería

Acceso. La base de la columna se encuentra sobre el lado derecho de la carretera que de Corrales conduce a Tasco, en la vereda Peña Blanca (Figura 110).

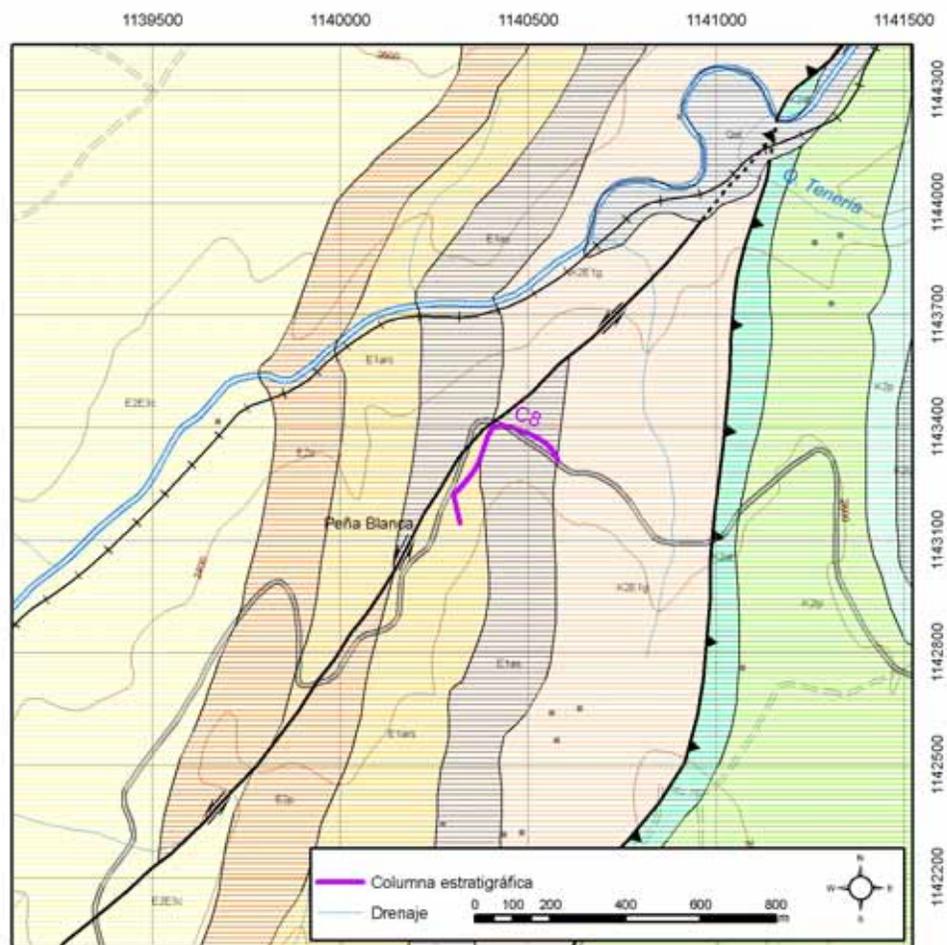


Figura 110. Localización de la Columna Estratigráfica 8, Sección C8. Datum Bogotá

Descripción. La columna levantada se inicia con el techo de la Formación Guaduas (13.4 metros), compuesto de bancos muy gruesos de limolita gris con delgadas intercalaciones de arenitas cuarzosas y cuarzoarenitas de grano fino interestratificadas con capas muy delgadas de lodolitas y limolitas que están en contacto discordante con la base de Las Areniscas de Socha la cual consta de cuarzoarenitas, litoarenitas en sets granodecrecientes con estratificación cruzada, (metro 13.4 hasta el 73), los cuales casi siempre terminan en lodolitas o intercalaciones delgadas de lodolitas y limolitas de color gris que tienen geometría lenticular e icnofósiles horizontales en la base de las capas.

Desde el metro 73 hasta el 123, se presentan especialmente bancos muy gruesos subtabulares de cuarzoarenita y subarcosa con estratificación cruzada de bajo ángulo o pobre, en gradación normal ligeramente en sus bases, con cemento silíceo y ferruginoso, granos subangulares y subredondeados, levemente friables. Luego siguen (metro 123 a 141) intercalaciones de limolitas y arcillolitas con delgadas capas de cuarzoarenitas de grano fino, laminación inclinada de bajo ángulo, u ondulosa no paralela en algunas capas e icnofósiles. Hacia el techo de la unidad (metro 141 a 183) aparecen nuevamente los bancos muy gruesos y gruesos subtabulares de arenitas cuarzosas en sets ligeramente granodecrecientes hacia sus bases siendo localmente subarcosas, con laminación inclinada de bajo ángulo y estratificación cruzada incipiente, y presencia ocasional (metros 165 y 168) de limolitas y fragmentos carbonosos (Figuras 111 y 112).



Figura 111. Foto: FC8-27. Metraje: 163.6. Azimut: 202°. Descripción: Capas medias canaliformes de cuarzoarenitas de grano fino con interposición de limolitas. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143273, E= 1140365, origen Bogotá.



Figura 112. Foto: FC8-30. Metraje: 175.0. Azimut: 190°. Descripción: Sucesión muy gruesa de capas medias y delgadas de cuarzoarenita y subarcosa de grano fino. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143209, E= 1140340, origen Bogotá.

Finalmente en contacto concordante se describen 4 metros (metro 183 a 187) de la suprayacente Formación Arcillas de Socha compuesta de lodolitas con interestratificaciones delgadas y muy delgadas de limolitas y arenitas de grano muy fino. La formación se depositó en un ambiente de ríos trezados iniciando en la base con canales activos, pasando a llanura de inundación, siguiendo en la parte media con depósitos de canal (barras y rellenos) y llanura de inundación, y hacia el techo nuevamente depósitos de canal (barras y rellenos).

2.4.13.2.3.1. Facies Arenosas

❖ Aop: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela

Arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas) de grano fino con selección moderada a buena, granos subangulares a redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena, color gris oscuro a claro (N3 – N7), color de meteorización 5YR 6/1; geometría externa subtabular con contactos netos planares e internamente con laminación ondulosa discontinua paralela, con ondulitas asimétricas, y predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, representada en ichnofósiles (madrigueras horizontales); ocasionales fragmentos vegetales y zonas oxidadas; pueden ser arenitas friables.

❖ App: Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela

Cuarzoarenitas y ocasionalmente sublitoarenitas, de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: rosado grisáceo (5YR 8/1), crema pálido (10YR 8/2) hasta crema oscuro (10YR 6/6); geometría externa subtabular, contactos netos planares y ondulosa, en capas métricas; laminación plano paralela y localmente ondulosa originada por su composición y textura, con predominio de las



estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; ocasionalmente son arenitas friables.

❖ ***Aia: Cuarzoarenitas con estratificación cruzada de bajo ángulo***

Arenitas de grano grueso a fino en gradación normal, con selección pobre a moderada, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa y cemento silíceo; porosidad buena, color blancuzco (N9) en las arenitas de grano medio a fino y, color amarillo grisáceo (5Y 7/2) por alteración en las arenitas de grano grueso. Geometría externa subtabular y localmente lenticular con contactos neto planar y ondulado; el espesor predominante de las capas es muy gruesa; internamente son notorias las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, correspondiendo a laminación inclinada de bajo ángulo, originado por la alternancia de láminas set de granulometría diferente; bioturbación presente en icnofósiles horizontales sobre el lecho de las capas; niveles de oxidación y glauconita diseminada.

❖ ***Aip: Cuarzoarenita con estratificación inclinada planar***

Arenitas de grano grueso a medio en gradación normal, selección moderada, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad muy buena, color gris muy claro (N8), pasando a gris rosáceo (5YR 8/1) y llegando a colores de meteorización amarillentos (10YR 8/2, 10YR 8/6); geometría interna subtabular con contactos neto planar en capas métricas, laminación inclinada planar. Niveles de oxidación.

❖ ***Aonp: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa no paralela***

Arenitas cuarzosas de grano medio a fino con selección buena, granos redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena, color de meteorización gris rosáceo (5YR 7/2); geometría externa lenticular con contactos ondulado y planar e internamente con laminación ondulosa discontinua no paralela y predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, niveles de oxidación.

❖ ***Am: Cuarzoarenita masiva***

Arenitas de grano medio a fino con gradación normal, selección, moderada, granos subredondeados a redondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad buena, de color gris amarillento a naranja grisáceo (5Y 7/2 – 10YR 7/4) , en capas métricas subtabulares y contactos neto planar; internamente sin estructura interna, excepto localmente con laminación inclinada discontinua; es apreciable la gradación normal; presenta zonas pequeñas irregulares oxidadas: Localmente es arenita friable.

2.4.13.2.3.2. **Facies Finas**

❖ ***Lipp: Limolitas con laminación plano paralela***

Compuesta por limolitas con cemento silíceo, de baja porosidad, color gris medio (N4) a gris marrón (5YR 6/1), en capas delgadas de forma lenticular y contactos ondulados; internamente dominan las estructuras sedimentarias físicas con laminación plano paralela. Posee fragmentos carbonosos en los planos de estratificación y niveles oxidados.



❖ ***Loonp: Lodolitas con laminación ondulosa no paralela***

Compuesta por lodolitas, color marrón amarillento (10YR 6/2) a rojizo moderado (5R 5/4), porosidad pobre; geometría externa tabular o canaliforme con contactos ondulados abruptos. Predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; Ocasionales niveles muy delgados de arenitas lodosas; niveles con óxidos de hierro.

2.4.13.2.3.3. Facies Heterolíticas

❖ ***IA-Lio: Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenita y limolitas con laminación ondulosa***

Compuesta por interlaminaciones / interestratificaciones delgadas de arenitas de grano muy fino – fino y limolitas en proporción 1:1, color gris oscuro (N4); presente en paquetes decimétricos, porosidad pobre; geometría externa tabular o canaliforme con contactos ondulados abruptos. Predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; planos de estratificación con micas, fragmentos carbonosos y óxidos de hierro.

❖ ***IA-Lion: Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenita y limolitas con laminación ondulosa y nódulos de hierro***

Compuesta por interlaminaciones / interestratificaciones delgadas de arenitas de grano muy fino – fino y limolitas en proporción 1:1, color gris oscuro (N4); presente en paquetes decimétricos, porosidad pobre; geometría externa tabular con contactos ondulados abruptos. Predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; planos de estratificación con micas, fragmentos carbonosos, óxidos de hierro y nódulos de hierro.

❖ ***IA-Lio₁: Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenitas y limolitas con laminación ondulosa***

Compuesta por interlaminaciones / interestratificaciones delgadas de arenitas de grano muy fino – fino y limolitas en proporción 3:1, de arenitas color gris oscuro (N4); presente en paquetes decimétricos, porosidad pobre; geometría externa tabular con contactos ondulados abruptos. Color de oxidación marrón pálido o marrón amarillento (10YR 6/2, 10YR 5/4). Planos de estratificación con micas, fragmentos carbonosos y óxidos de hierro.

❖ ***Lo-Lio: Interlaminaciones / Interestratificaciones de Lodolitas y Limolitas con laminación ondulosa***

Interlaminaciones / interestratificaciones de lodolitas y limolitas gris oscuro medio (N4), cemento silíceo, de baja porosidad, en paquetes decimétricos con geometría externa lenticular y contactos netos planares y ondulados, predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1 M&S, con laminación ondulosa no paralela, niveles oxidados y láminas carbonosas presentes en los planos de estratificación.

La Tabla 18 resume las facies descritas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C8 FORMACIÓN ARENISCA DE SOCHA. Vía Corrales-Tasco.	
FACIES ARENOSA	
<i>App</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación plano paralela</i>
<i>Aop</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>Aia</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación cruzada de bajo ángulo</i>
<i>Aip</i>	<i>Cuarzoarenita con estratificación inclinada planar</i>
<i>Aonp</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa no paralela</i>
<i>Am</i>	<i>Cuarzoarenita masiva</i>
FACIES FINAS	
<i>Lipp</i>	<i>Limolitas con laminación plano paralela</i>
<i>Loonp</i>	<i>Lodolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>IA-Lio</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones delgadas de arenitas y limolitas con laminación ondulosa</i>
<i>IA-Lion</i>	<i>Interlaminaciones/Interestratificaciones delgadas de arenita y limolitas con laminación ondulosa y nódulos de hierro</i>
<i>IA-Li0₁</i>	<i>Interlaminaciones/Interestratificaciones delgadas de arenita y limolitas con laminación ondulosa</i>
<i>ILo-Lio</i>	<i>Interlaminaciones/Interestratificaciones de lodolitas y limolitas con laminación ondulosa</i>

Tabla 18. Facies presentes en la Formación Arenisca de Socha. Columna Estratigráfica C8.

2.4.13.2.4. Asociaciones Faciales

Se identificaron las siguientes asociaciones faciales

2.4.13.2.4.1. Asociación Facial B

La asociación se considera como una secuencia aluvial de un canal activo de un río meandrificado.

Según Selley, R.C. (1976) dicha secuencia está caracterizada por una grava de fondo con elementos exóticos, como cantos de arcilla intraformacionales, la cual constituye un depósito residual en el fondo del canal; superpuesta por una secuencia arenosa con decrecimiento de grano en la vertical. Esta secuencia arenosa puede ser masiva, hacia arriba presenta estratificación cruzada de surco de gran escala que pasa gradualmente a arenas con estratificación plana tabular y cruzada de potencia menor. Hacia la parte alta se presentan arenas finas laminadas y con microestratificación cruzada y onduladas de corriente en escala menor, dando luego paso gradual a los limos de la subfacie de llanura de inundación.

La asociación se presenta hacia la base de la sección, levemente desarrollada entre los bastones 9 a 13 aproximadamente en donde se observan capas de arenitas de grano grueso que decrecen hacia el techo a arenitas de grano fino, (*Aia*) con contactos irregulares a netos planos; geometría externa tabular a subtabular y laminación inclinada de bajo ángulo; con ausencia de estructuras biogénicas y de fósiles. La asociación se repite con mayor claridad hacia la parte media superior entre los bastones 48 y 82 (espesor de 51 m, incluye cubierto de 3 m). En esta asociación se observan las facies con decrecimiento de grano, capas subtabulares a tabulares, laminación inclinada de bajo ángulo (*Aia*) y en partes laminación inclinada planar, (*Aip*) selección pobre a media, grano

generalmente subredondeado. Se observan principalmente cuarzoarenitas en sets muy gruesos, de grano medio a grueso, (*Aip* y *Am*). Finalmente la asociación se repite entre los bastones 94 y 110 (espesor 24 m), con características algo similares a la asociación anterior, si bien el grano es medio a fino. (Figura 111) En esta asociación se observa un set que se inicia con una cuarzoarenita con intraclastos lodosos muy abundantes hacia la base que pueden representar los el depósito del fondo del canal o de canales abandonados. Es importante señalar que los rayos gama definen con alguna claridad los sets de las asociaciones.

❖ Interpretación

La asociación se considera como depósitos de canales activos: barras, rellenos y rezagos en concordancia con lo observado en el campo y con las secuencias propuestas por diferentes autores para este tipo de depósito.

2.4.13.2.4.2. Asociación Facial C

Esta formada por intercalaciones de capas de cuarzoarenitas de grano medio a fino, con laminación inclinada y ondulosa, con capas de limolitas y láminas de arcillolita con estratificación plano paralela. Este tipo de asociación es definido por Galloway and Hobday (1983), como el paso de depósitos de desborde de canal a llanuras de inundación. Selley, R. (1976) indica que la asociación facial de llanuras de inundación está representada por capas de arenas muy finas, limos y arcillas depositadas por decantación durante avenidas que permiten que el río meandrificado desborde sus orillas y se expanda sobre la zona de inundación (Figura 113).



Figura 113. Foto: FC8-10. Metraje: 65.4. Azimut: 200°. Descripción: Interestratificación de limolitas y cuarzoarenitas de grano muy fino en capas delgadas tabulares Facies: Llanura de inundación. Unidad: Formación Arenisca de Socha. Coordenadas: N= 1143381, E= 1140504, origen Bogotá

La asociación se presenta, en la secuencia levantada, entre los bastones 26.5 y 48.5 (espesor 33 m.) y en esta representada por varias facies de las descritas arriba, (*Alm*, *Aia*, *IA Llo*, *Aonp*, *IA-Lio₁*)



Hacia la parte alta de la formación se observa otro segmento con la misma asociación entre los bastones 82 y 94 (espesor 19.5 m). Se observan lodolitas con intercalaciones de cuarzoarenitas lodosas de grano muy fino (**Loonp**); y cuarzoarenitas, con algunas intercalaciones de limolita (**Aip**)

❖ Interpretación

Se considera una asociación de llanuras de inundación por comparación con las propuestas por Galloway & Hobday (1.983) para dichas llanuras.

2.4.13.2.4.3. Asociación Facial E

La asociación está conformada por intercalaciones de capas de limolitas con arcillolitas, de geometría lenticular, (**ILa-Lio**) con estratificación plano paralela ondulosa. Hacia abajo se presentan cuarzoarenitas a subarcosas con intercalaciones de lodolitas (**Aia**) e intercalaciones de limolitas y arenitas y eventualmente lodolitas (**IA-Lio₁**); en capas subtabulares con laminación ondulosa o inclinada de bajo ángulo, con importante bioturbación, con ignofósiles y madrigueras. Se presenta hacia la parte baja de la formación entre los bastones 13 y 19, (espesor 9 m), pero está superpuesta por un sector cubierto que bien puede ser la continuación de esta asociación hacia arriba.

Esta asociación facial se puede paralelizar a la definida por Reineck & Singh (1980), como característica de llanuras costeras deltaicas.

❖ Interpretación

La asociación facial se depositó en una llanura costera deltaica considerada así por la presencia de icnofósiles que pueden representar influencias marinas.

2.4.13.3. Ambiente de Depósito de la Formación

La formación se depositó en un ambiente de ríos meandrificados con progradación directa al mar y con presencia de depósitos de llanuras de inundación generados en las avenidas, que permiten el desborde del río por fuera de los canales. La asociación (E), permite suponer que en ciertas etapas del depósito hubo influencias del mar es decir que pudo corresponder a depósitos deltaicos.

2.4.13.4. Edad y Correlaciones

A la formación se le asigna una edad Paleocena temprana con base en análisis palinológicos (Van der Hammen 1957) y se correlaciona con la parte superior de la formación Guaduas y parte inferior de la Formación Cacho de la Sabana de Bogotá. Sarmiento en Osorno (1994) le asigna una edad Paleocena tardía en el área de Paz de Río, igualmente con base en estudios palinológicos. Se le correlaciona con la Formación Lisama del Magdalena Medio y con la Formación Barco de la cuenca de Maracaibo

2.4.14. Formación Arcillas de Socha (E_{1as})

2.4.14.1. Generalidades

Al igual que la formación Areniscas de Socha, esta formación fue descrita por Alvarado & Sarmiento (1944) en las proximidades del caserío de Socha Viejo, a la cual le dieron el nombre de Socha Superior. Ulloa *et al* (2003) proponen el nombre de Formación Arcillas de Socha para

reemplazar el nombre dado por Alvarado y Sarmiento con el objeto de estar de acuerdo con las premisas de la Guía Estratigráfica Internacional.

La formación aflora sobre los flancos de las estructuras anticlinales de San Antonio y La Chapa y en el área de Betétiva. En el área de Socha Viejo, según Alvarado y Sarmiento, tiene un espesor de 400 m y según Ulloa, en la carretera Corrales - Paz de Río tiene un espesor de 345 m. En este último sector la formación presenta en la base un nivel que tiene un espesor de 148 m., constituido por una sucesión de capas de arcillolitas grises claras a oscuras que dan colores amarillentos y rojizos por meteorización, con frecuentes intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, en capas delgadas y gruesas, y al cual se superpone un nivel de arcillolitas grises oscuras con concreciones limolíticas con cuatro conjuntos de intercalados de cuarzoarenitas de 8 a 10 m de espesor. Este conjunto superior tiene un espesor de 196 m. La formación reposa concordantemente sobre las Areniscas de Socha (Ulloa 2001) pero Alvarado y Sarmiento (1944) consideran que el contacto puede ser discordante debido al cambio fuerte de espesores de las Areniscas de Socha y a la presencia de conglomerados en la base de la Formación Picacho.

2.4.14.2. Sección Estratigráfica

Acceso. Por la vía Tasco – Paz de Río, se va hasta la Vereda El Pedregal, allí parte un carretable que conduce con rumbo W hacia un criadero de trucha localizado en la margen derecha de la quebrada Guazá; luego a pie hacia la intersección de esta quebrada con el Río Chicamocha, cruzando un puente con rumbo W y junto a la línea férrea se encuentran los afloramientos de roca. Esta columna está ubicada en el sector conocido como “Curva de Cosgua” (Figura 114).

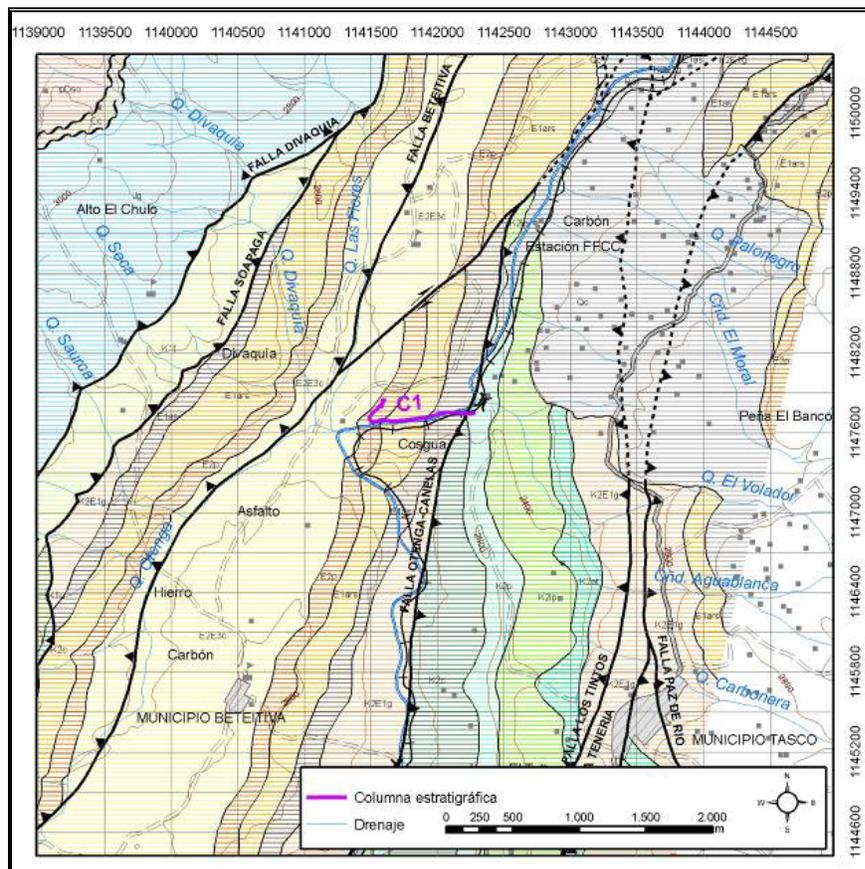


Figura 114. Localización de la Columna Estratigráfica 1, Sección C1. Datum Bogotá

Descripción. La formación se compone de bancos gruesos de facies finas de limolitas fisibles, arcillolitas y en menor proporción interestratificaciones de arenitas lodosas y ocasionales niveles medianos de carbón lignítico. La estratificación predominante es ondulosa paralela discontinua y ondulosa no paralela, cemento silíceo y ferruginoso, porosidad baja, color gris medio a claro; el espesor medido es de 272.6 metros.

2.4.14.2.1. Facies

2.4.14.2.1.1. Facies arenosa

❖ *Aknp: Arenita arcósica - subarcósica con laminación planar no paralela continua y discontinua*

Esta facies de arenitas subarcósicas se presenta en capas muy gruesas con contactos planares netos, geometría externa tabular y laminación interna planar no paralela discontinua. La arenita es de grano fino subredondeada, con matriz arcillosa, cemento silíceo, bien seleccionadas, porosidad visual moderada, con presencia de nódulos ferruginosos, y, color gris oliva claro (5Y 6/1). Esta facies se localiza hacia la parte alta de la unidad entre los 485.2 y 491.6 m. y la parte baja 312.2 y 317 m.

❖ *Akonp; Arenita arcósica - subarcósica con laminación ondulosa no paralela*

Esta facies de arenitas subarcósicas se presenta en capas muy gruesas a gruesas con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación ondulosa no paralela. La arenita es de grano medio aun cuando las partes inferiores y superiores de esta facies presentan grano fino subredondeado, la matriz es arcillosa, la porosidad visual es moderada, la selección es buena, y presentan micas (hasta un 3%) y óxidos de hierro, la bioturbación es baja y se presentan madrigueras hacia el techo de los estratos. Las rocas de esta facies presentan un color gris oscuro medio (N4) y se localizan hacia la parte media de la unidad entre los 378 y 388.15 m.

❖ *Akop: Arenita arcósica - subarcósica con laminación ondulosa paralela continua y discontinua*

Esta facies de arenitas subarcósicas se presenta en capas muy gruesas con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación ondulosa paralela discontinua. La arenita es de grano fino, subredondeado, bien seleccionada, con matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad visual moderada, con presencia de abundantes máficos y nódulos de hierro; el color es gris oliva claro (5Y 5/2). Esta facies se localiza en la parte media - alta de la unidad entre los 441.1 y 443.3 m.

❖ *Aonp: Arenita cuarzosa con laminación ondulada no paralela*

Esta facies de arenitas cuarzosas se presenta en capas delgadas con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación ondulosa no paralela. La arenita es de grano medio, subredondeada, bien seleccionada, con matriz arcillosa superior al 15%, cemento silíceo, pobre porosidad visual, bioturbación baja y presencia de abundantes fragmentos carbonosos. Esta facies presenta un color gris oscuro medio (N4) y esta localizada en la parte baja de la unidad entre los 318.8 y 320.7 m.



❖ ***App: Arenita cuarzosa con laminación planar paralela continua y discontinua***

Esta facies de arenitas cuarzosas se presenta en capas muy gruesas con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación planar paralela discontinua y ocasionalmente cruzada en espina de pescado. La arenita es de grano medio (hacia la parte baja de esta facies) y grano fino (hacia el tope), bien seleccionada, redondeada, porosidad visual buena, matriz arcillosa, cemento silíceo, bioturbación baja y presenta madrigueras hacia el techo de los estratos; su color es verde grisáceo (10GY 5/2). Esta facies se localiza hacia la parte alta-media de la unidad entre los 360 y 365 m. aproximadamente.

2.4.14.2.1.2. Facies Finas

❖ ***Liop: Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies limolítica se presenta en láminas con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación ondulosa paralela discontinua. Las limolitas son muy físciles y presentan abundantes láminas y fragmentos carbonosos; la bioturbación es baja. De esta facies existen tres niveles en la unidad: uno hacia la parte baja entre los 295.5 y 312.2 m., otro ligeramente por encima del anterior entre 317 y 318.8 m. (con fragmentos carbonosos) y otro hacia la parte superior entre los 482.5 y 485.2 m. El nivel ubicado en la parte inferior de la unidad presenta un color gris oscuro (N3) mientras el nivel localizado hacia la parte superior presenta un color gris medio (N5) y en él se observa yeso y madrigueras horizontales.

❖ ***Lionp: Limolita con laminación ondulosa no paralela***

Esta facies de limolitas se presenta en capas muy delgadas aunque el último metro presenta capas medias, los contactos son planar neto y ocasionalmente neto irregular, la geometría externa es cuneiforme y presenta laminación ondulosa no paralela. La roca presenta foraminíferos, abundantes nódulos esféricos, niveles de oxidación y la bioturbación es baja, el color es gris oscuro (N3). Esta facies se presenta hacia la parte baja de la unidad, desde la base 254.6 hasta los 264.8 m.

❖ ***Arop: Arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

Esta facies se presenta en láminas con contactos planares netos, geometría externa tabular y laminación ondulosa paralela discontinua, la bioturbación es baja, el color es gris oscuro medio (N4). Esta facies se presenta en dos tramos de la unidad: el primero se localiza hacia la parte media entre 434.9 y 441.1 m. y tiene la particularidad de presentar yeso, por su parte el segundo tramo se localiza hacia la parte alta de la unidad entre 476.3 y 482.5 m.

2.4.14.2.1.3. Facies Heterolíticas

❖ ***Ak-Ar pnp: Intercalaciones Arenita arcósica – subarcósica con laminación planar no paralela continua y discontinua***

Esta facies se presenta en capas que van desde muy gruesas (hacia la base de esta facies) pasando por capas medias y muy delgadas (hacia el tope) para las arenitas subarcósicas, y, láminas para las arcillolitas; la relación arenita – arcillolita es de 1,5:1 aproximadamente, los contactos son planares netos, la geometría externa predominante es la tabular y en algunos escasos niveles es cuneiforme, la laminación es planar no paralela discontinua hacia la base de esta facies y planar no paralela continua hacia el tope. La arenita es subarcósica y presenta una ligera disminución del tamaño del grano de base a techo, de grano fino a muy fino respectivamente; la selección es buena, grano



redondeado, de porosidad visual moderada, matriz arcillosa, cemento silíceo y en algunas ocasiones ferruginoso. En esta facies es común la presencia de óxidos y hacia la base manchas de petróleo, igualmente se presentan restos de plantas en algunos niveles. El color de la roca es gris oliva claro (5Y 6/1). Esta facies se localiza en el techo de la unidad entre los 509.4 y 555.9 m.

❖ ***I Li-Car onp: Intercalaciones Limolita – Carbones con laminación ondulosa no paralela***

En esta facies heterolítica se presenta una relación limolita – carbón de 6:1 aproximadamente, la limolita se presenta en láminas mientras el carbón se presenta en capas delgadas, los contactos son netos planares, la geometría externa de las capas es cuneiforme, la laminación predominante es ondulosa no paralela aunque hacia la base de esta facies se presenta un nivel con laminación ondulosa paralela discontinua. En las limolitas es común encontrar fragmentos carbonosos, restos de plantas, nódulos de hierro y láminas carbonosas. Dentro de esta facies se localizan algunas escasas capas delgadas de cuarzo arenita lodosa lenticular de grano fino, subredondeadas, bien seleccionadas y con porosidad visual moderada. El carbón presente es lignito y solo hacia la base de esta facies se presenta una capa de 0.8 m. aproximadamente. Esta facies se localiza hacia la parte baja de la unidad, desde 320.7 a 330.15 m.

❖ ***I Li-Ar onp: Intercalaciones Limolita – Arcillolita con laminación ondulosa no paralela***

En esta facies la relación limolita – arcillolita es de 6:1 aproximadamente, los contactos entre las capas son netos planares con geometría externa es cuneiforme y la laminación interna es ondulosa no paralela; el color de la roca es verde claro (10Y 6/2). Esta facies se localiza hacia la parte media – alta de la unidad entre los 446 y 453.5 m.

❖ ***I Li-A pnp: Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua***

En esta facies la relación limolita – cuarzo arenita es de 1.5:1 aproximadamente, las limolitas se presentan en láminas mientras las arenitas se presentan en capas muy delgadas, los contactos son netos, la geometría externa es cuneiforme para las arenitas y tabular para las limolitas, la laminación interna es planar no paralela continua para las arenitas mientras para las limolitas se presentan ondulosa paralela hacia la base de esta facies y ondulosa no paralela hacia el tope. Las arenitas son de grano medio, bien seleccionadas, subredondeadas, con matriz arcillosa y pobre porosidad visual. El color de la roca es gris oscuro medio (N4). Esta facies se presenta en dos niveles ubicados en la parte media de la unidad entre los 365.15 y 367.15 m, y, entre los 376.05 y 378.05m.

❖ ***I Li-A pp: Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación planar paralela continua y discontinua***

En esta facies la relación limolita - cuarzo arenita es de 6:1 aproximadamente, las limolitas son laminadas mientras las arenitas se presentan en capas muy delgadas, los contactos son netos planares, la geometría externa es tabular y la laminación es planar paralela continua y ocasionalmente planar no paralela continua. Las arenitas son de grano fino a muy fino, bien seleccionadas, subredondeadas, porosidad visual moderada, matriz arcillosa superior al 15%, cemento silíceo y en algunas ocasiones ferruginoso; además, presentan impregnaciones de petróleo, nódulos de hierro y fragmentos carbonosos. La bioturbación es baja y en general hay predominio de las estructuras físicas sobre las biogénicas. Esta facies se localiza hacia la parte media de la unidad entre los 388.15 y 434.9 m.

❖ ***I Li-A op: Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

En esta facies se presenta una relación limolita – arenita de 3:1, la limolita se presenta en láminas mientras la arenita se presenta en capas delgadas, los contactos son planares netos, la geometría externa de las capas es cuneiforme y la laminación es ondulosa paralela. Esta facies presenta tres niveles dentro de la unidad, el inferior presenta cuarzo arenitas con un tamaño de que va de fino hacia la base hasta grano medio en el techo, en los otros dos niveles el tamaño de grano es fino pero el intermedio es de subarcosas mientras el superior es de cuarzo arenita, subredondeadas, bien seleccionadas, matriz arcillosa mayor al 15%, cemento silíceo y en algunos casos ferruginoso, la porosidad visual es pobre y la bioturbación es baja. Entre las limolitas se encuentran fragmentos y abundantes láminas carbonosas, nódulos pequeños ferruginosos (oolitos). Esta facies presenta tres niveles dentro de la unidad: el inferior localizado hacia la base de la unidad entre los 264.8 y 295.5 m., el intermedio localizado en la parte baja –media de la unidad entre 330.15 y 360.15 y el superior localizado en la parte alta de la unidad entre los 453.5 y 456.5 m. Además, en el nivel inferior las arenitas presentan impregnaciones de petróleo, grietas de desecación y color gris oscuro (N3) para la roca en general, el intermedio presenta concreciones ferruginosas, nódulos arenosos y color gris medio (N5), mientras solamente el nivel superior presenta contactos netos erosivos entre las capas, geometría externa canaliforme y color gris medio (N5)

❖ ***I Ar-A ia: Intercalaciones Arcillolita – Arenita cuarzosa con laminación inclinada de bajo ángulo***

En esta facies la relación arcillolita – arenita es de 3:1 aproximadamente, los contactos entre las capas son netos planares con geometría externa cuneiforme o subtabular, la laminación interna es inclinada de bajo ángulo. Las arenitas se presentan en capas delgadas, con tamaño de grano fino, bien seleccionadas, subredondeadas, con matriz arcillosa, cemento silíceo y pobre porosidad visual. Esta facies presenta restos de plantas y nódulos de hierro en las arenitas; el color de la roca es verde claro (10Y 6/2). Esta facies se localiza en la parte media – alta de la unidad entre los 43.3 y 446 m.

❖ ***I Ar-Li op: Intercalaciones Arcillolita – Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua***

En esta facies la relación arcillolita – limolita es de 3:1, presenta láminas, los contactos son netos planares, con geometría de las capas es tabular y la laminación es planar paralela discontinua; el color de la roca es púrpura grisáceo (5P 4/2). Esta facies se localiza hacia la parte alta de la unidad entre los 491.6 y 509.4 m.

La Tabla 19 muestra las facies descritas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C1 FORMACIÓN ARCILLAS DE SOCHA. Vía férrea Paz de Río.	
FACIES ARENOSAS	
<i>Aknp</i>	<i>Arenita arcósica - subarcósica con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
<i>Akonp</i>	<i>Arenita arcósica - subarcósica con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Akop</i>	<i>Arenita arcósica - subarcósica con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
<i>Aonp</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación ondulada no paralela</i>
<i>App</i>	<i>Arenita cuarzosa con laminación planar paralela continua y discontinua</i>

FACIES FINAS	
Liop	<i>Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
Lionp	<i>Limolita con laminación ondulosa no paralela</i>
Arop	<i>Arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
FACIES HETEROLÍTICA	
Ak-Ar pnp	<i>Intercalaciones Arenita arcósica – subarcósica con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
I Li-Car onp:	<i>Intercalaciones Limolita – Carbones con laminación ondulosa no paralela</i>
I Li-Ar onp	<i>Intercalaciones Limolita – Arcillolita con laminación ondulosa no paralela</i>
I Li-A pnp	<i>Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
I Li-A pp	<i>Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación planar paralela continua y discontinua</i>
I Li-A op	<i>Intercalaciones Limolita – Arenita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
I Ar-A ia	<i>Intercalaciones Arcillolita – Arenita cuarzosa con laminación inclinada de bajo ángulo</i>
I Ar-Li op	<i>Intercalaciones Arcillolita – Limolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>

Tabla 19. Facies presentes en la Formación Arcillas de Socha. Columna Estratigráfica C1.

2.4.14.2.2. Asociaciones Faciales

El análisis detallado de la secuencia permite distinguir las siguientes asociaciones faciales:

2.4.14.2.2.1. Asociación Facial A

Se define como una sucesión intercalada de limolitas (**Lionp**) limolitas con delgadas intercalaciones de arenitas lodosas, limolitas fisibles y limolitas con capas delgadas de arenisca (**ILI-Aop**); y limolitas fisibles en sectores muy carbonosas (**Llop**). En partes se pueden presentar limolitas con delgadas capas de carbón lignítico (**ILI-Car onp.**)

En la secuencia levantada la asociación se presenta entre el bastón 169,5 y 208,5 (espesor 58,5 m) principalmente con limolitas fisibles con capas delgadas de arenitas lodosas (**ILI Aop**), arenitas lodosas lenticulares en capas delgadas y limolitas fisibles muy carbonosas (**Llop**), y capas de arcillolitas muy carbonosas. En forma general se observa en la asociación, capas tabulares a subtabulares, laminación ondulosa, nódulos ferruginosos, alguna capa delgada con foraminíferos, laminas carbonosas y abundantes óxidos de hierro.

La asociación vuelve a repetirse entre los bastones 213,50 y 240 (espesor 39,75 m), con la presencia de limolitas con abundantes restos de plantas, capas delgadas de carbón lignítico, arenitas lodosas lenticulares, capas con abundantes nódulos de hierro (**ILI-Car onp**) y limolitas fisibles con delgadas capas de subarcosas subtabulares, con laminación ondulosa (**ILI-Aop**), (Figura 115).

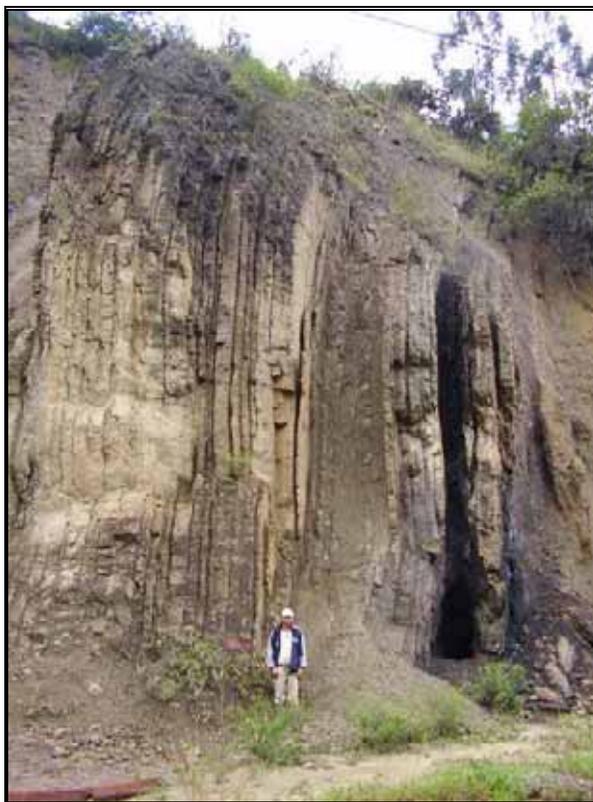


Figura 115. Foto: FCI-09. Metraje: 321.1. Azimut: 250°. Descripción: Sucesión gruesa de capas medias de arenitas de grano fino, limolitas fisibles y capa media de carbón. Unidad: Formación Arcillas de Socha. Coordenadas: N= 1147637, E= 1141881, origen Bogotá.

Más arriba la asociación se presenta entre los bastones 259 y 304 (espesor 67.5 m), formada por limolitas con delgadas intercalaciones de arenitas lodosas, en capas tabulares, con laminación plana paralela continua (**ILI-App**), limolitas y arcillolitas contentes de arenita lodosa con laminación ondulosa, (**IL-Aop**) y arenitas subarcósicas con laminación inclinada, restos vegetales, y nódulos (**IAr-AIa**).

Hacia el techo de la formación la asociación se repite entre los bastones 317,5 y 321.5 (espesor 6 m); entre los bastones 327.5 y 339,5 (espesor 18 m) y entre los bastones 342 y 350 (espesor 12 m). En estos intervalos la asociación está representada por arcillolitas laminadas con niveles limosos (**IAr-LIop**), con presencia de yeso fibroso en los planos y fracturas, arcillolitas laminadas (**Arop**) y limolitas (**LIop**).

❖ Interpretación

Se interpreta esta asociación de facies como llanuras de inundación costeras deltaicas sobre las cuales se depositan sedimentos transportados en suspensión, con climas húmedos que permitieron la formación de pantanos en donde se formaron los carbones. Hay presencia de canales distribuidores representados por arenitas finas lenticulares.

2.4.14.2.2.2. Asociación Facial B

La asociación está representada por arenitas de grano medio a fino, en capas medianas, subtabulares, con laminación discontinua no paralela o plan continua paralela con algunas



madrigueras y en ocasiones icnofósiles, con intercalaciones ocasionales de arcillolitas y limolitas y se observan restos vegetales.

En la secuencia se observa esta asociación entre el bastón 208.5 y 213.5 (espesor 7.5 m) en donde se observan subarcosas en capas medianas con abundantes restos vegetales carbonizados (*Aknp*). Más arriba la asociación se presenta entre los bastones 240 y 243.5 (espesor 5.25m.), representada por cuarzoarenitas en capas gruesas de grano medio fino, madrigueras y laminación plano paralela discontinua. (*App*). La asociación se repite nuevamente entre los bastones 251 y 259 (espesor 12 m), allí formada por subarcosas de grano medio a fino, con laminación ondulosa (*AKnp*).

Hacia la parte alta de la formación la asociación se presenta entre los bastones 323.5 y 327.5 (espesor 6 m.), y entre los bastones 339.5 y 342 (espesor 3.75 m). En estos sectores la asociación está representada por subarcosas con laminación plana no paralela discontinua, con nódulos de hierro (*AKnp*).

❖ Interpretación

La asociación facial se interpreta como depósitos de canal: rellenos de canales deltaicos

2.4.14.2.2.3. Asociación Facial F

Esta formada la asociación por intercalaciones de arcillolitas y limolitas con laminación plano no paralela, continua, en partes masiva, con presencia de arenitas de grano fino en capas delgadas, con restos vegetales.

En la secuencia la asociación se presenta en el techo de la formación entre los bastones 350.5 y 373.5 (espesor 34.5 m). Se observan en esta asociación arcillolitas y limolitas en capas delgadas con intercalaciones de subarcosas en capas delgadas, con algunos restos vegetales, con lamianción plana no paralela continua (*IAK-Arnp*).

❖ Interpretación

Se interpretan como llanuras de inundación aluvial, (Reineck & Singh, 1980). En este ambiente se presentan secuencias de barras de canal y diques naturales en donde se depositan areniscas, y cuencas de inundación en donde se depositan las arcillolitas y lodolitas.

2.4.14.3. Ambiente de Depósito de la Formación

La formación se deposita en ambientes de llanuras de inundación costeras deltaicas, con presencia de canales deltaicos, llanuras de inundación deltaica y formación de pantanos, posiblemente por un clima húmedo, que facilitaron la formación de carbones. Hacia la parte alta de la formación el depósito es más continental, de llanuras aluviales, como lo atestigua la asociación facial F.

2.4.14.4. Edad y Correlaciones

Con base al estudio palinológico de un segmento de carbón, Van der Hammen (1957) le asigna una edad paleocena media a la parte media e inferior de la formación y paleocena superior para la parte alta. Se correlaciona con una parte de la Formación Bogotá de la Sabana, con la parte superior de la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena y con una parte de la Formación Los Cuervos de la cuenca de Maracaibo.



2.4.15. Formación Picacho (E_{2p})

2.4.15.1. Generalidades

Alvarado y Sarmiento (1944), en el trabajo sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza en el área de Paz de Río, crean la formación constituida por areniscas que forman un potente conjunto superpuesto a lo que ellos habían denominado Formación Arcillas de Socha, y le dan como localidad tipo el Cerro Picacho situado cerca de Paz de Río.

Ulloa *et al* (2001), indican que la formación aflora sobre la vía Corrales – Paz de Río, en donde tiene un espesor de 138.8 m y la subdividen en tres conjuntos, uno inferior formado por cuarzoarenitas de grano medio hasta conglomerático, friables, con cemento silíceo y con escasas intercalaciones de arcillolitas grises claras, oscuras y rojizas, de un espesor de 87.30 m.; uno intermedio constituido por arcillolitas grises claras, con un espesor de 30 m y el superior formado por arenitas de grano medio a grueso, friable, en capas muy gruesas mayores de 2 m y con lentes de conglomerados, con un espesor de 21.50 m.

2.4.15.2. Sección Estratigráfica

En los trabajos de campo se levantaron dos secuencias de la formación: una sobre la vía férrea de Paz de Río, cerca de la desembocadura de la quebrada Guazá en el río Chicamocha en jurisdicción del municipio de Tasco, (Anexo 5. Sección C1), y la otra, igualmente sobre la vía férrea mencionada, en el sitio conocido como Puente Cajones, jurisdicción del Municipio de Tasco, (Anexo 5. Sección C5).

2.4.15.2.1. Formación Picacho - Sección Vía Ferrea Paz de Río

Acceso. Por la vía Tasco – Paz de Río, se va hasta la Vereda El Pedregal, allí parte un carretable que conduce con rumbo W hacia un criadero de trucha localizado en la margen derecha de la quebrada Guazá; luego a pie hacia la intersección de esta quebrada con el Río Chicamocha, cruzando un puente con rumbo W y junto a la línea férrea se encuentran los afloramientos de roca. Esta columna está ubicada en el sector conocido como “Curva de Cosgua” (Ver Figura 114).

Descripción. La Formación Picacho, descansa en contacto concordante con la infrayacente Formación Arcillas de Socha, (Figura 116) y está compuesta por facies de arenitas cuarzosas y en algunas ocasiones conglomerática con guijos de cuarzo lechoso, chert e intraclastos lodosos; en menor proporción hay bancos gruesos de arcillolitas laminadas, también contiene fragmentos carbonosos, niveles de oxidación, materia orgánica, micas y presencia de bastantes niveles impregnados con petróleo, geometría externa cuneiforme y en algunos casos tabular, laminación interna planar no paralela discontinua y laminación convoluta, selección moderada a buena, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena y los colores de gris amarillento hasta el naranja grisáceo; algunas capas tienen estrías de fricción en las diaclasas. El espesor medido es de 129.8 metros. Por último, y en contacto neto concordante, se describen 9.5 metros de arcillolitas y arenitas de grano fino de la Formación Concentración.



Figura 116. Foto: FCI-13. Metraje: 555.0. Azimut: 185°. Descripción: Arcillolitas y limolitas en contacto concordante con arenitas de grano grueso de la Formación Picacho; note el cambio de topografía. Unidad: Formaciones Arcillas de Socha - Picacho. Coordenadas: N= 1147620, E= 1141632, origen Bogotá.

2.4.15.2.1.1. Facies Arenosas

❖ *Apnp: Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua.*

Esta facies se presenta en capas muy gruesas y gruesas con contactos planares netos, geometría externa cuneiforme y en algunos casos tabular y, laminación interna planar no paralela discontinua principalmente y laminación con voluta. Las arenitas son cuarzosas de grano grueso con presencia de guijos, de cuarzo hasta de 2 cm. de diámetro mayor, y guijos de chert hasta de 1,5 cm. esporádicos, van de moderada a bien seleccionados, la matriz es arcillosa (<5%), el cemento es silicio y los colores van desde el gris amarillento (5y 7/2, y, 5y 8/1) hasta el naranja grisáceo (10yR 7/4). En algunas capas se observan estrías de fricción en las diaclasas, intraclastos lodosos y arenosos, láminas carbonosas e impregnaciones de petróleo, en algunas capas muy importantes.

La cuarzoarenita se presenta algunas veces conglomerática con guijos de cuarzo lechoso, chert, presencia de intraclastos lodosos, fragmentos carbonosos, presencia de feldspatos caolinizados, presencia de nódulos, niveles de oxidación, laminación de materia orgánica, micas presencia de bastantes niveles impregnadas con petróleo. Hay predominio de las estructuras físicas sobre las biogénicas y se presentan ondulitas asimétricas.

Esta facies se encuentra distribuida en toda la sección: entre 555.9 a 560.6, 593 a 604.7, 607.1 a 610.1, 626.9 a 630.55, 644.1 a 649.6, 650 a 692.6, 701 a 709 y 711 a 739m.

❖ *Cpnp: Conglomerado con laminación planar no paralela continua y discontinua*

Esta facies se presenta en capas muy gruesas con contacto neto erosivo, geometría externa canaliforme, y laminación interna planar no paralela discontinua. La roca presenta granos tamaño gránulos de cuarzo lechoso hasta 1cm de diámetro aproximado, bien redondeados, cemento silíceo,



porosidad visual muy buena, presencia de impregnaciones de petróleo, intraclastos lodosos, nódulos y en general homogénea. Esta facies se localiza en la parte alta de la unidad entre los 709 y 711m.

2.4.15.2.1.2. Facies Finas

❖ *Arop: arcillolitas con laminación ondulosa paralela continua y discontinua.*

Esta facies se presenta laminada, con capas tabulares de contactos netos planares y laminación interna ondulosa paralela discontinua. La arcillolita abigarrada y el color oscila desde el verde grisáceo (5p 5/2) al púrpura claro (5p 6/2), y, presenta óxidos de hierro. Esta facies se localiza hacia la parte alta de la unidad entre los 692.6 y 701.6m.

❖ *Arpnp: arcillolita con laminación planar no paralela continua y discontinua.*

Esta facies se presenta laminada con contactos netos planares, geometría externa tabular y laminación interna planar no paralela discontinua. El color de la roca es gris oscuro (N3) y presenta óxidos de hierro. Esta facies se presenta en los niveles, uno de 604.7 a 607.1m y otro de 649.6 a 650.6m.

2.4.15.2.1.3. Facies Heterolíticas

❖ *I A-Arop: intercalaciones arenita arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua.*

En esta facies se presenta una relación arenita-arcillolita de 10:1 aproximadamente. La arenita presenta contactos planares netos, geometría externa tabular y laminación interna ondulosa paralela continua y ocasionalmente fláser. La arenita es cuarzosa, se presentan en capas muy gruesas, tamaño de grano fino, bien seleccionada, redondeada, matriz arcillosa, cemento silíceo, color gris claro (N7) y porosidad visual moderada. La roca presenta madrigueras horizontales, nódulos e intraclastos lodosos. La arcillolita es de color gris oscura (N3) y la bioturbación de la roca es baja. Esta facies se localiza entre los 579.05 a 593m.

La Tabla 20 resume las facies encontradas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C1 FORMACIÓN PICACHO. Vía Férrea Paz de Río.	
FACIES ARENOSA	
<i>Apnp</i>	<i>Arenita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
<i>Cpnp</i>	<i>Conglomerado con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
FACIES FINAS	
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>
<i>Arpnp</i>	<i>Arcillolita con laminación planar no paralela continua y discontinua</i>
FACIES HETEROLÍTICAS	
<i>I A-Arop</i>	<i>Intercalaciones arenita arcillolita con laminación ondulosa paralela continua y discontinua</i>

Tabla 20. Facies presentes en la Formación Picacho. Columna Estratigráfica C1.



2.4.15.2.2. Asociación Facial y Ambientes de Depósito

La secuencia es predominantemente arenosa y solo se observan algunas intercalaciones menores de arcillolitas y varios sectores cubiertos que indudablemente corresponden también a litofacies arcillosas. La secuencia se dividió en las siguientes asociaciones faciales.

2.4.15.2.2.1. Asociación facial B

Representa el relleno de un canal aluvial de un río meandriforme. Según Selley, R.C. (1976) dicha asociación está caracterizada por una grava de fondo con elementos exóticos, como cantos de arcilla intraformacionales, la cual constituye un depósito residual en el fondo del canal; superpuesta por una secuencia arenosa con decrecimiento de grano en la vertical. Esta secuencia arenosa puede ser masiva, o puede presentar estratificación cruzada de surco de gran escala que pasa gradualmente a arenas con estratificación plana tabular y cruzada de potencia menor. Hacia la parte alta se presentan arenas finas laminadas y con microestratificación cruzada y onduladas de corriente en escala menor, dando luego paso gradual a los limos de la subfacie de llanura de inundación.

En la secuencia estudiada la asociación se presenta inicialmente entre los bastones 370 y 373.50 (espesor 5.25 m.). La asociación presenta una arenisca mal calibrada de grano grueso con guijos de cuarzo hasta de 2 cm y de chert hasta de 1.5 cm. pero esporádicos; en capas gruesas subtabulares, con laminación plana no paralela continua, (*Apnp*). La arenisca presenta impregnación de petróleo. La asociación queda truncada por un cubierto importante. Más arriba en la secuencia la asociación se presenta entre los bastones 386 y 403 (espesor 25.5 m.), representada por cuarzoarenitas con alguna intercalación menor y replegada de arcillolitas negras (*IA-Arop*) y por cuarzoarenitas en capas muy gruesas de grano fino, con laminación plana discontinua no paralela y en parte algo convoluta, con intraclasto lodosos y arenosos, restos vegetales e impregnaciones de petróleo (*Apnp*). Un poco más arriba la asociación aparece solo en bancos aislados de cuarzoarenitas, cortados por sectores cubiertos. Así se presenta entre los bastones 405 y 406.5 (espesor 2.25 m) formada por cuarzoarenitas en capas gruesas de grano medio, con laminación plana discontinua no paralela, impregnada de petróleo; y entre los bastones 417.5 y 420.3 (espesor 4.2 m.) en donde aparece como un banco aislado entre cubiertos importantes arriba y abajo. La asociación está representada por cuarzoarenitas de grano fino, en capas gruesas, con laminación plana, discontinua no paralela, (*Apnp*), con presencia de intraclastos lodosos en la base que pudieran significar canales abandonados o base de canales activos.

Un poco más arriba en la sección, se presenta nuevamente la asociación, aquí más típica, entre los bastones 429.5 y 461.5 (espesor 48 m.) Se inicia con cuarzoarenita de grano grueso, con guijos de cuarzo hasta de 2 cm. y alguno de chert, la cual pasa hacia arriba, separada por un nivel arcilloso delgado a un conglomerado con guijos y gránulos de cuarzo lechoso, chert, areniscas silíceas y alguna arcillolita, que pasa gradualmente a arenitas de grano medio y medio a fino, con laminación plana discontinua no paralela, en sectores homogénea (*Apnp*), y culmina pasando a una arcillolita.

Finalmente, hacia la parte alta de la secuencia, se repite la asociación entre los bastones 471. y 491.5 (espesor 30 m.), la cual se inicia con un conglomerado fino con guijos de cuarzo lechoso que pasa luego a cuarzoarenitas de grano fino (*Apnp*). Se observa laminación plana discontinua no paralela, con láminas carbonosas e impregnaciones de petróleo.



❖ *Interpretación*

Se considera que la facies puede corresponder a barras transversales y lingüidales en un depósito de río trenzado, por semejanza con las facies propuestas por Miall (1977).

2.4.15.2.2.2. Asociación Facial C

Esta asociación se caracteriza por presentar arcillolitas y limolitas, con intercalaciones de cuarzoarenitas en capas delgadas. La asociación no aparece sino parcialmente entre los bastones 403 a 405 (espesor 3.00 m.); y entre los bastones 461.5 y 467.5 (espesor 9 m.), representada solo por arcillolitas laminadas, varicoloreadas con laminación plana discontinua no paralela (*Arpn*) y ondulosa paralela discontinua (*Arop*). Las observaciones de campo permiten indicar que la mayoría de los sectores cubiertos de la secuencia, corresponden a niveles de arcillolitas y limolitas con intercalaciones de arenitas en capas delgadas que tipifican la asociación.

❖ *Interpretación*

Se considera que la facies corresponde a llanuras de inundación en depósitos de ríos con régimen trenzado.

2.4.15.2.3. Facies de la Formación Picacho - Sección Puente Cajones.

Acceso. Por el costado NW del municipio de Corrales se va por un carreteable con rumbo N que va casi paralelo al margen izquierdo del Río Chicamocha hasta unos 250 metros arriba del sitio Puente Gaviotas, y desde allí a pie por camino de herradura con rumbo E hasta pasar el Río Chicamocha sobre un puente de madera y llegar a la línea férrea, la cual corre paralela a los afloramientos de la Formación Picacho. El sitio es conocido como Puente Cajones, jurisdicción del Municipio de Tasco (Figura 117).

Descripción. La columna inicia con los últimos 3 metros del techo de la Formación Arcillas de Socha y consta de limolita arcillosa que en contacto neto con arenitas da paso a la Formación Picacho, constituida principalmente de arenitas cuarzosas de grano grueso con presencia de guijos de cuarzo hasta de 2 cm. de diámetro mayor, y guijos de chert, ocasionalmente conglomerática; capas muy gruesas y gruesas con contactos planares netos, geometría externa cuneiforme y tabular, laminación interna planar no paralela discontinua y laminación convoluta; selección moderada a buena, matriz arcillosa, cemento silíceo y colores desde gris amarillento hasta naranja grisáceo, porosidad buena (Figura 118).

En algunas capas se observan estrías de fricción en las diaclasas, e impregnaciones de petróleo en algunos sectores; también icnofósiles horizontales en la base de capas. En la parte media alta de la columna hay predominio de las estructuras físicas sobre las biogénicas. El espesor de la Formación Picacho en este sector es de 80.6 metros y está en contacto neto concordante con la Formación Concentración (Figura 119), de la cual se describen 3.8 metros de arcillolitas.

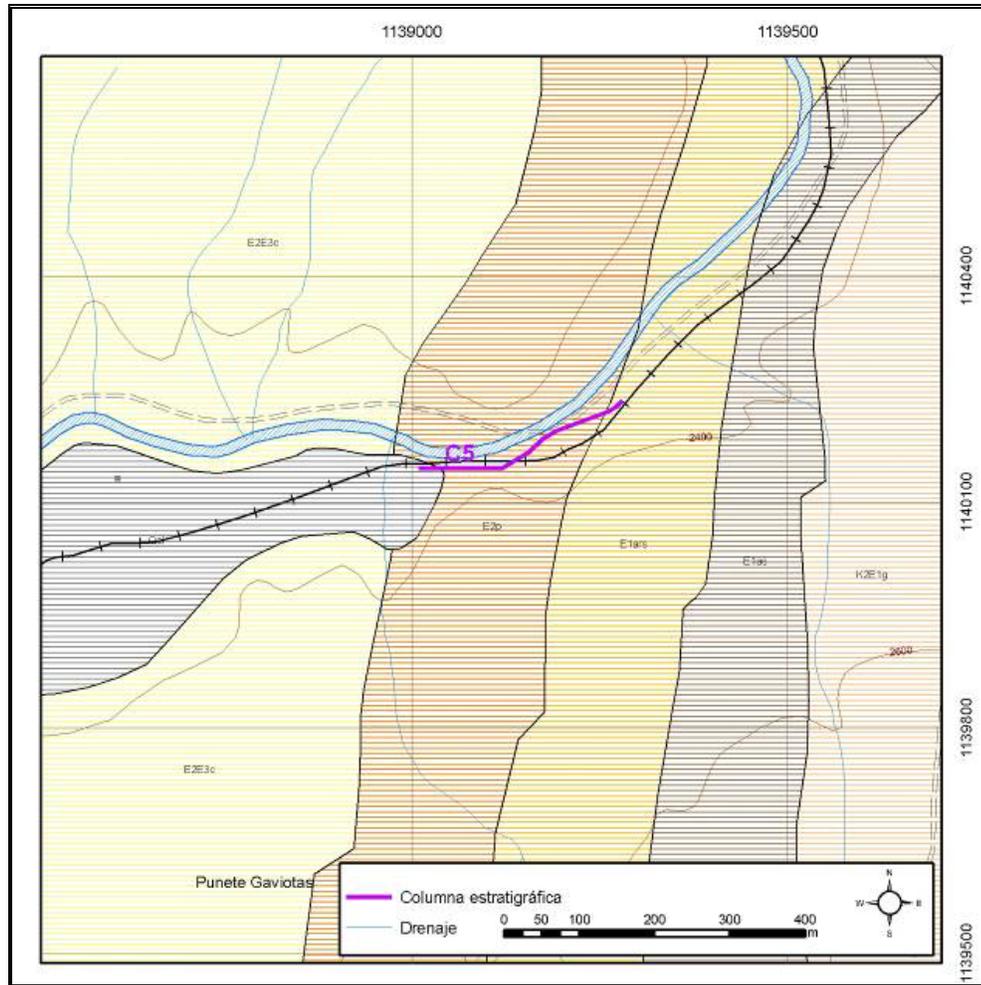


Figura 117. Localización de la Columna Estratigráfica 5, Sección C5. Datum Bogotá



Figura 118. Foto: FC5-04. Metraje: 102.0. Azimut: 185°. Descripción: Capas canaliformes de arenita cuarzosa grano fino con impregnación de petróleo. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140145, E= 1139090, origen Bogotá.

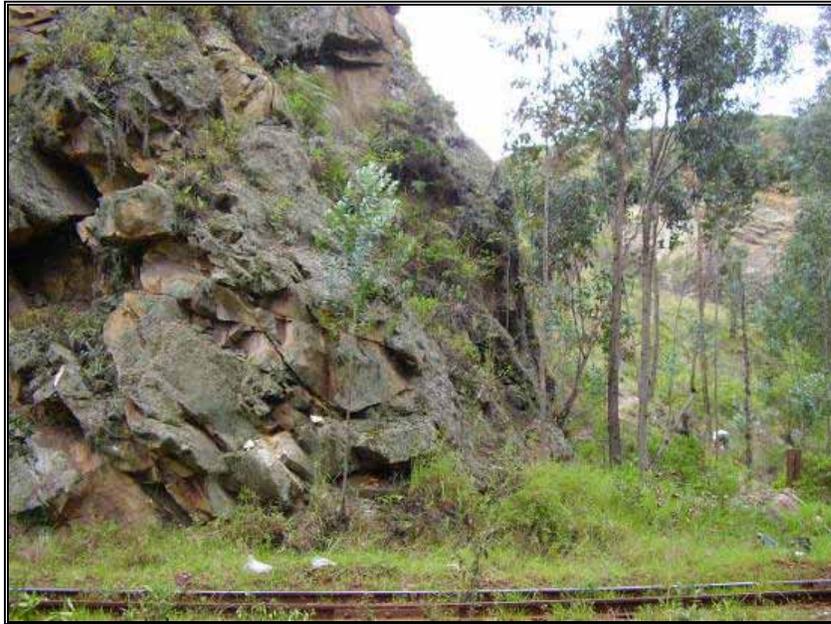


Figura 119. Foto: FC5-09. Metraje: 157.0. Azimut: 195°. Descripción: Arenitas del techo de la Formación Picacho; a la derecha cambio de topografía representado por arcillolitas de la Formación Concentración. Unidad: Formaciones Picacho - Concentración. Coordenadas: N= 1140144, E= 1139012, origen Bogotá.

2.4.15.2.3.1. Facies Arenosas

❖ *Apnp: Cuarzoarenita con laminación plana no paralela continua o discontinua*

Arenitas de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: crema (10YR 7/4); geometría externa subtabular, contactos netos planar y ondulosa, en capas métricas; laminación plana no paralela continua o discontinua y localmente ondulosa originada por su composición y textura, con predominio de estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; Localmente impregnaciones de petróleo, friables, glauconita y nódulos ferruginosos.

❖ *App: Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela*

Arenitas de grano grueso a fino en gradación normal, selección moderada a buena, localmente selección pobre, granos subangulares a subredondeados, matriz arenosa, cemento silíceo, porosidad buena, color gris oscuro (N3) y colores de oxidación: rosado grisáceo (5YR 8/1), crema pálido (10YR 8/2) hasta crema oscuro (10YR 6/6); geometría externa subtabular, contactos netos planar y ondulosa, en capas métricas; laminación plano paralela y localmente ondulosa originada por su composición y textura, con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; ocasionalmente arenitas friables, glauconita y nódulos ferruginosos.

❖ *Aonp: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa no paralela*

Arenitas cuarzosas de grano medio a fino con selección buena, granos redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena, color de meteorización gris rosáceo (5YR 7/2); geometría externa lenticular con contactos onduloso y planar e internamente con laminación



ondulosa discontinua no paralela y predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, niveles de oxidación.

❖ ***Aop: Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela***

Arenitas cuarzosas de grano fino con selección moderada a buena, granos subangulares a redondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, porosidad moderada a buena, color gris oscuro a claro (N3 – N7), color de meteorización 5YR 6/1; geometría externa subtabular con contactos netos planar e internamente con laminación ondulosa discontinua paralela y predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, representada en ichnofósiles (madrigueras horizontales); ocasionales fragmentos vegetales y zonas oxidadas; pueden ser arenitas friables.

❖ ***ACx: Arenita conglomerática con estratificación cruzada en artesa***

Arenita de grano muy grueso conglomerática con gránulos de cuarzo. Selección pobre, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad buena; capas gruesas tabulares con contacto neto planar; internamente estratificación cruzada en artesa. Dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S.

❖ ***ACop: Arenita conglomerática con estratificación ondulosa paralela***

Arenita conglomerática de color crema pálido (10YR 8/2), selección pobre, granos subredondeados, cemento silíceo, porosidad buena; capas gruesas con contacto transicional rápido; internamente con estratificación ondulosa paralela y dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1 M&S, con madrigueras verticales, intraclastos lodosos e impregnación de petróleo.

❖ ***ACpp: Arenita conglomerática con estratificación plana paralela***

Arenita conglomerática de color marrón amarillento pálido (10YR 6/2), selección moderada, granos subredondeados, cemento silíceo, porosidad buena; capas gruesas a muy gruesas con contacto transicional rápido; internamente con estratificación plana paralela, grano decreciente y dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0 M&S, impregnación de petróleo.

❖ ***Ax: Arenita cuarzosa con estratificación cruzada en artesa***

Arenita de grano fino, selección buena, granos subredondeados, matriz lodosa, cemento silíceo, color gris medio claro (N6), con capas muy gruesas canaliformes y contacto neto planar, internamente estratificación cruzada en artesa; con dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0 M&S, impregnación de petróleo.

❖ ***Alx: Arenita lítica con estratificación cruzada en artesa***

Arenita lítica de grano grueso, selección buena, granos subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, color gris amarillento (5Y 8/1), con capas muy gruesas tabulares y contacto neto irregular, internamente estratificación cruzada en artesa; con dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1 M&S, madrigueras sobre el techo e intraclastos lodosos.

❖ ***Aknp: Arenita arcósica con estratificación plana no paralela***

Arenitas de grano fino, selección moderada, grano subredondeados, matriz arcillosa, cemento silíceo, porosidad moderada, color gris medio claro (N6); geometría externa subtabular en capas medias con contacto neto planar; internamente con laminación plana no paralela, con dominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; láminas de yeso y mica en los planos de estratificación y óxidos de hierro; roca friable.

2.4.15.2.3.2. Facies Finas

❖ ***Arop: Arcillolitas con laminación ondulosa paralela***

Consta de arcillolitas de color gris oscuro hasta gris medio (N3-N5), cemento calcáreo, espesor de las capas muy grueso y contactos neto planar a onduloso; internamente laminación ondulosa paralela discontinua que predomina sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S; contiene pellets esféricos de 1 mm y elongados de 2 mm; zonas irregulares oxidadas, nódulos pequeños arenosos y ferruginosos, láminas de materia orgánica y contenido de foraminíferos.

❖ ***Liop: Limolitas con laminación ondulosa paralela***

Limolitas con cemento silíceo, de baja porosidad, de color gris oscuro (N4), en paquetes decimétricos y geometría canaliforme y contactos ondulosos abruptos; internamente predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S, con laminación ondulosa continua; son comunes las láminas carbonosas en los planos de estratificación.

Aronp: Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela

Arcillolitas de color gris oscuro (N3). La geometría externa es tabular con espesores muy gruesos, contacto neto planar; internamente laminación ondulosa no paralela con un carácter físil (shale), con predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 0-1 M&S. Presencia de horizontes delgados con nódulos de hierro, ocasionales nódulos de caliza y láminas de yeso.

❖ ***Lionp: Limolitas con laminación ondulosa no paralela***

Limolitas gris oscura (N3), cemento silíceo, de baja porosidad, en paquetes decimétricos con geometría externa tabular y contactos netos planares, predominio de las estructuras sedimentarias físicas sobre las estructuras biogénicas: 1 M&S, con laminación ondulosa no paralela, originada por las láminas y cintas ferruginosas y carbonosas presentes en los planos de estratificación.

2.4.15.2.3.3. Facies Heterolíticas

❖ ***IA-Arob: Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y arcillolitas con laminación ondulosa, bioturbada***

Interlaminaciones / interestratificaciones de arenitas sublíticas de grano fino y arcillolitas con laminación ondulosa de color gris oscuro (N3), cemento silíceo y ferruginoso, de baja porosidad, con geometría externa tabular y contactos netos planares, predominio de las estructuras biogénicas sobre las estructuras sedimentarias físicas: 3 M&S, presentes en los planos de estratificación.

La Tabla 21 resume las facies identificadas:

FACIES PRESENTES EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA. C5 FORMACIÓN PICACHO. Puente Cajones	
FACIES ARENOSA	
<i>Apnp</i>	<i>Cuarzoarenita con laminación plana no paralela continua o discontinua</i>
<i>App</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación plano paralela</i>
<i>Aonp</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa no paralela</i>
<i>Aop</i>	<i>Cuarzoarenitas con estratificación ondulosa paralela</i>
<i>ACx</i>	<i>Arenita conglomerática con estratificación cruzada en artesa</i>
<i>ACpp</i>	<i>Arenita conglomerática con estratificación plana paralela</i>
<i>Ax</i>	<i>Arenita cuarzosa con estratificación cruzada en artesa</i>
<i>Alx</i>	<i>Arenita lítica con estratificación cruzada en artesa</i>
<i>Aknp</i>	<i>Arenita arcósica con estratificación plana no paralela</i>
FACIES FINAS	
<i>Arop</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Liop</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa paralela</i>
<i>Aronp</i>	<i>Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
<i>Lionp</i>	<i>Limolitas con laminación ondulosa no paralela</i>
FACIES HETEROLÍTICA	
<i>IA-Arob</i>	<i>Interlaminaciones / Interestratificaciones de arenitas y arcillolitas con laminación ondulosa, bioturbada</i>

Tabla 21. Facies presentes en la Formación Picacho. Columna Estratigráfica C5.

2.4.15.2.4. Asociación Facial y Ambientes de Depósito

La secuencia es preponderantemente arenosa con algunas intercalaciones arcillosas y sectores cubiertos que pueden corresponder a la misma facies fina o a facies heterolíticas con intercalaciones de arcillolitas y arenitas en capas delgadas, según lo apreciado en el campo.

2.4.15.2.4.1. Asociación facial G

Esta asociación se inicia con bancos conglomeráticos con geometría externa lenticular y estratificación interna cruzada en artesa (Figura 120). Los conglomerados están superpuestos por cuarzoarenitas de grano fino, en capas canaliformes.

Esta asociación facial se identificó entre los 78,9 y 109,3 m (espesor 30,4 m.). Presenta tres facies decrecientes que se inician con conglomerados o areniscas conglomeráticas (*ACop*, *ACpp*, *ACX*), seguidas por gruesos bancos de cuarzoarenitas de grano fino, en capas canaliformes y estratificación cruzada en artesa (*AX*) con delgadas intercalaciones de limolitas o arcillolitas (*Liop*, *Arop*).



Figura 120. Foto: FC5-06. Metraje: 132.0. Azimut: 25°. Descripción: Estratificación cruzada en una arenita. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140146, E= 1139051, origen Bogotá.

Algunas capas presentan bioturbación baja (Figura 121) y muchas cuarzoarenitas impregnación de petróleo.



Figura 121. Foto: FC5-08. Metraje: 140.5. Azimut: 90°. Descripción: Arenita con bioturbación. Unidad: Formación Picacho. Coordenadas: N= 1140146, E= 1139042, origen Bogotá.

La asociación se repite hacia la parte alta de la secuencia entre 143,6 y 147,4 m (espesor 3,8 m).

❖ Interpretación

Se consideran depósitos de barras longitudinales o transversales. Son barras de canal y de relleno de canal (Miall 1977).



2.4.15.2.4.2. Asociación facial C

La asociación esta conformada por intercalaciones de cuarzoarenita y limolitas en capas delgadas.

Solo se presenta un sector de poco espesor que puede asimilarse a esta asociación facial, localizado hacia el techo de la secuencia, pero de acuerdo con las observaciones de campo varios de los cubiertos que presenta la secuencia (5), deben corresponder a ella.

❖ Interpretación

Se consideran como llanuras de inundación entre canales formados por corrientes de ríos con régimen trenzado.

2.4.15.2.4.3. Asociación facial H

Están representadas por bancos de cuarzoarenita de grano fino a grueso, con capas subtabulares, con laminación plano paralela a ondulosa, discontinua. Los bancos de cuarzo arenita suelen estar separados por intercalaciones finas.

La asociación se observa hacia la base de la formación entre 2 y 46 m (espesor 44 m con sectores cubiertos importantes), con dos ciclos de la asociación y están formados por subarcosas con yeso en las fracturas (*Aknp*) cuarzoarenitas en capas gruesas (*App*), cuarzoarenitas con algo de feldespatos (*Aop*) y bancos de arcillolitas (*Arop*). La asociación se repite hacia el techo, dos veces entre 129.3 y 143.6 (espesor 14.3 m.) y entre 149.4 y 160.7 (espesor 11.3 m), con facies de cuarzoarenitas con estratificación cruzada en artesa (*Ax*).

❖ Interpretación

La asociación facial se considera de ambiente de canales de baja sinuosidad.

2.4.15.3. Ambiente de Depósito de la Formación

En concordancia con las interpretaciones de las asociaciones faciales, de las dos secuencias analizadas, se puede decir que la formación es un depósito de origen fluvial dentro de un régimen trenzado, evidenciando en sectores canales de alta sinuosidad o el tránsito a hacia ellos.

En forma general la formación corresponde a depósitos de barras longitudinales y/o transversales de ríos con régimen trenzado (Miall, 1977)

2.4.15.4. Edad y Correlaciones

La formación descansa concordantemente sobre la Formación Arcillas de Socha, si bien Alvarado & Sarmiento (1944), consideran que puede ser discordante y esta suprayacida por la Formación Concentración en un contacto concordante y neto. Van der Hammen (1957) le asigna una edad eocena temprana con base a su posición estratigráfica pues no se ha encontrado polen en los niveles de la formación. El mismo autor la correlaciona con la Formación La Paz del Valle Medio del Magdalena; con la Formación Mirador de la Concesión Barco y el Hoyón en el Valle Medio Alto del Magdalena.



2.4.16. Formación Concentración (E₂E_{3c})

La formación fue nombrada por Alvarado & Sarmiento (1944) para designar una sucesión de arcillolitas yesíferas y areniscas de grano fino a grueso que presentan estratos de hierro oolítico y su localidad tipo es el sector entre el caserío de Concentración, sobre la vía Paz de Río – Belén, y el Puente del Uvo muy cerca de Paz de Río sobre la misma vía. En la localidad tipo la formación tiene un espesor que oscila entre 1368 a 1554 m.

Ulloa *et all* (2001) en una secuencia levantada sobre la carretera Paz de Río – Belén divide la formación en tres conjuntos. El inferior con un espesor de 350,15 m, está formado por arcillolitas grises oscuras y negras, con varios estratos de hierro oolítico hacia la parte inferior y media del conjunto con espesores que varía entre 0,30 y 2,50 m, y con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino a medio y localmente grueso. El conjunto medio, con un espesor de 166,80 m, esta constituido principalmente por arcillolitas grises claras, amarillentas y rojizas por alteración, con escasa intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises amarillentas, friables y capas de hierro limonítico con espesores de 0,20 m. El conjunto superior de 945,50 m está formado por arcillolitas grises claras a oscuras, amarillentas y rojizas por meteorización, en capas delgadas con presencia de capas de hierro limolítico de 0,20 m hacia la base, laminillas de yeso de 1 cm. hacia la parte media e intercalaciones frecuentes de cuarzoarenitas de grano fino a medio, en lentes, hacia la parte inferior y media del conjunto. El espesor total de la formación allí medido es de 1.462,45 m.

En el área la formación aflora ampliamente al oriente del Macizo de Floresta. En la parte meridional se observa una franja que se extiende entre Corrales y Betétiva con una longitud de 13 km. y un ancho de 1.600 m (Figura 122). En este sector la formación reposa concordantemente sobre la Formación Picacho por el lado oriental y por borde occidental se presenta fallada, (Falla de Soapaga) poniéndose en contacto con formaciones del Cretácico (Une, Chipaque y Plaeners) en el sector entre Corrales y la Quebrada Otengá y con rocas del Terciario entre esta quebrada y Betétiva. Los controles de campo, en esta franja, mostraron de sur a norte, sobre la trasecta de control geológico 12: cuarzoarenitas, en capas medias, tabulares, con laminación ondulosa no paralela, de grano fino, con algo de feldespato (2%) y cemento ferruginoso y silíceo, color gris marrón claro, (Estación NT 016); arcillolitas laminadas, laminación plana no paralela de color gris oscuro, rojizo por alteración, (Estación NT 017). Sobre la quebrada Manglares: limolitas en capas lenticulares, masivas, de color amarillo marrón pálido con algunos conglomerados arenosos intercalados, (Estación QM JC 269). Un poco más al norte, en el sector de Puente Gaviotas trasecta de control estructural 11: subarcosas en capas medias, gruesas y muy gruesas, tabulares, de color gris muy claro y gris amarillento, con abundantes óxidos de hierro, con intercalaciones de arenita fina y limolita, (Estación JU025, Figura 123); arcillolitas y limolitas con delgadas intercalaciones de cuarzoarenitas, laminación plana paralela, (Estación JU026); arcillolitas con intercalaciones de cuarzoarenitas, localmente con niveles de conglomerados, laminación cruzada planar, con óxidos de hierro, color gris marrón claro, (Estación JU027); cuarzoarenitas localmente subarcosa con intercalaciones de lodolitas, en capas gruesas, tabulares, masiva, cemento silíceos, localmente ferruginoso, color amarillo oscuro (Estación JU028); arcillolitas con intercalaciones de cuarzoarenita localmente subarcosas y niveles de arenita conglomerática (gránulos), capas tabulares, con óxidos de hierro, color marrón oliva claro, (Estación JU029,); arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de cuarzoarenita, en capas tabulares, masivas, de color marrón oliva claro, (Estación JU030); Subarcosas y arenitas conglomeráticas con cuarzo, chert, y niveles de arcillolitas, en capas tabulares, color marrón oliva claro, (Estación JU031); subarcosas, subarcosas con intercalaciones de arcillolitas, en capas tabulares de espesor medio, color gris rosado, (Estaciones JU032 y JU033); intercalaciones de cuarzoarenitas, y subarcosas con lodolitas y arcillolitas, colores gris claro y gris rosáceo, (Estación JU034).



Libertad y Orden



Una segunda franja se inicia, muy estrecha, en la Quebrada Otengá, limitada al occidente por la Falla de Soapaga y superpuesta al oriente por las areniscas de la Formación Picacho, la cual se amplía al norte de Paz de Río para alcanzar un ancho de 4 Km. en el sector de la sección tipo (Caserío de Concentración) y continuar hacia el norte con una serie de pliegues menores, hasta salir del área estudiada. En esta franja algunos controles de campo mostraron; sobre la vía Escuela de Soapaga – caserío de Concentración: cuarzoarenitas en capas finas, tabulares de grano fino, con intercalaciones de arcillolitas laminadas y limolitas, color verde amarillento grisáceos, con mica, (Estación NT 056); subarcosas en capas muy gruesas, tabulares, con feldespatos, forman un paquete de unos 10 m de espesor, color gris claro, (Estación NT58 y NT59); arcillolitas con laminación plana paralela, con intercalaciones de arenitas ferruginosas, con laminillas de yeso rodeando nódulos silíceos, o relleno de pequeñas grietas, color gris oscuro medio, (Estación NT60). En la vía caserío de Concentración – Paz Viejo se observaron: areniscas con intercalaciones de niveles gruesos de lutitas gris oscuras, muy alteradas de color rojo amarillento, (Estación AB123, Figura 124); arenitas de grano fino con intercalaciones arcillosas color amarillo rojizo, (Estación AB 124); areniscas en paquetes gruesos, en capas de medias tabulares, interestratificados con niveles de lutitas, color gris oscuro, amarillento por meteorización, (Estación AB125, AB 26, AB127, AB130, Figura 125), nivel arcillosos con intercalaciones de arenisca blanca, friable y nivel de arenisca oolítica, (Estación AB134).

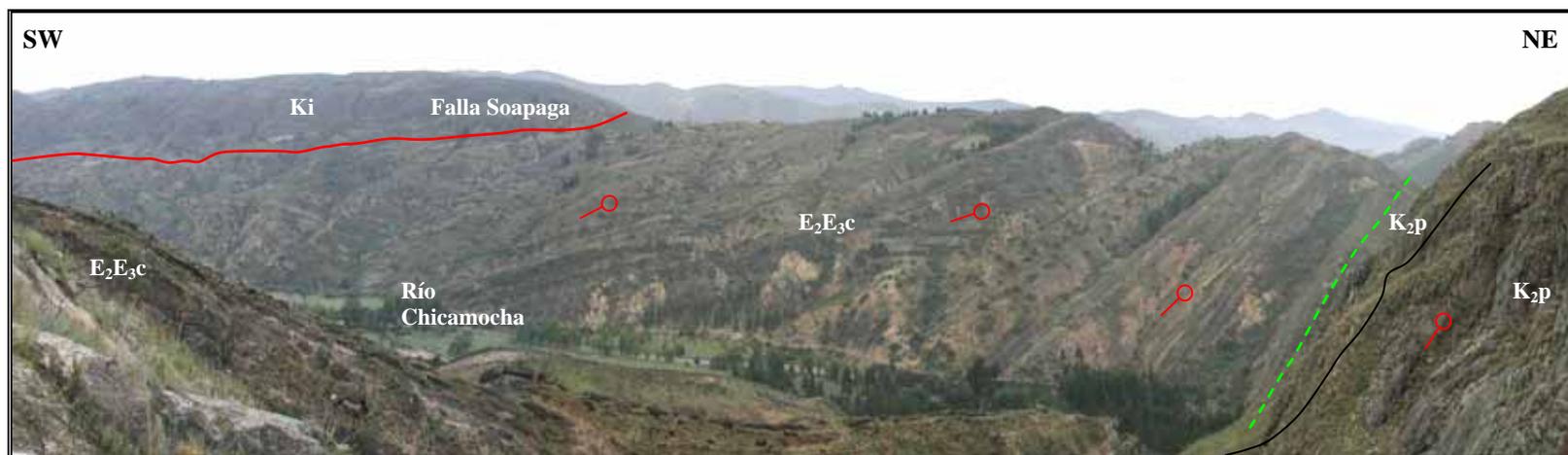


Figura 122. Estación: JU017, Fotografía: JU017E-G, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 270° - 005°. Descripción: En primer plano se observa la secuencia Terciaria superior representada en las formaciones Picacho (K_2p) y Concentración (E_2E_3c) con disminución progresiva del ángulo de buzamiento hacia el occidente. En segundo plano se aprecia la relación fallada entre esta secuencia y la serie Cretácica basal (K_i) por acción de la falla Soapaga. Carretera Corrales – Tasco. Coordenadas: N= 1.139.623, E= 1.139.097, origen Bogotá.



Figura 123. Estación: JU025, Fotografía: JU025A-B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: $310^{\circ} - 020^{\circ}$. Descripción: Morfología característica de la Formación Concentración conformada por intercalaciones de arenitas (Ss) generalmente en capas tabulares gruesas con bancos espesos de arcillolitas (Cly) abigarradas con predominio de color rojo. Carretera Corrales-Tasco. Coordenadas: N= 1.140.207, E= 1.138.826, origen Bogotá.



Figura 124. Estación: AB-123. Foto: AB-123. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 32°. Descripción: Fm Concentración (E_2E_3c), Arenitas altamente diaclasadas con niveles de lutitas muy fisibles. Coordenadas: $N= 1.157.550, E= 1.148.807$, origen Bogotá.



Figura 125. Estación: AB-131. Foto: AB-131. Tipo: Afloramiento. Carpeta AB. Azimut: 30°. Descripción: Fm Concentración (E_2E_3c), donde se aprecian los niveles de arenitas gruesa infrayacida por niveles lutíticos, con fracturamiento moderado que origina bloques grandes. Coordenadas: $N= 1.156.644, E=1.147.853$, origen Bogotá.

Van der Hammen (1957), con base al polen, obtenido de varios horizontes de la formación, le da una edad eoceno medio a oligoceno medio y la correlaciona con la Formación Carbonera de la cuenca de Maracaibo.



2.4.17. Depósitos Cuaternarios

Importantes depósitos se observan en el área. Sobre el lado occidental del Macizo de Floresta se observan los de mayores dimensiones principalmente en la cuenca del Río Minas. En este lado del Macizo merecen destacarse depósitos glaciares y fluvioglaciares que se encuentran en el ascenso y en el propio Páramo de La Rusia. Hacia el oriente del Macizo, los depósitos son principalmente coluviales y cubren zonas importantes en la vertiente del río Chicamocha mientras que los depósitos aluviales están restringidos a sectores del río mencionado y a los valles de las principales quebradas tributarias.

Se han cartografiado por su extensión, depósitos de origen glaciar, fluvioglaciar, coluvial y aluvial.

2.4.17.1. Depósitos de origen glaciar (Qg)

Corresponde a retazos de morrenas que se presentan en el borde más noroccidental del área y cuyos cuerpo principales se prolongan hacia la parte alta del Páramo de la Rusia, por fuera de la zona trabajada. Están compuestos de bloques angulares de conglomerados y arenitas provenientes principalmente de la Formación La Rusia, distribuidos caóticamente y englobados en una matriz arenosa o arenarcillosa.

2.4.17.2. Depósitos de origen fluviglaciar (Qfg)

Corresponden a depósitos formados hacia la parte baja de las morrenas que descienden de la parte alta del Páramo de la Rusia. Son depósitos mixtos con elementos traídos por los glaciares y luego arrastrados levemente por escorrentías. Forman especies de conos en el borde más noroccidental del área y están constituidos por bloques de diversos tamaños englobados en una matriz arenosa y arcillo-arenosa.

2.4.17.3. Depósitos de origen aluvial (Qal)

Están compuestos por guijos, cantos y excepcionalmente bloques redondeados y subredondeados de areniscas y algunos conglomerados, dentro de una matriz arenosa; y de arenas y limos formando depósitos de terrazas muy planas. Se observan en el extremo meridional del área entre el Caserío de Tobasía y los municipios de Floresta y Busbanzá siguiendo el curso de las Quebrada Robaría y su principal afluente, la Quebrada Floresta. La Llanura Aluvial no presenta disección por la quebrada principal y solo se observa una línea muy tenue por donde corre, sin que se pueda ver un valle aluvial actual tallado en los aluviones. El curso de la quebrada es ligeramente curvo y solo su afluente, la Quebrada Floresta, muestra alguna sinuosidad. Este sector muy plano se puede catalogar como una **Llanura Aluvial Simple**.

En el sector Cerinza – Belén – carretera a Paz de Río, la Llanura Aluvial alcanza su máxima expresión dentro del área de estudio y corresponde en su totalidad al valle del Río Minas con sus afluentes principales como las Quebradas Tobasía, Salamanca, La Mugre, Río Salguera, Río Pargua y otras escorrentías que caen en el trayecto Belén – Paz de Río. La Llanura aluvial es amplia y puede alcanzar más de 2 km. de ancha en algunos trayectos. El Río Minas abajo de Cerinza tiene claramente un régimen meándrico pero el cinturón meándrico es estrecho, no sobrepasando los 100 m, lo cual está de acuerdo con el tamaño de la corriente que debe ser de poco caudal. Sin embargo, en este mismo trayecto el río deja ver una morfología típica de una **Llanura Aluvial Meándrica** con pequeños depósitos de orillares, acción erosiva sobre la parte externa de los meandros,



meandros abandonados, pequeñas sobrevegas, y **Terrazas Deposicionales** que forman las zonas planas que delimitan el plano inundable en la morfología de ríos meándricos.

Sobre el costado oriental del Macizo de Floresta los depósitos aluviales se localizan sobre la parte alta del valle de la Quebrada Otengá, parte baja de l curso del Río Soapaga y sectores a lo largo del curso del Río Chicamocha.

2.4.17.4. Depósitos de origen coluvial (Qc)

Se han incluido dentro de esta categoría una Llanura aluvial de Piedemonte que por definición corresponde a una planicie inclinada con topografía de pendiente entre el 1 y 7% que se extiende al pie de sistemas montañosos, serranías o escarpes de altiplanicies y que se han formado por sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados., la cual se observa claramente al norte de Santa Rosa de Viterbo, sur y suroeste del Municipio de Cerinza, y arriba de Belén. La conforman materiales de composición heterogénea y de tamaños arena a limos, excepcionalmente niveles de bloques y cantos en una matriz arcillosa.

En el lado oriental del Macizo de Floresta los coluviones cartografiados son depósitos conformados por grandes bloques de arenisca dispuestos caóticamente y englobados en una matriz arenararcillosa o limoararcillosa. Se cartografiaron dos grandes depósitos: el de Tasco, situado unos 2 km. al norte de la cabecera municipal homónima, el cual tiene una longitud de casi 4 km. y un ancho máximo de 2 Km. y está cortado por la vía Tasco Paz de Río; y el de Paz de Río que cubre áreas importantes en ambas laderas del río Chicamocha. Por fuera de estos dos grandes depósitos solo se han cartografiado algunos conos típicos de deyección en las laderas del Río Chicamocha.

2.5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Si bien en la zona de estudio afloran rocas con edades desde el Precámbrico, en esta corta reseña solo se hará referencia al periodo comprendido entre el Cretácico y el Terciario, y específicamente a las rocas aflorantes al oriente del Macizo de Floresta las cuales constituyeron la parte esencial del trabajo.

En primer término hay que considerar que el Macizo de Floresta constituye parte esencial de la evolución geológica del área y específicamente de la sedimentación sobre las áreas circunvecinas. El macizo forma parte de la cadena de macizos antiguos y está delimitado por las fallas de Boyacá, al occidente y Soapaga, al oriente, fallas de carácter normal inicialmente y cuyos movimientos cesan a partir del Cretácico Inferior, Aptiano, para luego ya en el Neógeno, reactivarse en sentido inverso y siendo la falla Soapaga fuera de secuencia, afectando estructuras deformadas.

Según Etayo, F. (1969) desde el Hauteriviano el denominado Palealto del Floresta, comienza a ser progresivamente cubierto por el mar Cretácico y al oriente del mismo, en el área de interés de este estudio la sedimentación, una vez terminada la actividad de las fallas de Boyacá y Soapaga (Aptiano), se realiza sobre una plataforma somera de baja pendiente y de margen continental que es propicia para la sedimentación y conservación de rocas con importante contenido en materia orgánica, Guiza, S., Barbosa, W., Peña, L., & Diaz, M. (1996). Esta situación permanece hasta el Paleógeno inferior.



Durante el periodo Hauteriviano, Barremiano, Aptiano, y posiblemente mediados o finales del Albiano se depositó sobre la plataforma citada, la Formación Tibasosa, Renzoni (1981). Esta formación se deposita sobre rocas plegadas y erodadas del Macizo de Floresta en una clara discordancia angular, que en muchos sitios es evidente, pero en otros no es clara. En el área de estudio la discordancia es muy clara en el sector de Otengá pero no es tan evidente en la parte meridional del área en el sector de Busbanzá. Es claro si que la Formación Tibasosa se deposita sobre una superficie erosionada y tectonizada formada por rocas pre-cretácicas. La base del Tibasosa, presenta conglomerados polimígticos al occidente del Macizo de Floresta en el área de Duitama - Tibasosa que evidencian la discordancia y el carácter de traslape de la formación, pero al oriente del macizo estos conglomerados no aparecen y aparentemente la sedimentación es de tipo diferente, considerándose que al occidente del macizo se acumulan abanicos turbidíticos, mientras que al oriente la sedimentación se hace sobre una plataforma marina, Alzate, C. & Bueno, M. (1994).

Los estudios sobre la Formación Tibasosa indican que en la parte basal el depósito es de tipo litoral atestiguado por la presencia de calizas terrígenas, la parte media es submareal con presencia de calizas menos detríticas que las de la base y la parte superior es de plataforma, representada por lodolitas. La secuencia corresponde a un avance marino sobre el macizo que cada vez está más cubierto, avance que se prosigue hasta el Aptiano.

En el Aptiano medio hay un descenso temprano del nivel del mar y se presenta la depositación de la Formación Une que se inicia con ambientes de canales activos de baja sinuosidad con cambios a llanuras aluviales de inundación, ambientes que predominan en los primeros 100 m de la formación. En el Cenomaniano hay un nuevo ascenso del nivel del mar que implica que el ambiente de sedimentación del Une pase de ser continental a marino somero, presentándose en la secuencia alternancias de facies de llanura mareal, canales de llanuras mareales y lagoons. El ascenso prosigue reflejado en las facies de la Formación Chipaque en la cual se alterna asociaciones faciales características de ambientes submareales de barrera, de plataforma externa y de tránsito entre plataforma externa y submareal de barrera. Este ascenso del mar tiene su máximo ascenso hacia el Turoniano.

Desde el Santoniano se inicia una regresión representada por una secuencia grano creciente manifiesta hacia la base por lodolitas y depósitos de ambientes de plataforma externa de aguas tranquilas de gran parte de la Formación Plaeners que hacia el techo hace tránsito hacia una asociación de barrera caracterizada por presencia de bancos de arenisca con bioturbación, presencia de pellets fosfáticos, nódulos y foraminíferos, depósitos de barrera que van a ser muy conspicuos en la base de la Formación los Pinos. Esta última formación presenta hacia la parte media, asociaciones de lagoons representadas por calizas mudstone y wackestone y hacia el techo arenitas de ambiente de barrera. En el Campaniano la regresión termina con la presencia de asociaciones faciales de ambientes de barrera, lagoons y frentes de playa o ambientes sub-litorales de la Formación Arenisca Tierna.

En el Maestrichtiano hay un descenso significativo del nivel del mar que repercute en un cambio de ambientes que va de los depósitos de mar somero que se acaban de describir a ambientes de isla barrera, pantanos costeros y llanuras aluviales, caracterizados por las asociaciones faciales de la Formación Guaduas dentro de la cual se destaca la presencia de importantes mantos de carbón.

Durante el Paleoceno Inferior se presenta una erosión importante y sobre esta superficie va a depositarse la Formación Areniscas de Socha la cual se caracteriza por asociaciones faciales que representan ambientes de canales activos de ríos meandrificados. Solo en su parte más superior aparecen interstratificaciones de limolitas y arenitas en capas delgadas que se han considerado de



ambientes de llanuras de inundación, dando tránsito a la Formación Arcillas de Socha que se le superpone concordantemente. Sin embargo en este tránsito se presenta una transgresión que marca un cambio importante entre los sedimentos de canales de ríos trezados hacia ambientes de llanuras de inundación deltaicas con presencia de marismas en donde se depositan capas delgadas de carbón lignítico interestratificadas con arenitas lodosas y limolitas con abundantes restos vegetales, ichnofósiles, madrigueras y hacia el techo presencia de yeso fibroso en láminas en los planos de estratificación, en las fracturas y envolviendo especies de concreciones como en cono. La sedimentación de la Formación Arcillas de Socha se prolonga hasta el Eoceno Inferior.

Durante el Eoceno medio, se presentan movimientos orogénicos fuertes reconocidos en varios sitios de Sur América por discordancias importantes o por falta de sedimentación, Van der Hammen, 1960, Villamil, T., Restrepo, P., & Svela, PNUD (1997). En el área estos movimientos marcan el límite entre las Formaciones Arcillas de Socha y Picacho y dan origen a un cambio de sedimentación que pasa de facies llanuras de inundación deltaicas a depósitos aluviales de ríos trezados que caracteriza la sedimentación de la Formación Picacho, última de las secuencias estudiadas con detalle en este trabajo.

2.6. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

2.6.1. Generalidades

Las apreciaciones que se dan sobre la geología del petróleo, están basadas únicamente en las observaciones de campo, estudio de las facies de las formaciones Cretácico – Terciarias del sector oriental del Macizo de Floresta e interpretación estructural. Algunos aspectos sobre generación o entrapamiento de hidrocarburos son tomados de información secundaria de trabajos adelantados en el área.

2.6.2. Roca Generadora

Como rocas generadoras de hidrocarburos, en el área, se consideran las rocas cretácicas lodosas que muestran contenidos importantes en materia orgánica tales como las presentes en las formaciones Tibasosa y Chipaque, consideradas del Cretácico Inferior y Plaeners y Los Pinos del Cretácico Superior.

2.6.2.1. Formación Tibasosa.

Es la parte basal del Cretácico en el área. La formación no fue estudiada en detalle pero en los controles de campo muestra niveles importantes de arcillolitas y lodolitas gris oscuras a negras alternando con calizas fosilíferas rocas que por su contenido en material carbonoso pueden ser generadoras de hidrocarburos.

Ulloa *et all* (2001), muestra una columna de la formación, levantada dentro del área del presente estudio (sector de Betétiva y carretera Corrales - Busbanzá) dividida en dos conjuntos: el inferior constituido esencialmente por arenitas, y niveles conglomeráticos con un espesor de 33 m, y el superior con un total de 481 m con predominio de lodolitas gris verdosas y gris oscuras, con intercalaciones de calizas y arenitas en niveles no espesos. La secuencia basal es de ambiente continental mientras que la parte media, con calizas, es de ambiente submareal y la superior de plataforma marina.



Indudablemente el conjunto superior por su litología (niveles importantes de arcillolitas y lodolitas con materia orgánica) y ambiente de depositación, puede ser generador de hidrocarburos.

Algunos trabajos relacionados con las fuentes de hidrocarburos, hacen referencia a esta formación en sectores próximos a la zona de estudio o aún dentro de ella. Guiza, Barbosa, Peña y Díaz (1996), con base en estudios geoquímicos como pirólisis, cantidad de materia orgánica, análisis visual de materia orgánica (macerales, reflectancia de vitrinitas e índices de alteración termal), señalan que el potencial de generación del Cretácico inferior dentro del cual está la formación Tibasosa, es pobre; el tipo de materia orgánica muestra tendencia a producir gas; el material amorfo, que es un indicativo de generación de hidrocarburos, es menor en las unidades del Cretácico inferior que en el de las del superior y la vitrinita, indicativo de no generación de hidrocarburos, tiene su máximo valor en el Cretácico inferior. Todo lo anterior conduce a los autores citados a indicar que la Formación Tibasosa tiene un bajo potencial de generación o es posiblemente una fuente agotada de generación de hidrocarburos, pero con posibilidades de generar gas.

Por otra parte un estudio de Guatame, A. & Lara H. (1995), dentro de la zona del actual estudio, indica que la formación a la que se viene haciendo referencia, tiene un potencial de generación de hidrocarburos, nulo por sobre maduración de la roca y que el tipo de materia orgánica es kerógeno amorfo (63%) que permite suponer que la formación generó aceite líquido.

2.6.2.2. Formación Chipaque

En las secuencias estudiadas de la formación (Bellavista C7 y San Isidro C9), su composición muestra una alta proporción de arcillolitas y lodolitas, con algunos niveles de calizas y muy reducidos horizontes de arenitas. En general las arcillolitas y lodolitas muestran colores grises oscuros a negros y contenido en materia orgánica importante, con ambiente de depositación de plataforma marina. Estas características de la formación la hacen apta para generación de hidrocarburos, desde el punto de vista litológico y de ambiente de depositación.

Trabajos muy preliminares sobre madurez termal de la materia orgánica relacionados con la generación de hidrocarburos, en los sedimentos del Cretácico al oriente de la Falla de Soapaga, (Guiza, S. & Camargo G. 1996), incluyen sedimentos de esta formación. La madurez termal fue obtenida con base a la reflectancia de la vitrinita, al índice de alteración termal y a la temperatura máxima por pirólisis, de afloramientos de lodolitas y limolitas cercanos a la Falla de Soapaga. Los resultados muestran que los sedimentos de la Formación Chipaque son maduros, de acuerdo con los datos de temperatura máxima obtenida por pirólisis; maduro a sobre maduros teniendo en cuenta los resultados del índice de alteración termal, y se encuentran en etapa de destrucción de aceite, teniendo en cuenta los análisis de reflectancia de las vitrinitas.

2.6.2.3. Formación Plaeners

La conforman lodolitas, arcillolitas y limolitas silíceas principalmente, con niveles menores de arenitas, calizas y chert. Se considera que la formación se depositó en ambiente de plataforma externa. Desde el punto de vista litológico y de ambiente de depositación, la formación se estima que es generadora de hidrocarburos, como sucede en muchas de las cuencas sedimentarias del país.

En los estudios geoquímicos existentes sobre generación de hidrocarburos no hacen referencia directa a la Formación Plaeners, sino al Grupo Guadalupe indicando que posee un potencial necesario, para ser considerado como roca generadora de hidrocarburos líquidos, Guiza, Barbosa, Peña y Díaz (1996). En otro estudio, Guiza, S. & Camargo G. (1996), sobre análisis de rocas



aflorantes del Grupo Guadalupe, en lodolitas –lidades, se concluye que los sedimentos tienen un índice de conservación de la materia orgánica: regular; madurez: inmadura; kerógeno II y oil prone a incierto.

2.6.2.4. Formación Pinos

Las secuencias levantadas de esta formación, muestran hacia la base y parte media predominio marcado de arcillolitas e intercalaciones de calizas de ambiente de plataforma externa y barrera y hacia la parte superior arenitas de ambiente de barrera. Por litología y ambiente de deposición la formación puede tener importancia en la generación de hidrocarburos, considerando la abundancia de arcillolitas de ambiente de plataforma externa.

Los trabajos de geoquímica sobre áreas cercanas o dentro de la misma área, muestran condiciones semejantes a las descritas para la formación Plaeners.

2.6.3. Roca Almacén

Se consideran dentro de esta categoría las arenitas de las formaciones Cretácicas: Une, parte superior de Los Pinos y Arenisca Tierna y las Terciarias de las formaciones: Areniscas de Socha, y Picacho.

2.6.3.1. Formación Une

Presenta importantes niveles de arenitas de ambientes aluviales de canales de ríos meandrificados y de canales de llanuras mareales que por su origen podrían ser buenos reservorios, principalmente los primeros. Sin embargo la porosidad y la permeabilidad primaria han sido seriamente reducidas por factores como cementación silíceo observada claramente en las areniscas y muy especialmente en las inferiores de ambiente de canales de ríos trenzados; y compactación identificada por presencia de estilolitos.

2.6.3.2. Arenisca Superior de Los Pinos

Forma un nivel importante de arenitas con espesores de más de 40 m, con ambiente de depósito de barrera. La descripción de la secuencia muestra la existencia de matriz arcillosa en todas las arenitas factor que incide negativamente en la porosidad y permeabilidad de las arenitas. El factor compactación no se considera muy importante en las arenitas en concordancia con estudios petrofísicos adelantados en algunos sectores del área. La abundancia de glaucomita en todas las arenitas podría influir positivamente en la porosidad por disolución (Barbosa, W. & Santamaría, L. 1995).

2.6.3.3. Formación Arenisca Tierna

Las arenitas de esta formación se han considerado como un importante reservorio en varios estudios del área. Su ambiente de depositación varía desde barreras hasta frentes de playa con buenas posibilidades de tener una porosidad y permeabilidad aptas para convertirse en rocas almacén. En algunos estudios petrofísicos sobre esta formación se señala que la compactación y la cementación silíceo en estas arenitas son moderadas, comparada con la de la Formación Une que es fuerte. En sitios próximos a la falla de Soapaga y otras fracturas la porosidad y permeabilidad puede estar controlada por ellas, por procesos mecánicos.



2.6.3.4. Formación Areniscas de Socha

Presenta importantes niveles de arenitas que se han considerado como reservorios importantes. La mayoría de las arenitas se han depositado en ambientes de ríos meandrificados que pueden presentar condiciones de permeabilidad y porosidad importantes para la acumulación de hidrocarburos. La compactación en estas arenitas se considera que es menos intensa que en las arenitas del Guadalupe (Arenisca Tierna) al igual que la cementación silíceas (Guiza, Barbosa, Peña y Díaz; 1996).

2.6.3.5. Formación Picacho

Constituye la formación con mejores características de almacén en el área, atestiguado principalmente porque casi en su totalidad los resumaderos y las impregnaciones de petróleo observados en los trabajos de campo, están ligados a las arenitas de ella. La presencia de arenitas de grano grueso, en sectores conglomeráticas y friables, depositadas en ambientes de canales fluviales de ríos meandrificados, constituye características petrofísicas que condicionan porosidades y permeabilidades altas. La compactación y cementación silíceas en estas arenitas se considera que es pobre a nula.

2.6.4. Roca Sello

Como rocas sello se consideran las arcillolitas, limolitas y lodolitas de las formaciones Chipaque, que se superpone a las arenitas de la Formación Une; las arcillolitas del Guaduas superpuestas a la Formación Arenisca Tierna y las Arcillas de Socha que se superponen a las Areniscas de Socha.

Niveles importantes de arcillolitas de la Formación Concentración pudieran constituir el sello para las arenitas de la Formación Picacho.

2.6.5. Trampas

En el área las trampas estarían asociadas a estructuras plegadas y falladas; estructuras generadas por una primera fase de deformación y que son afectadas posteriormente por varios eventos de deformación. A pesar del gran tectonismo reflejado en el área, no se infiere un entrapamiento importante pues las estructuras y las unidades que las conforman están expuestas y en especial las formaciones almacenadoras y sellos.

2.7. NOMENCLATURAS Y CORRELACIONES CON TRABAJOS DEL ÁREA

2.7.1. Generalidades

Estudios de las formaciones del cretácico y terciario, que son las unidades de interés principal del trabajo, se puede considerar que existen desde el año 1944, relacionadas directamente con el área o con áreas vecinas. En el año mencionado, Alvarado y Sarmiento realizan un estudio en el área de Paz de Río y crearon algunas formaciones nuevas como son la Formación Ermitaño del cretácico superior y las Formaciones Socha Inferior, Socha Superior; Picacho y Concentración, del Terciario.



Renzoni (1981) en el Cuadrángulo J- 12, sector oriental, próximo a al zona de este estudio, introduce los nombres Formación Tibasosa y Une para el cretácico inferior: el de Grupo Churuvita y Formación Conejo en el límite entre el Cretácico Inferior y el Superior, y en el techo del Cretácico el de Formación Labor y Tierna. En el Terciario, conserva los nombres de Socha Inferior y Superior dados por Alvarado y Sarmiento (1944) al igual que el de Picacho.

Ulloa, Rodríguez, *et all*, (2001), en la Plancha 172 de Paz de Río, introduce el Grupo Guadalupe (con nomenclatura propia de la Sabana de Bogotá y más precisamente del oriente de la Sabana), dividido en las formaciones Plaeners, Labor, Los Pinos y Arenisca Tierna, para el cretácico superior, conserva los nombres de Tibasosa y Une para el cretácico inferior y cambia el nombre de Churuvita de Renzoni por el de Formación Chipaque este último propio del oriente de la Sabana. Para el Terciario cambia los nombres de Socha Inferior y Socha Superior de Alvarado y Sarmiento, por el de Areniscas de Socha y Arcillas de Socha, respectivamente y conserva los nombres de Picacho y Concentración de Alvarado.

En el presente trabajo se ha conservado la nomenclatura de Ulloa, Sarmiento *et all*, con algunas observaciones referentes al Grupo Guadalupe.

En la Tabla 22 se muestran esquemáticamente las correlaciones que se discuten.

ALVARADO Y SARMIENTO, 1944	CUADRÁNGULO J-12 Región Oriental REZNONI, 1981	POZO CORRALES-1 1990	Espesor (m)	PLANCHA 172, Paz de Río Región Occidental ULLOA ET ALL, 2001	Espesor (m)	GEOESTUDIOS 2006	Espesor (m)	PERIODO	
Fm. Concentración	Fm. Concentración	Fm. Concentración	640.8	Fm. Concentración	-	Fm. Concentración	-	PALEÓGENO	
Fm. Picacho	Fm. Picacho	Fm. Picacho	182.3	Fm. Picacho	138	Fm. Picacho	160 a 183		
Fm. Socha Superior	Fm. Socha Superior	Fm. Bogotá	336.9	Fm. Arcillas de Socha	345	Fm. Arcillas de Socha	350		
Fm. Socha Inferior	Fm. Socha Inferior	Fm. Cacho	130.2	Fm. Arenisca de Socha	156	Fm. Arenisca de Socha	187 a 158		
Fm. Guaduas	Fm. Guaduas	Fm. Guaduas	194.5	Fm. Guaduas	392	Fm. Guaduas	494		
Fm. Ermitaño	Fm. Labor y Tierna			Fm. Guadalupe	Arenisca Tierna	32.8	Arenisca Tierna	108	CRETÁCICO
	Fm. Plaeners Fm. Conejo				Mbo Los Pinos	94.9	Los Pinos	250	
					Labor	15	Plaeners	142	
					Plaeners	103 - 78			
Villeta	Grupo Churuvita			Fm. Chipaque	226	Fm. Chipaque	301		
	Fm. Une			Fm. Une	227	Fm. Une	250		
	Fm. Tibasosa			Fm. Tibasosa	481	Fm. Tibasosa	-		

Tabla 22. Nomenclaturas y correlaciones con trabajos del área.

2.7.2. Correlaciones y Nomenclatura de Alvarado y Sarmiento (1944) y Renzoni (1981)

Para el Cretácico inferior Alvarado y Sarmiento introducen el nombre de Villeta en la región de Paz de Río, tomándolo de la nomenclatura de la Sabana de Bogotá. Renzoni (1981), cambia el nombre de Villeta por las Formaciones Tibasosa, Une y el Grupo Churuvita de la base hacia el techo, creando la Formación Tibasosa y el Grupo Churuvita.

El Cretácico superior, fue llamado por Alvarado y Sarmiento, Formación Ermitaño, para designar los afloramientos que se presentan al noreste de Paz de Río, en la localidad El Ermitaño y los cuales se dividen en tres miembros de abajo hacia arriba: Inferior que consta de chert negro y limolitas



silíceas en capas de 10 a 15 cm. con intercalaciones en bancos delgados de calizas y de areniscas fosfáticas. El intermedio formado por arcillolitas fisibles, grises, con algunas intercalaciones de areniscas calcáreas en la parte baja y en la parte superior areniscas en capas gruesas con un espesor de unos 30 m. El miembro superior está formado por 80 m de shale calcáreo con un banco de caliza lumaquéllica con ostreas, de 3 m., hacia la parte media.

Renzoni (1981), para el mismo cretácico superior (Cuadrángulo J-12), le da los nombres de Formación Conejo, en la base; Formación Plaeners en la parte media y Formación Labor y Tierna en la parte superior. Es importante señalar que el mismo Renzoni correlaciona estas unidades y las del Grupo Churuvita con las del Cuadrángulo L-11 al oriente de la Sabana equiparando el Grupo Churuvita con la Formación Chipaque, y el Conejo con la Formación Raizal e importando los nombres de Plaeners y Labor y Tierna a la región de Sogamoso – Tunja. En cuanto hace relación al Guaduas y a las formaciones del Terciario Renzoni conserva los nombres utilizados por Alvarado y Sarmiento en la parte Oriental del Cuadrángulo J-12, mientras que hacia el occidente, por encima del Guaduas utiliza el nombre de Formación Bogotá, propia de la Sabana, correlacionándola con las formaciones Socha Inferior y Socha Superior.

2.7.3. Correlaciones y Nomenclatura de Renzoni (1981) y Ulloa y Sarmiento (2001)

La parte basal del Cretácico la denominan en ambos trabajos, como Formaciones Tibasosa y Une y aparentemente la única diferencia radica en el espesor de la primera formación que es más espesa en el área oriental del Cuadrángulo J-12 que en la Plancha 172 de Paz de Río. Por encima del Une, Ulloa introduce el nombre de Formación Chipaque, propio del oriente de la Sabana, para reemplazar el nombre de Grupo Churuvita creado por Renzoni, haciendo coincidente la formación con el grupo. Aquí cabe destacar que la descripción de las dos formaciones no es coincidente pues mientras el Grupo Churuvita en la Plancha 171 de Duitama consta de areniscas cuarzosas, sales negras, calizas en proporciones variables y limolitas silíceas en el techo; en la Plancha 172 de Paz de Río la Formación Chipaque está formada por lutitas y limolitas negras en la base, lutitas con intercalaciones de areniscas de 3 a 4 m en la parte media y superior, localmente un nivel calcáreo en la parte media.

Por encima de la Formación Chipaque, Renzoni introduce la Formación Conejo superpuesta por los Plaeners en tanto que en Ulloa aparecen los Plaeners directamente sobre el Chipaque y superpuestos por la Formación Labor y luego la Formación Los Pinos. Aquí aparecen diferencias marcadas en la nomenclatura y aparentemente en la litología. En principio parece ser que la Formación Conejo de Renzoni no se extienda hacia el área de Paz de Río o que quede incluida dentro del Chipaque. El problema radica en primer término en que las formaciones Churuvita y Conejo del área de Sogamoso, según Renzoni presentan cambios faciales; y en segundo lugar en que tanto las dos formaciones citadas como la Formación Chipaque del área de Paz de Río son eminentemente arcillosas y con dificultades para obtener secciones completas lo cual impide intentar correlaciones ciertas desde el punto de vista litológico. Parece ser que la solución del problema de estas correlaciones debe buscarse en estudios paleontológicos o palinológicos.

Queda finalmente entre estas dos secciones correlacionadas, el problema de la Formación Pinos que aparece en la sección de Paz de Río superpuesta a Los Plaeners e infrayaciendo a la Formación Tierna, en tanto que en Renzoni, los Plaeners están directamente por debajo de lo que él llama Formación Labor y Tierna. Aquí se debe mencionar el hecho de que Ulloa en los trabajos del área de Chiquinquirá (1979b) introduce el término Formación Labor y Los Pinos nombre que no mantiene en la Plancha 172 de Paz de Río que aparece con fecha 1.998, pero en el texto de la memoria de la misma Plancha, de fecha 2001, si lo introduce y explica que en la localidad de Los



Pinos, al norte de Paz de Río: “la Formación Arenisca Dura y la Formación Plaeners cambian de facies silíceas a facies silíceo calcáreas y hasta facies calcáreas de la Formación La Luna”. Indica además Ulloa que en este sector la Formación Arenisca de Labor, se interdigita con Los Pinos. Como corolario de este problema debe citarse el trabajo de Guerrero y Sarmiento (1996) que indica que Ulloa correlaciona incorrectamente la unidad lodolítica denominada Los Pinos con el segmento arcilloso que separa La Arenisca de Labor de la Arenisca –Tierna, en la región de la Sabana. Este problema de nomenclatura da para largas discusiones, por fuera de los objetivos de este trabajo y en consecuencia solo se deja planteado el problema y en la correlación que se discute a continuación entre el trabajo de Ulloa y el presente estudio, se muestra lo encontrado en el campo en la región de Paz de Río y su posible correlación con lo planteado por Ulloa.

Por encima de la Arenisca Tierna de Ulloa y de la Formación Labor y Tierna de Renzoni, la nomenclatura es igual en los dos trabajos y coincidente con la de Alvarado y Sarmiento.

2.7.4. Correlaciones y Nomenclatura de Ulloa (2001) y el Presente Trabajo

Como se indicó en el capítulo de estratigrafía en este trabajo se siguió la nomenclatura de Ulloa de la Plancha 172 de Paz de Río, ya que la zona aquí estudiada cae casi en su totalidad dentro de dicha plancha.

En lo relativo a las formaciones basales del Cretácico Tibasosa y Chipaque, no hay diferencias en los límites ni en la descripción de ellas, entre los dos trabajos. Solo puede mencionarse que en lo que respecta al Formación Tibasosa, Ulloa introduce en el texto algunas divisiones las cuales no se tuvieron en cuenta en el presente trabajo porque la formación no era un objetivo principal de éste. En lo relativo a la Formación Chipaque, en el presente trabajo se incluyen dos secciones detalladas que le dan mayor precisión a la litología que la que aparece en el trabajo de Ulloa.

Con respecto a la Formación Plaeners la sucesión mencionada por Ulloa es similar a la obtenida en el presente trabajo pero caben algunas reflexiones. En primer lugar Ulloa cita en la memoria explicativa de la Plancha 172, que se levantaron dos secuencia en los dos flancos del anticlinal de San Antonio, una en el flanco oriental con un espesor de 103 m y otra en el flanco occidental de 78.80 m con lo cual plantea una disminución de espesor de 24.2 m en un trayecto no superior a los 500 m que es la distancia máxima entre los dos flancos. La secuencia levantada en este trabajo, sobre el flanco oriental del mismo sinclinal dio un espesor de 142 m.

En cuanto hace relación al contacto superior de la Formación Plaeners, Ulloa indica que es concordante con la Arenisca de Labor representada por un paquete de areniscas de cuarzo de 15 m. de espesor que aparece en el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio y en el flanco oriental, sin especificar espesor. Ulloa incluye estas areniscas como parte de la formación que se superpone a los Plaeners y la denomina Formación Labor y Pinos, en el texto más no en el mapa de la Plancha 172 de Paz de Río de 1.998. A este respecto se indica que en la secuencia C-2 (Anexo 5. - Sección C2) levantada en la vía Corrales –Tasco, inmediatamente después de cruzar la Quebrada Tenería, en el flanco oriental, del Anticlinal de San Antonio, se presentan dos niveles de areniscas subarcóicas en capas delgadas que tienen un espesor entre las dos de 6,4 m separadas por un nivel muy delgado (25 cm.) de sublitoarenitas con fragmentos de conchas y por encima de ellas un nivel de 1.25 m de limolitas superpuesto por cuarzoarenitas con un espesor de 0.75m. En total este paquete de arenitas con intercalaciones menores de limolitas tiene un espesor de 8.65 m y puede bien corresponder a lo que Ulloa denomina Formación Labor.



En lo atinente con la Formación Los Pinos, se puede indicar que Ulloa, en la Plancha 172 de Paz de Río (1998), la denomina como Miembro Los Pinos dentro de la Formación Guadalupe superpuesto a “Plaeners – Formación La Luna”. En la memoria de la Plancha Ulloa le da el nombre de Formación Labor y Pinos e indica que Los Pinos están compuestos, en el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio, por “lodolitas y arcillolitas gris oscuras con intercalaciones de cuarzoarenitas y calizas fosilíferas de pocos metros de espesor”.

En el presente trabajo se le da el nombre de Formación Los Pinos a la secuencia por encima de la Formación Plaeners, reiterando que en esta última formación hay un nivel delgado de areniscas que pudiera corresponder con lo que Ulloa llama Formación Labor. En cuanto a la litología, en este trabajo se levantaron tres secciones que muestran sectores parciales de la formación ya que no hay una secuencia completa, (Anexo 5, Secciones C2; C10 y C3). En forma general la formación en su parte baja y media está constituida por limolitas y arcillolitas laminadas algunas con foraminíferos y pellets y niveles sobresalientes de litoarenitas y sublitoarenitas compuestas de fragmentos de conchas en un alto porcentaje y algunos niveles delgados de calizas (mudstone y wackestone). Hacia la parte superior de la formación se ha levantado una secuencia arenosa concordante con las rocas finas de la parte media y superior. Esta secuencia se observa muy claramente en la Loma El Tahúr, a unos 2 Km. de Tasco, (Anexo 5, Sección C3). La secuencia tiene un espesor de 60 m con predominio marcado de arenitas en general bioturbadas, con glaucomita y laminación inclinada de bajo ángulo y hacia la base presencia de limolitas. El paquete, está muy próximo a la Formación Arenisca Tierna, separado de ella por niveles finos, sin que se pudiera determinar su espesor. Estas areniscas, no citadas por Ulloa, coinciden bien con la Arenisca de Labor que en los trabajos de la Sabana se separan por pocos metros de la Arenisca Tierna y en la Plancha 171 de Duitama aparecen conjuntamente como Formación Labor y Tierna. Sin entrar a polemizar sobre las nomenclaturas tratadas en esta correlación, simplemente se deja constancia que la Formación Los Pinos cartografiada y descrita en este trabajo, se incorpora una arenisca en su parte superior con un espesor de 63 m. no identificada en el trabajo de Ulloa o incorporada al Miembro Arenisca Tierna.

Por encima de la Arenisca Tierna la Formación Guaduas y las formaciones del Terciario tienen la misma nomenclatura. Hay diferencias importantes entre el espesor del Guaduas en el mismo sector (392 m Ulloa y 494 m GeoesTudios), mientras que los espesores de las formaciones terciarias son más o menos coincidentes.

2.7.5. Correlaciones Levantamientos Presente Trabajo con el Pozo Corrales 1 Contrato de Asociación Paz de Río

El pozo Corrales 1 se perforó a unos 3,5 km. al suroeste del casco urbano del municipio homónimo y a unos 10 a 12 km. de los sitios de levantamiento de las secciones de este trabajo, que pueden correlacionarse con la perforación.

Hay que indicar en primer lugar, que en la perforación se utiliza una nomenclatura litoestratigráfica coincidente con la de la Sabana de Bogotá en lo relativo a las formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá, pero introduce términos de la nomenclatura de Paz de Río hacia la parte alta de la perforación utilizando los términos de Picacho y Concentración. Debe indicarse además que la perforación solo alcanzó la parte superior de la Formación Guaduas (Anexo 8).

En lo referente al Guaduas, con la misma nomenclatura en el Pozo y en la cartografía de este trabajo, (Anexo 5, Sección C6) se observa una cierta coincidencia en la aparición de los primeros carbones a unos 56 m del techo en la secuencia levantada en este trabajo y a unos 70 m en la perforación. Pero litológicamente la relación es más estrecha por cuanto la aparición de estos



primeros mantos está casi inmediatamente por debajo de una arenisca que tiene un espesor de 8 m en la secuencia levantada y 12 m en la perforación. Hacia abajo la sección de la Quebrada Canelas muestra un segundo grupo de carbones unos 50 m de los primeros, por debajo de un banco de arenitas y en la perforación aparecen a unos 60 pero falta el nivel arenoso. Unos 20 m por debajo de estos últimos carbones en Canelas aparece una delgada capa de carbón y en la perforación se observa igualmente una capa delgada a unos 15 m. Finalmente en la perforación aparecen dos mantos de carbón a unos 40 m de los anteriores que pueden tener sus correlativas en la sección de Canelas, pero en esta última secuencia han aparecido otras capas y niveles de arenitas de alguna importancia que no se reflejan en la perforación. Se puede decir entonces que hay una buena correlación entre la sección de Canelas y la perforación, con algunas diferencias principalmente en lo referente a niveles de arenitas.

Por encima del Guaduas, en la perforación aparece la Formación Cacho que se puede correlacionar con la Formación Areniscas de Soacha, al menos por posición estratigráfica. Van der Hammen (1957) correlaciona las Areniscas de Socha, con la parte superior del Guaduas y con la parte baja de la Formación Bogotá, palinológicamente.

En la perforación el Bogotá muestra niveles importantes de arcillolitas hacia la base y hacia la parte media con espesores de 35 y 25 m respectivamente, los cuales no aparecen en las secuencias levantadas en este trabajo (Anexo 5, Secciones C1 y C8). Hacia la parte superior de la formación Cacho, en la perforación, vuelve a aparecer un nivel de arcillolitas que puede tener su equivalente en un sector cubierto en la secuencia C1 levantada en este trabajo. Importa señalar que el espesor del Cacho en la perforación es de unos 142 m y en las secciones levantadas de 158 y 187 m.

Por encima de la Formación Cacho, en la perforación aparece la Formación Bogotá con un espesor de unos 360 m aproximadamente. En la sucesión del Terciario del área trabajada aparece la Formación Arcillas de Socha, con un espesor de 350 m. en la sección C1 (Anexo 5, Sección C1), muy coincidente en este último aspecto. Las secuencias son arcillosas pero cabe destacar que en la perforación aparecen tres capas de carbón a unos 26 m por encima de la base y en el levantamiento de la sección C1 arcillas muy carbonosas a unos 36 m de la base y dos capas de carbón a unos 60 m por encima de la base. Si bien no hay mucha coincidencia en cuanto a la distancia con respecto a la base en donde aparecen los carbones, es diciente el hecho de la existencia de carbones hacia la base de las dos secuencias. Hacia arriba en la secuencia levantada hay algunos niveles arenosos importantes que no aparecen en la perforación. Puede decirse que hay correlación entre la secuencia levantada en la sección C1, denominada Formación Arcillas de Socha y la secuencia de la perforación denominada Formación Bogotá, independientemente de las edades estimadas para ellas.

Finalmente, por encima de la Formación Bogotá, en la perforación utilizan el término Formación Picacho que coincide con el empleado en la sucesión por encima de las Arcillas de Socha en este trabajo. El espesor del Picacho en la perforación es de 195 m aproximadamente y en las dos secuencias levantadas en este trabajo (de 160 m y 183 m) son bastante similares. La litología por otra parte es bastante coincidente en las dos secuencias comparadas pues la formación es eminentemente arenosa con algunas intercalaciones de arcillolitas que en la secuencia levantada por ejemplo en Puente Cajones (sección C5), pueden coincidir con sectores cubiertos.

En conclusión existe bastante paralelismo entre las unidades litoestratigráficas de perforación y las levantadas en el área del presente trabajo, siendo importante los carbones como niveles de correlación.

3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

En una ubicación estructural general de área (Figura 126), se puede apreciar como característica más sobresaliente una orientación preferencial de las estructuras en forma de arco con dirección en el sector sur SW – NE, en el sector central N – S y en el extremo norte SE - NW, con cuerpos longitudinales rígidos antiguos (Macizos de Onzaga – Mogotes y Floresta) en el sector central del área, afectados por fallas de tipo inverso que levantan este basamento con respecto a la cobertera sedimentaria Cretácica y Terciaria que lo circunda.

Gran parte del área de estudio esta constituido por rocas del Macizo de Floresta, cuerpo limitado por fallas de tipo inverso, estructuras estas asociadas al levantamiento reciente de la Cordillera Oriental durante la Orogenia Andina, por medio de una reactivación con variación en el sentido del desplazamiento de los bloques (inversión tectónica); al occidente la Falla de Boyacá lo limita del Macizo de Onzaga – Mogotes y al oriente la Falla de Soapaga lo separa de una cobertera plegada compuesta por la serie Cretácica y Terciaria.

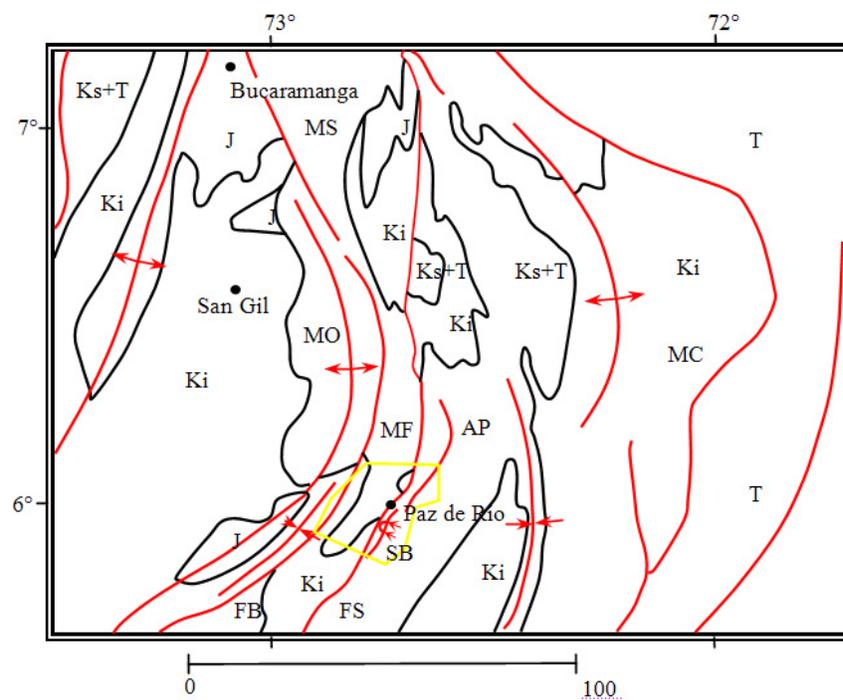


Figura 126. Ubicación Estructural del área de estudio. MS: Macizo de Santander, MO: Macizo de Onzaga-Mogotes, MF: Macizo de Floresta, MC: Macizo del Nevado del Cocuy, AP: Alto de Pisba, FB: Falla de Boyacá, FS: Falla de Soapaga y SB: Sinclinal de Betétiva. Modificado de Kammer 1996. Datum Bogotá

El bloque yacente de la Falla de Soapaga se distingue por presentar una fuerte deformación, con presencia de plegamiento y fallamiento, con evidencias muy claras de vergencia oriental predominante y transporte tectónico general al sureste, siendo de gran importancia para obtener esta conclusión el Sinclinal de Betétiva, estructura asimétrica que se encuentra limitando el flanco oriental del macizo de Floresta del flanco occidental del Alto de Pisba, este pliegue se caracteriza



por presentar inversión de su flanco occidental en algunos sectores o la ausencia de este flanco por acción de la falla, lo que corresponde a factores indicadores concluyentes; lo cual también es apreciable en zonas estructurales circundantes.

En modelos basados en sistemas de fallas interconectadas y aplicados en estudios de la Cordillera Oriental, se ha obtenido esta vergencia y se ha tomado como criterio para inferir transporte tectónico general al oriente (Colleta et al. 1990, Dengo & Covey 1993, Cooper et al. 1995).

En consideraciones generales se aprecian dos provincias tectónicamente diferentes, claramente observable en los mapas geológico y estructural y en las secciones estructurales (Anexos 4, 8 y 9 respectivamente), cada una de ellas con un estilo de deformación característico, siendo ellas:

- Macizo de Floresta, zona con tectónica de escamación gruesa en el bloque colgante de la Falla de Soapaga, que principalmente involucra rocas Pre-Devónica a Cretácicas.
- Cobertera Plegada, presenta tectónica de escamación delgada representada por una serie de fallas inversas con vergencia ESE y fallas direccionales con rumbo NE – SW, que desplazan únicamente la serie de rocas Cretácicas y Terciarias en el bloque yacente de la Falla de Soapaga.

3.2. MACIZO DE FLORESTA

Representa una gran estructura anticlinal con rumbo NE-SW, cabeceando al sureste y cierre fuera del área. Al norte la estructura no es clara pero posiblemente también presenta leve inclinación. Esta provincia se presenta en forma alargada en dirección dada por sus límites longitudinales que corresponden a las fallas inversas de Boyacá y Soapaga, paralelas entre si con rumbo NNE-SSW, las cuales constituirían la cola de caballo de la terminación sur de la Falla de Bucaramanga.

Tres subdivisiones en la provincia del macizo pueden ser diferenciadas de acuerdo a los procesos que han sufrido, la primera de ella corresponde a la unidad Pre-Devónica?, compuesta por metamorfitas ampliamente plegadas y fracturadas con intrusiones ácidas posteriores a un primer estadio de deformación; evidencias claras de subsiguientes eventos tectónicos se refleja en la ocurrencia sectorizada de rocas ígneas, principalmente granitos brechados con texturas néisicas (cataclástitas), pudiéndose apreciar afloramientos muy instructivos de estos en la Carretera Belén – Paz de Río, entre las localidades de Puente Negro y el caserío de Concentración en contacto fallado con las Formaciones Girón al occidente y Concentración al oriente. Estos eventos se asocian al proceso orogénico Caledoniano.

En la unidad tectónica de la sucesión Paleozoica, la secuencia de rocas se deposita posterior a la subsidencia lenta de la unidad pre-Devónica, que a su vez colabora con la trasgresión marina del mar Devoniano; rasgos estructurales característicos afectan la unidad por medio de fallas inversas de alto ángulo (Fallas de Tutazá, Topón y Duga) que en ocasiones involucran también el basamento metamórfico y la presencia de pliegues concéntricos, principalmente en las rocas más jóvenes de la serie (Figura 127). Estas características radican en la deformación originada a partir del tectonismo producto de la Orogenia Hercínica.



Figura 127. Estación: JU147, Fotografía: JU147B, Tipo: Afloramiento, Carpeta JU. Azimut: 025°. Descripción: Pliegues concéntricos de forma circular afectado algunas fallas de tipo inverso presentes en rocas de la Formación Cucho. Carretera Belén – Paz de Río. Coordenadas: N= 1.157.052, E= 1.141.104, origen Bogotá.

La tercera subprovincia corresponde a la unidad tectónica neocretácica, compuesta por la sucesión Cretácica Basal, agrupándose junto a esta la Formación Girón debido a su comportamiento similar. Las deformaciones sufridas por la unidad son muy bajas y se reflejan en pequeños pliegues y lo más característico es la presencia de amplias superficies de pendiente estructural dadas por las unidades allí presentes, ejemplos claros lo presentan las Formaciones Tibasosa en la Loma Careperro al NE del municipio de Santa Rosa de Viterbo (Figura 128) y Une en la Cuchilla Peña Negra al NE de la población de Belén.

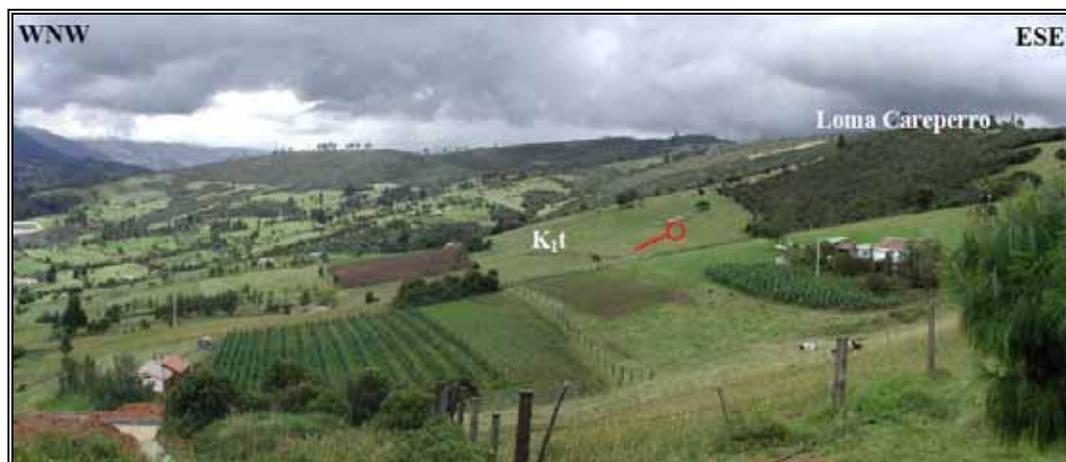


Figura 128. Estación: JU253, Fotografía: JU253C-D, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 345°-060°. Descripción: Pendiente estructural conformada por rocas de la Formación Tibasosa al NE de la población de Santa Rosa de Viterbo. Coordenadas: N= 1.141.871, E= 1.123.174, origen Bogotá.

A partir de los datos recolectados en campo de planos de estratificación se procedió a procesar la información teniendo como resultado diagramas rosas correspondientes a rumbo para cada unidad del macizo; obteniéndose tanto para las unidades pre – Cretácicas como Cretácicas un rumbo general NNE a NE, con excepción de las rocas metamórficas del basamento, afectada por más eventos tectónicos y la Formación Chipaque en las rocas Cretácicas, con un comportamiento dúctil, que presentan una variación más amplia y con predominio de rumbo ENE (Figuras 129 y 130).

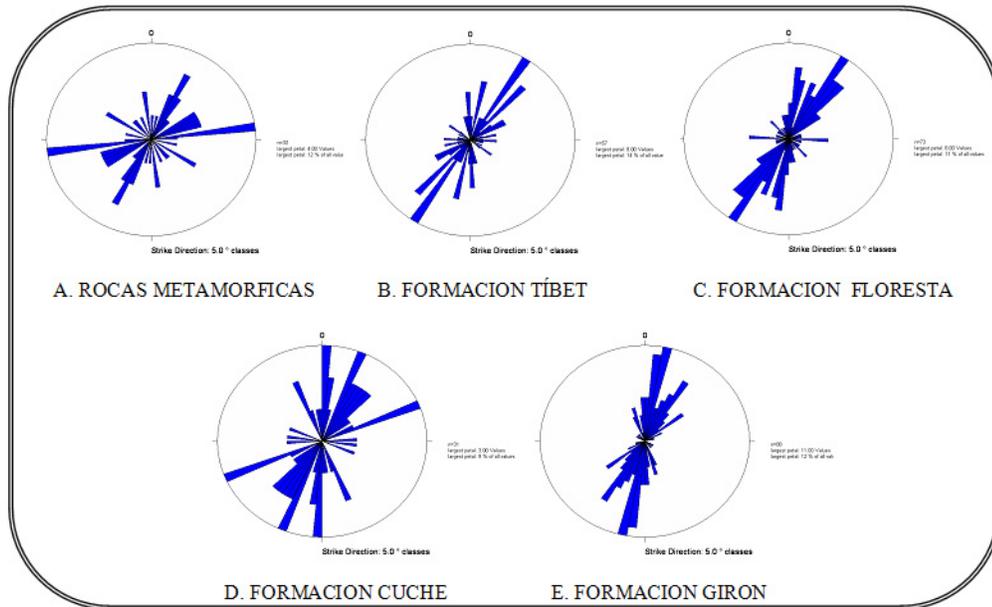


Figura 129. Diagramas rosa de rumbo para los planos de estratificación de las unidades Pre – Cretácicas en el Macizo de Floresta.

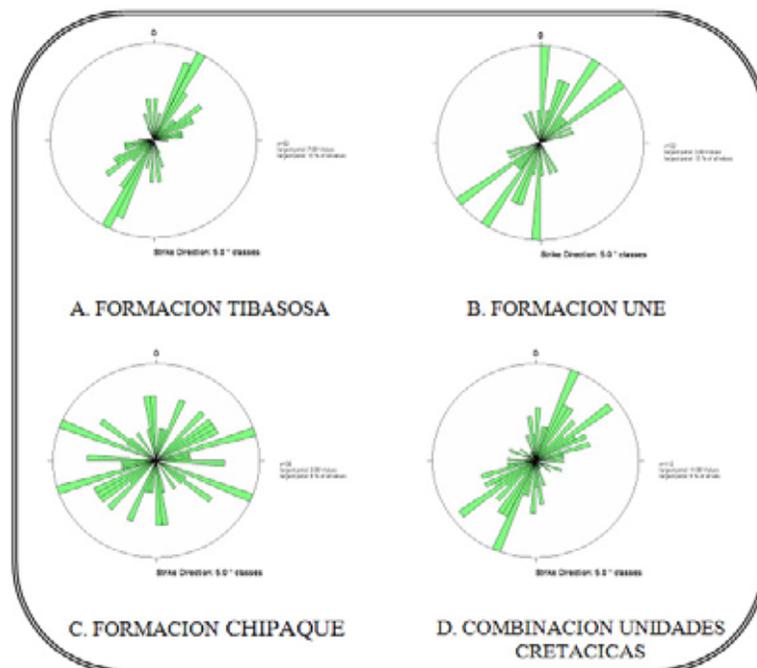


Figura 130. Diagramas rosa de rumbo para los planos de estratificación de las unidades Cretácicas del Macizo de Floresta.

3.3. COBERTERA PLEGADA

Como se indico anteriormente, esta provincia corresponde a la sucesión Cretácica y Terciaria al oriente de las Fallas de Soapaga, en el flanco occidental del Alto de Pisba. Estos depósitos presentan alta deformación producto de los movimientos de la Orogenia Andina y posteriores fases tectónicas Cenozoicas; el solevantamiento final, posterior a la formación del anticlinorio de Floresta, se realiza en forma de bloque, a lo largo de la Falla de Soapaga, dando como resultado una combinación de plegamiento y fallamiento considerable en esta provincia, con predominio de las estructuras plegadas que siguen el tren estructural predominante en el área con rumbo NE – SW, el mismo que presentan las rocas pertenecientes a las unidades aquí aflorantes (Figura 131).

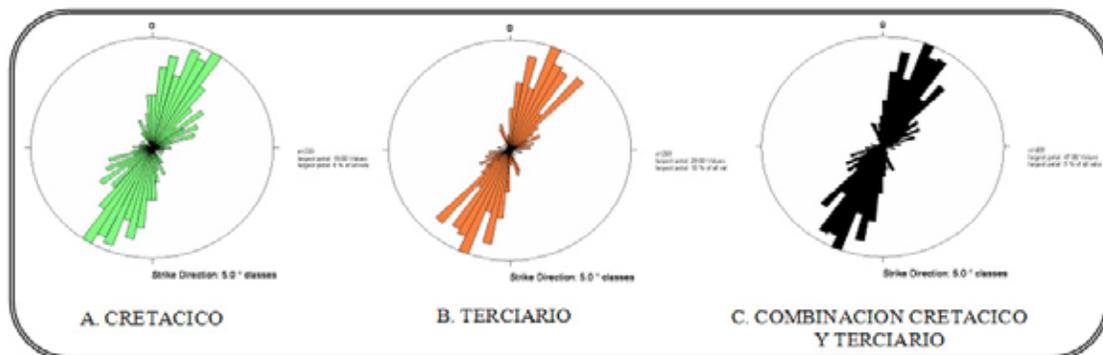


Figura 131. Diagrama rosa del rumbo de los planos de estratificación en rocas Cretácicas y Terciarias al oriente del Macizo de Floresta.

En esta provincia es claro apreciar tres zonas con estilos estructurales característicos, un dominio sur con relaciones de fallamiento inverso, el dominio central donde se presenta una combinación de flexion con formación de pliegues por despegue y fallamiento conjugado, prevaleciendo movimientos inversos y direccionales, este sector es el que conlleva mayores complicaciones estructurales debido a la fuerte deformación a la que fue sometida, en general los plegamientos se encuentran afectados en sus flancos por fallas de componente vertical inverso con rumbo general NNE-SSW a NE-SW como las Fallas de Paz de Río, Los Tintos, Socha Viejo y Canelas; y por fallas direccionales dextrales con rumbo ENE – WSW que ocasionalmente presentan componentes verticales como las Fallas El Salitre, Colacote y Otengá, que dislocan los pliegues generalmente en sentido diagonal al rumbo de los ejes; por último, el dominio norte caracterizado por presentar estructuras plegadas amplias con expresión y extension regional limitada y afectado por algunas fallas direccionales.

3.4. GEOMETRIA Y CINEMATICA

A continuación se describen las principales estructuras presentes en el área:

3.4.1. Estructuras en el Macizo de Floresta

3.4.1.1. Anticlinal Floresta

Anticlinal simétrico y abierto, lo constituyen rocas de las rocas de la sucesión Paleozoica con núcleo conformado por la Formación Floresta, tiene una longitud aproximada de 10 Km. con rumbo



que varía entre N20°E y N30°E con ligero cabeceo al NE. Este pliegue hace parte del gran anticlinorio que es el Macizo de Floresta, siendo posiblemente su zona axial.

3.4.1.2. Sinclinal Floresta

Estructura contigua al anticlinal del mismo nombre, corresponde a un pliegue abierto y concéntrico que afecta la secuencia Paleozoica (Anexo 10, secciones 4-4', 5-5'') presentando su eje en las rocas de la Formación Floresta. Con una extensión en superficie de 5 a 6 Km. con rumbo predominante N40°E y amplitud que no sobrepasa los 2 Km.

3.4.1.3. Falla Tutasa

Estructura de gran importancia que atraviesa el bloque de sur a norte con una longitud de aproximadamente 30 Km. desde las cercanías a la Población de Tobasía hasta el límite norte en inmediaciones de la quebrada Guina. Posee un rumbo predominante N30°E con ligeras variaciones. Su componente principal es vertical de tipo inverso buzando 50° a 60° al occidente en el sector sur del área donde afecta rocas de la serie Paleozoica, (Anexo 10, secciones 4-4', 5-5''), con un desarrollo hacia el norte donde el desplazamiento es mayor y pone en contacto rocas pre – Devónicas ígneas del Stock de Santa Rosita con la Formación Tíbet con aumento del ángulo de buzamiento a 70°. (Anexo 10, secciones 1-1', 2-2' y 3-3')

3.4.1.4. Falla Duga

Falla inversa con vergencia oriental, su rumbo varía ligeramente presentando hacia el sur una orientación SW – NW mientras que al norte es SSW – NNE con una extensión de 21 Km. desde el límite norte del bloque en la localidad del páramo de Cazadero hasta su desaparición contra la falla Topón en la vereda Soiquía. En el sector norte de su trazo afecta rocas Paleozoicas con un ángulo de buzamiento mayor a 80° (Anexo 10, sección 1-1'); en el sector meridional la falla pone en contacto rocas intrusivas del Stock de Otenga con la Formación Cucho (Anexo 10, sección 2-2') y hacia el sur afecta exclusivamente las rocas intrusivas pre – Devónicas (Anexo 10, sección 3-3')

3.4.1.5. Falla Topón

Corresponde a una falla conjugada, cuyo componente principal es direccional y en menor grado componente vertical inverso. Posee una longitud de 16 Km. desde su confluencia con la falla Divaquía en el sector de la cañada Ranchería hasta su desaparición contra la falla Tutazá en cercanías a la quebrada Chorro Rico. Presenta un rumbo general NNW – SSE con variación a N – S en el sector norte. (Anexo 10, secciones 3-3' y 4-4').

3.4.1.6. Falla Soapaga

Estructura con fuertes implicaciones en la conformación estructural del área teniendo en cuenta que separa dos provincias morfoestructurales muy diferentes y es clara su intervención en el control de las facies de los depósitos sedimentarios principalmente durante el Terciario.

A lo largo del área de estudio presenta un rumbo constante NNE – SSW, con una leve variación de este al norte de Paz de Río adquiriendo rumbo NE – SW, con ángulo incierto, pero asumiéndose buzamientos de 60° a subverticales para el plano de falla (Kammer 1996, Cardozo & Zúñiga, 1994). Para su descripción la falla se puede describir en cuatro segmentos con unas propiedades estructurales específicas, la primera comprende el trayecto desde el límite sur del bloque al W de la población de Corrales hasta la quebrada Otengá, en este dominio la falla buza 70° al oeste con

ligera disminución del ángulo en superficie poniendo en contacto la Formación Concentración con las formaciones Une y Chipaque (Anexo 10, secciones 5-5' y 4-4'). Las unidades Cretácicas del bloque colgante poseen rumbo entre N15°E a N30°E (Figura 132a) y buzanan de 40° a 70° al NW en aptitud invertida; las unidades en el bloque yacente presentan una baja variación y tienen un rumbo promedio N25°E (Figura 132b) y buzanan entre 30° y 50° al NW en posición normal. En este tramo la falla posee rumbo N25°E.

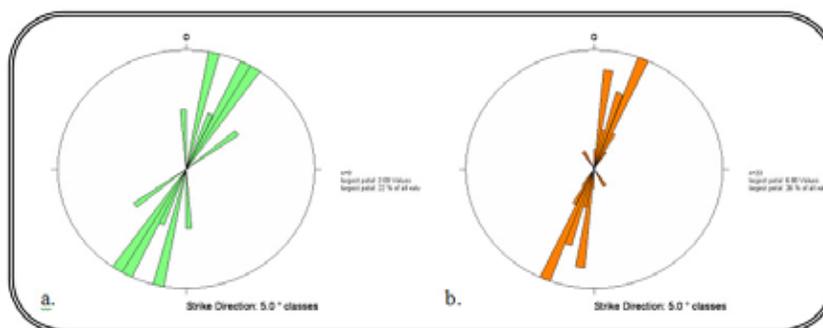


Figura 132. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector sur del área. a) Bloque colgante y b) Bloque yacente.

El segundo sector se encuentra entre la quebrada Otengá y un sector al NW del caserío Villa Franca, en este dominio la falla buza aproximadamente 65° al occidente, las características del bloque colgante no varían demasiado (Figura 133a), las unidades que lo componen presentan la misma conformación que en el primer sector con la única salvedad del aumento en su ángulo de buzamiento que se ubica en el rango de 60° a 80°; la serie Cretácica empieza a desaparecer por acción de la falla observándose los últimos relictos de la Formación Tibasosa a la altura de Villa Franca. En el bloque yacente se observan cambios sustanciales, se aprecia una estructura dominante que corresponde al Sinclinal de Betétiva, cuyo flanco occidental presenta complicaciones estructurales colocando las formaciones Arenas de Socha, Arcillas de Socha y Picacho en posición invertida (Figura 134), estas rocas presentan un rumbo promedio N30°E (Figura 133b) y buzamientos invertidos que varían entre 60° y 80° al NW (Anexo 10, secciones 2-2' y 3-3'). Es común encontrar en este pequeñas fallas de desgarre, fallas transversales con componente de rumbo, fallas inversas entre las unidades y estilolitos paralelos a la estratificación.

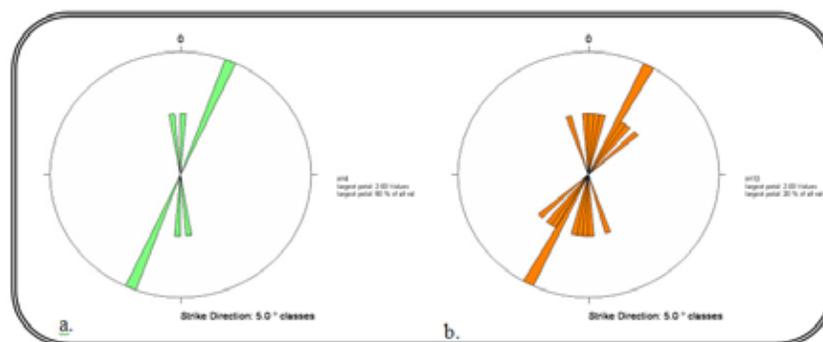


Figura 133. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector medio del área. a) Bloque colgante y b) Bloque yacente.

El tercer sector abarca desde el NW de Villa Franca hasta el norte de la población Paz de Río, en un primer recorrido la falla enfrenta rocas de la Formación Girón con el flanco invertido del Sinclinal

de Betéitiva, hacia la zona meridional a la Formación Girón con la Formación Concentración (Anexo 10, sección 1-1') y al norte a esta última con la Formación Cataclastitas de Soapaga.



Figura 134. Estación: JU063, Fotografía: JU063A-C, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180°-250°. Descripción: Expresión de la Falla de Soapaga en el sector dos de su recorrido, en esta área pone en contacto la Formación Girón (Jg) con el flanco invertido del Sinclinal de Betéitiva que lo conforman las Formaciones Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Picacho (E_{2p}). NW de la localidad de Villa Franca. Coordenadas: N= 1.150.034, E= 1.141.502, origen Bogotá.

Las rocas del bloque colgante presentan un rumbo general NE con ángulos de buzamiento no superiores a 45°, mientras en el bloque yacente la falla trunca el sinclinal de Betéitiva poniendo en contacto la Formación Concentración del flanco occidental con el basamento pre – Cretácico, estas rocas presentan rumbo NE con buzamientos no superiores a 50°. Al igual que en el sector dos aquí también hay desarrollo de fallas de rumbo con componentes verticales. Claramente en este dominio es donde la Falla presenta su mayor desplazamiento teniendo en cuenta que el basamento esta en contacto con la secuencia Terciaria superior.

Por último, el cuarto segmento del recorrido de la falla se presenta entre Paz de Río y el límite norte del bloque en cercanías al casco urbano del municipio de Sátiva Sur. Aquí el rumbo de la falla cambia significativamente a N55°E, nuevamente en este sector el bloque colgante lo vuelve a conformar la secuencia Cretácica basal con rumbo general NE con buzamientos que oscilan entre 25° y 50° (Figura 135b), el bloque yacente esta constituido por la Formación Concentración que no cambia su comportamiento y buza con un ángulo entre 25° y 50° con rumbo preferencial N15°E.

Afloramientos claros de la falla se aprecian en el carreteable que conduce del caserío de Villa Franca a la población de Belén, y a lo largo de un carreteable que atraviesa la quebrada Colacote, en la primer localidad la estructura pone en contactos rocas de la Formación Los Pinos con la Formación Girón y en el segundo caso, a esta última con las Formaciones Arcillas de Socha y Picacho del flanco invertido del Sinclinal Betéitiva. Otro afloramiento instructivo se aprecia al occidente del caserío de Concentración, donde la falla levanta la Formación Cataclastitas de Soapaga para dejarla a la altura de la Formación Concentración.

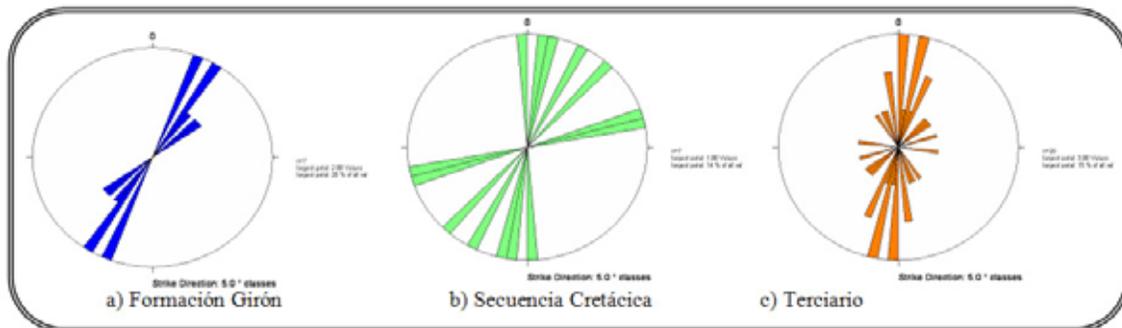


Figura 135. Diagramas rosas de rumbo para los planos de estratificación de las unidades afectadas por la Falla Soapaga en el sector más norte del área. a) y b) Bloque colgante y c) Bloque yacente.

3.4.1.7. Falla Divaquía

Estructura con componente vertical inverso de vergencia oriental que afecta el flanco oriental del Macizo de Floresta, es la responsable de enfrentar el basamento metamórfico con la Formación Girón en la zona sur de su trazo, hacia el norte la estructura pone en contacto la secuencia Jurásica con la sucesión Cretácica basal en posición invertida del bloque colgante de la Falla Soapaga en este sector (Anexo 10, sección 3-3'). La falla recorre dentro del área aproximadamente 15 Km. con rumbo preferencial N20°, comenzando en el límite sur del bloque a 1.5 Km. al oriente de la Población de Busbanzá y culminando al ser absorbida por la Falla Soapaga a la altura de la quebrada Las Flores al NW de Villa Franca.

3.4.2. Estructuras en la Cobertera Plegada

Al oriente del Macizo de Floresta, en el bloque yacente de la Falla de Soapaga se aprecian dos pliegues mayores y otras estructuras plicativas de menor expresión; asociados a ellos fallas con componentes verticales y direccionales.

3.4.2.1. Sinclinal Betéitiva

Localizado contiguo a la Falla de Soapaga en el bloque yacente de esta, involucra en superficie rocas terciarias, en su núcleo aflora la Formación Concentración y en sus flancos las Formaciones Picacho, Arcillas de Socha, Arenas de Socha y Guaduas; es una estructura asimétrica que se manifiesta por la posición subvertical a invertida de su flanco occidental (Anexo 10, secciones 2-2' y 3-3') o ausencia total de este (Anexo 10, secciones 1-1', 4-4' y 5-5'). Corresponde a un pliegue concéntrico que varía su forma de elíptico al norte a circular en el sur, apretado con ángulo interflancos entre 20 y 25 (Davis, 1984); la longitud del eje del sinclinal es aproximadamente de 11 Km. con rumbo que oscila entre N10E y N20E con leve cabeceo al NE, el ancho de la estructura en superficie varía entre 2 Km. al norte a 3 Km. en el sector sur.

Los extremos del eje de pliegue convergen en la Falla de Soapaga, en el sector sur en cercanías a la quebrada Otengá y al norte en proximidades de la quebrada Colacote.

En el área de influencia de la estructura plicativa se distinguen dos dominios de rumbo con muy poca variación y unos tres dominios en el ángulo de buzamiento, el azimut promedio de la estratificación es 300 con inclinaciones que oscilan entre 30 y 80 (Figura 136 a y b), el diagrama de densidad de polos muestra una concentración de polos (área oscura) donde se ubican los datos de planos de estratificación, medidos tanto en el flanco oriental los cuales se encuentran en posición normal y los planos medidos en el flanco occidental en posición invertida (Figura 136 c).

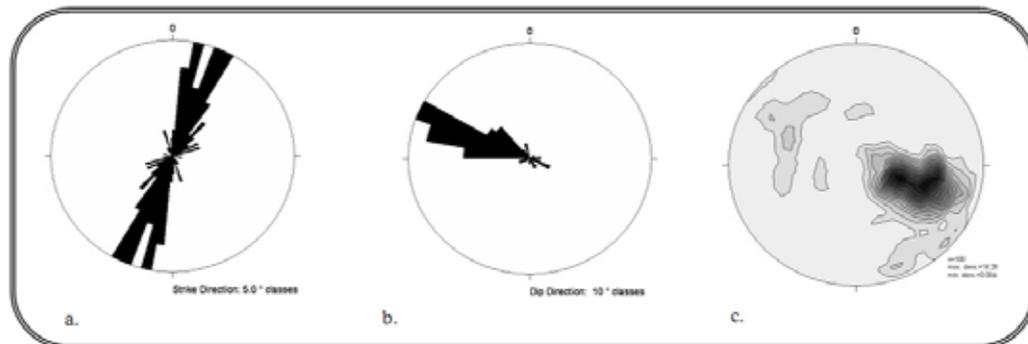


Figura 136. Diagramas resultado del análisis de datos de planos de estratificación tomados en campo en las unidades que conforman el Sinclinal de Betéitiva., a. y b. Diagramas rosa del rumbo y de la dirección de buzamiento respectivamente. c. Diagrama de densidad de polos

El flanco oriental se presenta en aptitud normal con buzamientos que se encuentran entre 30 y 60 al NW, aflora en este extremo la secuencia terciaria limitada por la Falla Canelas al oriente; y como se indico anteriormente el flanco occidental en posición subvertical a invertida con buzamiento entre 50 y 80 al NW, se observa aquí la secuencia Terciaria con ligero adelgazamiento de sus unidades y en muchos sectores incompleta (Figura 137), en contacto fallado con la secuencia Cretácica basal en el sector sur y con la Formación Girón en el sector norte (Figura 138).

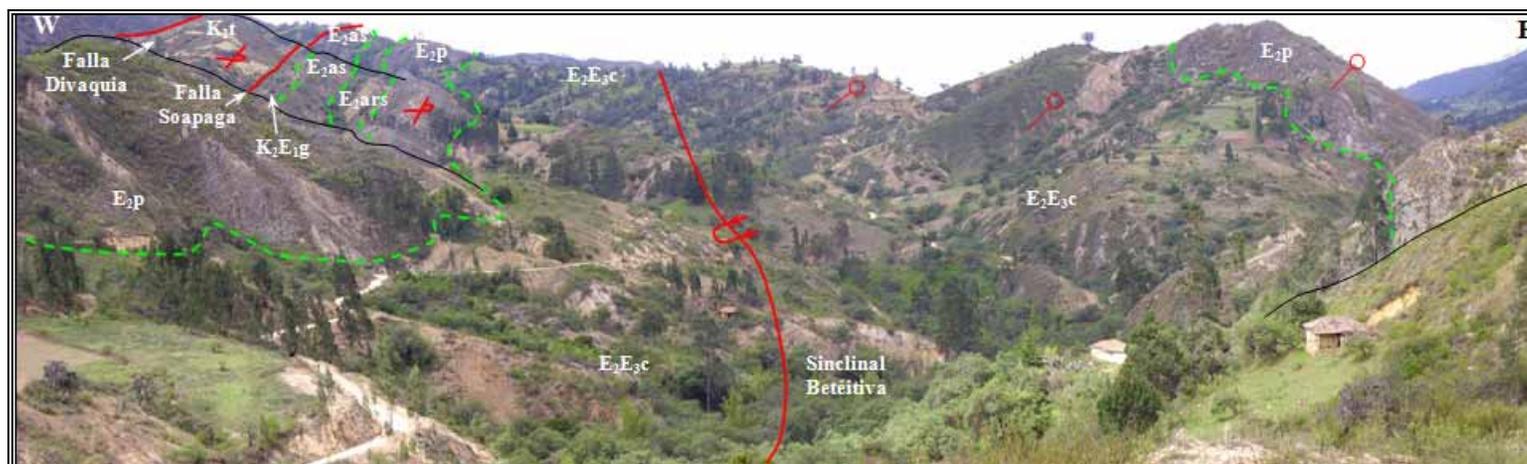


Figura 137. Estación: 09JC060, Foto: 09JC060, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 340° - 050°. Descripción: Sector sur del Sinclinal Betéitiva al NW de la población del mismo nombre. El eje de la estructura se encuentra en la Formación Concentración (E_2E_{3c}) y sus flancos lo conforman las Formaciones Picacho (E_{2p}), Arcillas de Socha (E_{1ars}), Arenas de Socha (E_{1as}) y Guaduas (K_2E_{1g}). Rasgo notorio del pliegue es la inversión de su flanco occidental. Coordenadas: N= 1.147.138, E= 1.140.568, origen Bogotá.



Figura 138. Estación: JU074, Fotografía: JU074A-B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 020°- 095°. Descripción: Vista panorámica del sector norte del Sinclinal Betéitiva, donde se aprecia su flanco occidental conformado en esta sección por las Formaciones Picacho (E_{2p}) y Arcillas de Socha (E_{1ars}), afectado por la Falla de Soapaga que lo pone en contacto con la Formación Girón (Jg). En esta localidad el eje de pliegue corresponde a la falla Betéitiva, de tipo inverso. Carreteable Villa Franca – Belén. Coordenadas: N= 1.151.110, E= 1.141.480, origen Bogotá.

3.4.2.2. Anticlinal San Antonio

Estructura localizada al oriente del bloque compuesta por la sucesión Cretácica, en superficie el núcleo del anticlinal se encuentra en rocas de la Formación Chipaque mientras que en sus flancos se observan rocas de las Formaciones Plaeners, Los Pinos, Arenisca Tierna y en algunos sectores la Formación Guaduas (Figura 140). Hacia el sector meridional entre la quebrada Canelas y la localidad de Bolívar se aprecia la estructura en posición invertida, situación causada posiblemente por la acción conjunta de las fallas que afectan el área.

En superficie corresponde a un pliegue con ligera asimetría localizada, concéntrico de forma circular y abierto (Anexo 10, secciones 4-4' y 5-5') con ángulo interflanco que oscila entre 90° y 100° (Davis, 1984), su eje posee rumbo N – S con longitud aproximada dentro del área de 10 Km. desde su truncamiento al norte por acción de la Falla Canelas en cercanías al Río Chicamocha en la localidad de Puente Bolívar hasta el límite sur del bloque al este de la población de Corrales; el ancho varía entre 1 Km. en la zona mas estrecha hasta 2 Km. en el sector mas amplio, medidas que están controladas por la acción de las fallas que limitan la estructura, la Falla Canelas en el flanco occidental y la Falla Los Tintos en el oriental, esta última también disloca el eje a la altura de la quebrada Canela (Figura 141); ambas correspondientes a lineamientos con componente vertical inverso.

Se aprecian dos grupos de concentración de polos (áreas mas oscuras), el grupo con mayor densidad presenta dirección de buzamiento promedio de 90° con inclinación promedio de 40° con amplia variación, mientras en el otro grupo correspondiente al flanco occidental el azimut de dirección de buzamiento promedio de 270° con inclinación promedio de 45° con oscilación baja (Figura 139 a y b).

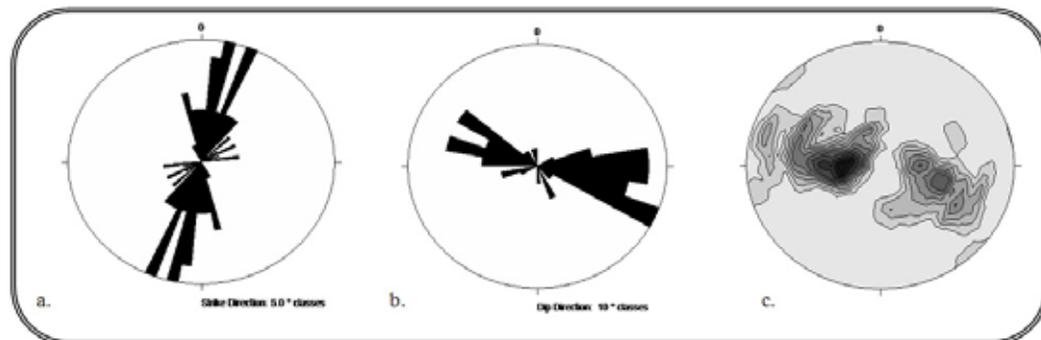


Figura 139. Diagramas resultado del análisis de datos de planos de estratificación tomados en campo en las unidades que conforman el Anticlinal San Antonio., a. y b. Diagramas rosa del rumbo y de la dirección de buzamiento respectivamente. c. Diagrama de densidad de polos.

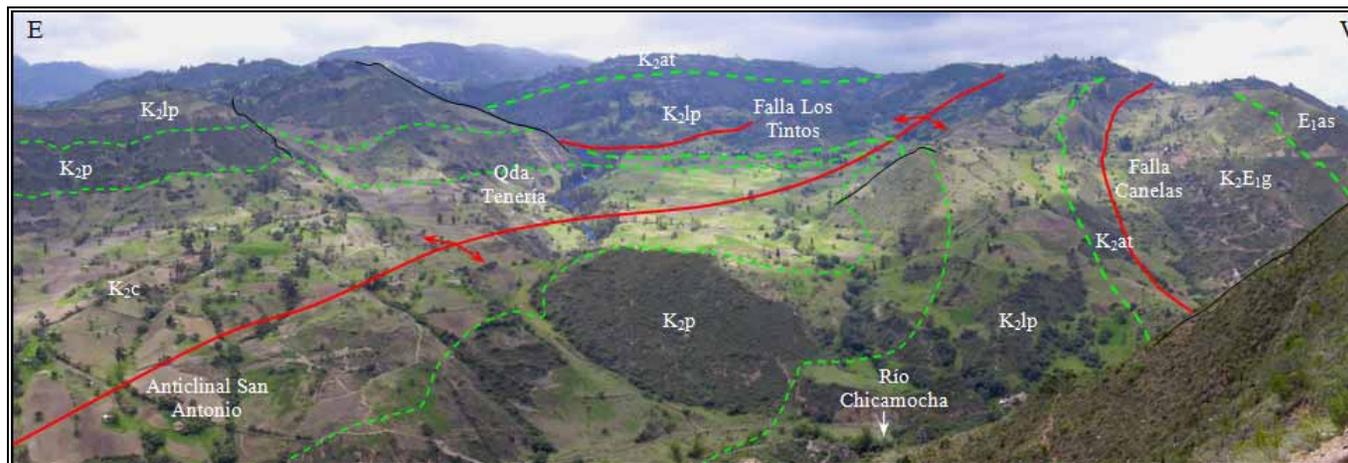


Figura 140. Estación: 09JC055, Foto: 09JC055 Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 155°- 210°. Descripción: Anticlinal San Antonio, corresponde a un pliegue simétrico que afecta rocas Cretácicas de las Formaciones Guaduas (K_2E_{1g}), Arenisca Tierna (K_{2at}), Los Pinos (K_{2lp}), Plaeners (K_{2p}) presentes en los flancos de la estructura y la Formación Chipaque (K_{2c}) en el núcleo. El pliegue se encuentra controlado en sus costados por las Fallas Los Tintos al oriente y Canelas al Occidente. Coordenadas: N= 1.144.895, E= 1.140.994, origen Bogotá.

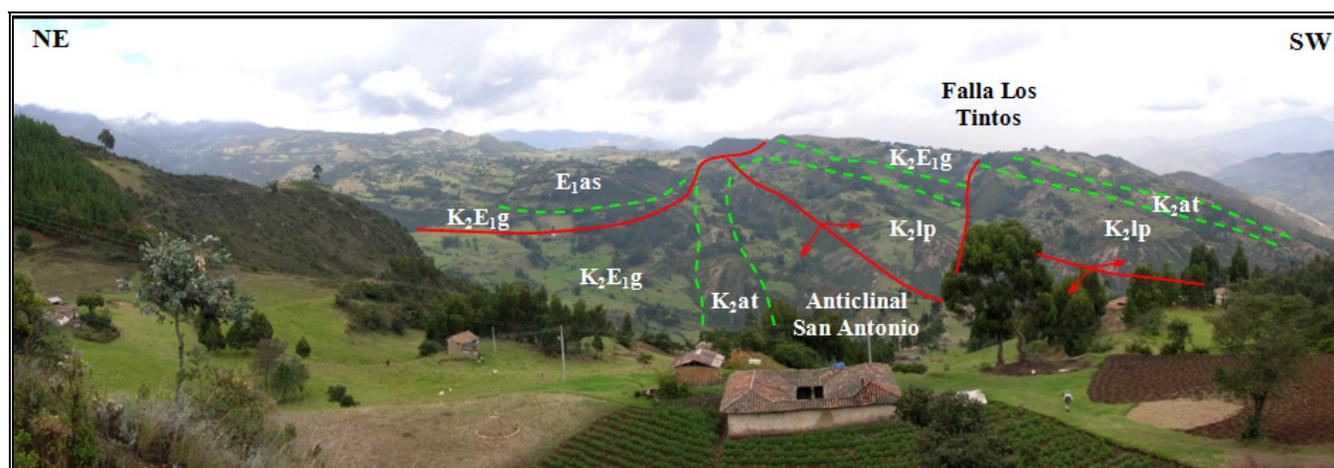


Figura 141. Estación: JM027, Foto No: FJM027, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 160° - 240°. Descripción: Panorámica del sector sur del Anticlinal San Antonio, se aprecia el cierre de la estructura en las rocas de las Formaciones Arenisca Tierna y Los Pinos. Siguiendo el comportamiento regional el pliegue se encuentra afectado por fallas que lo limitan y otras que lo dislocan, en este caso se observa la Falla Los Tintos que corta oblicuamente a su eje. Coordenadas: N= 1.140.797, E= 1.142.118, origen Bogotá.

3.4.2.3. Anticlinal La Chapa

Ubicado al oriente de la población de Paz de Río, presentándose exposiciones muy instructivas de la estructura en la carretera que conduce de este municipio a la localidad de Socha Viejo.

Corresponde a un pliegue simétrico, concéntrico (Anexo 10, sección 1-1') y apretado (Davis, 1984), con un ángulo interflanco entre 60- 70, constituido por rocas del Cretácico superior, encontrándose su núcleo en la Formación Los Pinos y los flancos en las Formaciones Arenisca Tierna y Guaduas (Figura 142). Su eje presenta rumbo que varía entre N20°E y N30°E y una longitud de 3.5 Km. dentro del área, desde su terminación por acción de la Falla Paz de Río que lo trunca al norte (Figura 143) de manera oblicua a su eje hasta el límite del bloque en cercanías del Campamento Minero de La Chapa, la amplitud del anticlinal se encuentra en el rango de 1.5 a 2 Km.; factor que se encuentra controlado por fallas inversas que lo limitan, al oriente se presenta la Falla Socha Viejo y al occidente la Falla Paz de Río .

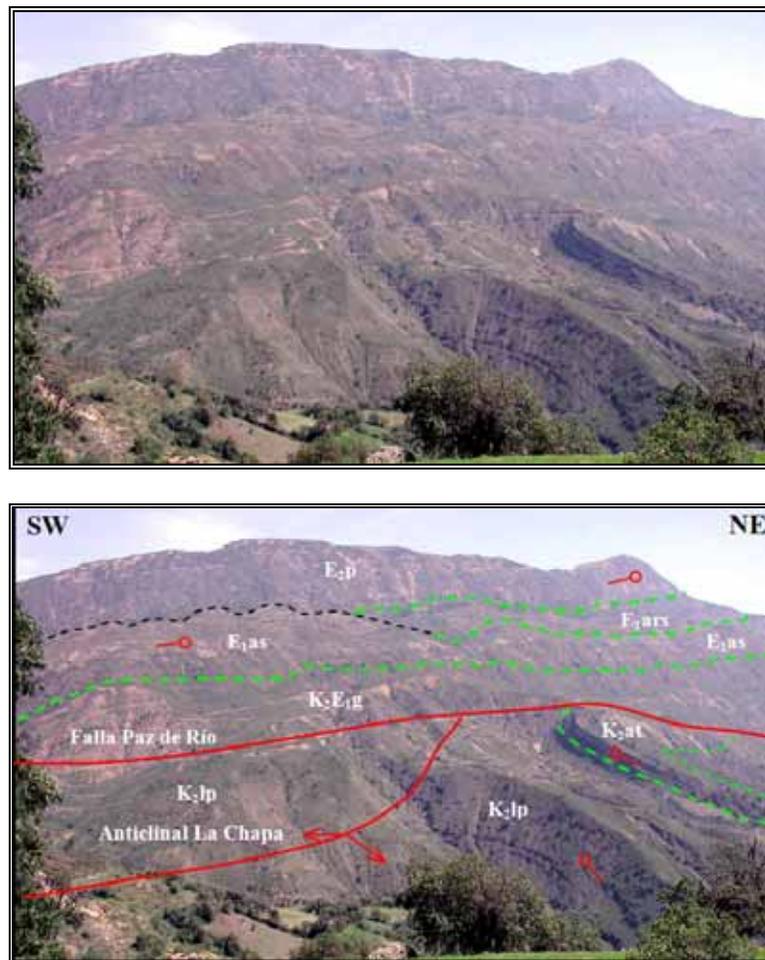


Figura 142. Estación: JU109, Fotografía: JU109D, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 015°. Descripción: Sector norte del Anticlinal La Chapa, conformado por la Formaciones Los Pinos (K_2lp) en su núcleo y en sus flancos las Arenisca Tierna (K_2at) y Guaduas (K_2E_{1g}), el pliegue esta truncado por la Falla Paz de Río que lo pone en contacto con la Formación Guaduas del bloque yacente, se aprecian además la expresión de las unidades Arenas de Socha (E_{1as}), Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Picacho (E_2p). Coordenadas: N= 1.154.341, E= 1.149.740, origen Bogotá.

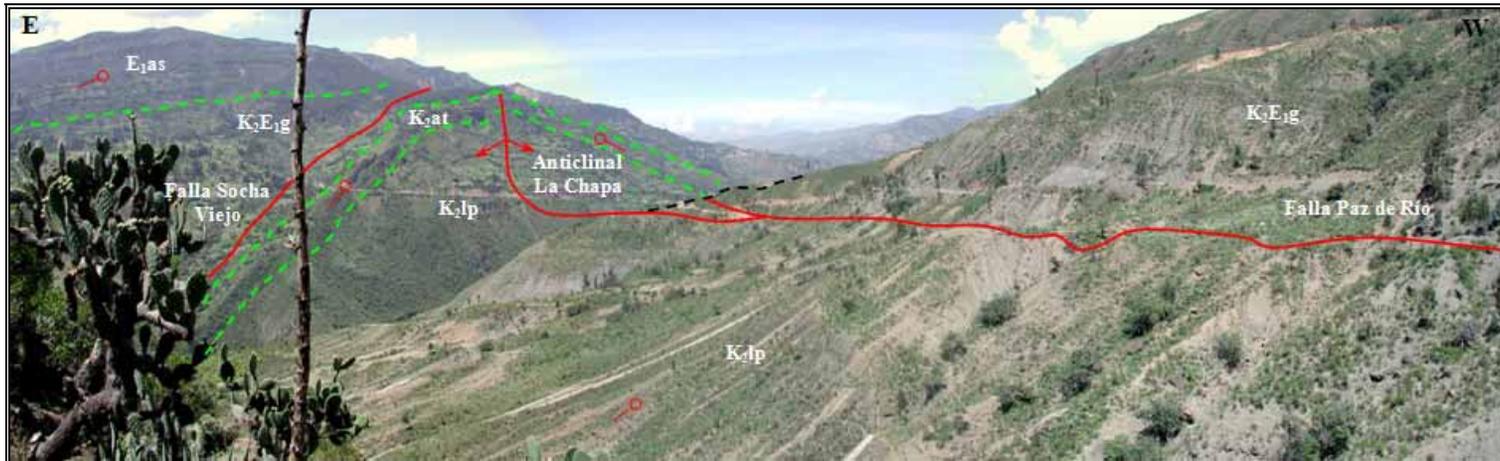


Figura 143. Estación: JU219, Fotografía: JU219G – I, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180° - 250°. Descripción: Vista panorámica del sector sur del Anticlinal La Chapa, corresponde a un pliegue claramente simétrico; su flanco oriental se encuentra afectado por la Falla Socha Viejo afectando la Formación Guaduas. Coordenadas: N= 1.155.851, E= 1.150.084, origen Bogotá.

Además de estos pliegues de mayor expresión; otras estructuras menores con rumbo predominante NE – SW afectan el sector oriental de bloque, generalmente corresponden a sinclinales y anticlinales abiertos, presentándose los ejemplos más significativos al norte y noreste del casco urbano del municipio de Paz de Río, donde las estructuras afectan en superficie a la Formación Concentración; también los apreciamos en el extremo más oriental del área en el bloque yacente de la Falla Socha Viejo, donde un anticlinal con moderada expresión pliega rocas de la Formación Guaduas; y al SE de Paz de Río un sinclinal amplio que involucra rocas terciarias pertenecientes a las Formaciones Arcillas de Socha y Areniscas de Socha (Figura 134).

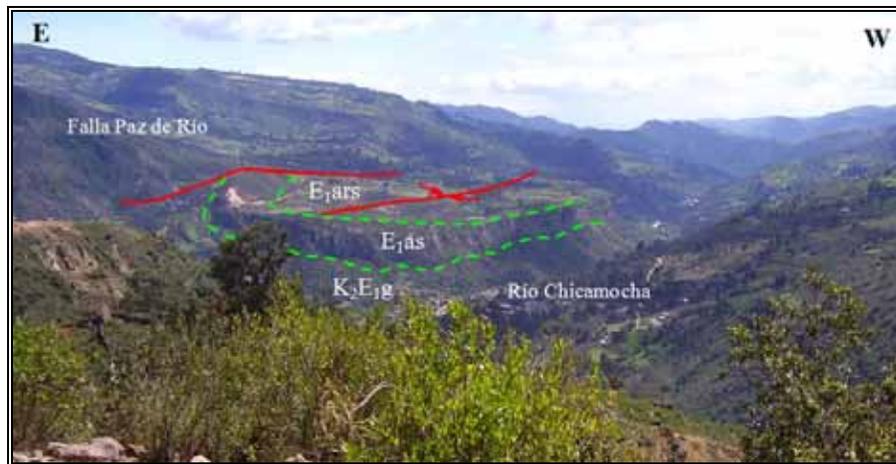


Figura 144. Estación: 06JC085, Fotografía: 06JC085, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180° - 210°. Descripción: Vista panorámica al sur de la población de Paz de Río donde se aprecia estructuras sinclinales amplias de menor expresión moderada afectando rocas de las formaciones Arenas de Socha ($E_{1ás}$) y Arcillas de Socha (E_{1ars}). Coordenadas: $N= 1.155.836$, $E= 1.147.665$, origen Bogotá.

3.4.2.4. Falla Paz de Río

Falla de tipo inverso con componente direccional secundario de tipo dextral, presenta vergencia occidental, su trazo presenta rumbo predominante $N30^{\circ}E$ con un cambio a $N50^{\circ}E$ de Paz de Río hacia el norte con ángulo de buzamiento no mayor a 60° al occidente (Anexo 10, secciones 1-1' y 2-2'). Se extiende a lo largo de 18 Km. dentro del área con terminación sur en la falla los Tintos y al



norte continua fuera del área cortando el límite del bloque 2 Km. al NE de la localidad de Puente Cotamo. Presenta dos dominios estructurales con características diferentes, el primer dominio corresponde al sector sur y el norte, donde la estructura afecta rocas de la secuencia Cretácica enfrentando las formaciones Los Pinos y Arenisca Tierna con la Formación Guaduas (Figura 145) del bloque yacente; el segundo dominio se puede distinguir desde aproximadamente 2 Km. al norte de Tasco hasta el Puente Santa Teresa al ENE de Paz de Río, allí involucra unidades terciarias levantando la Formación Arenisca de Socha sobre las Arcillas de Socha.

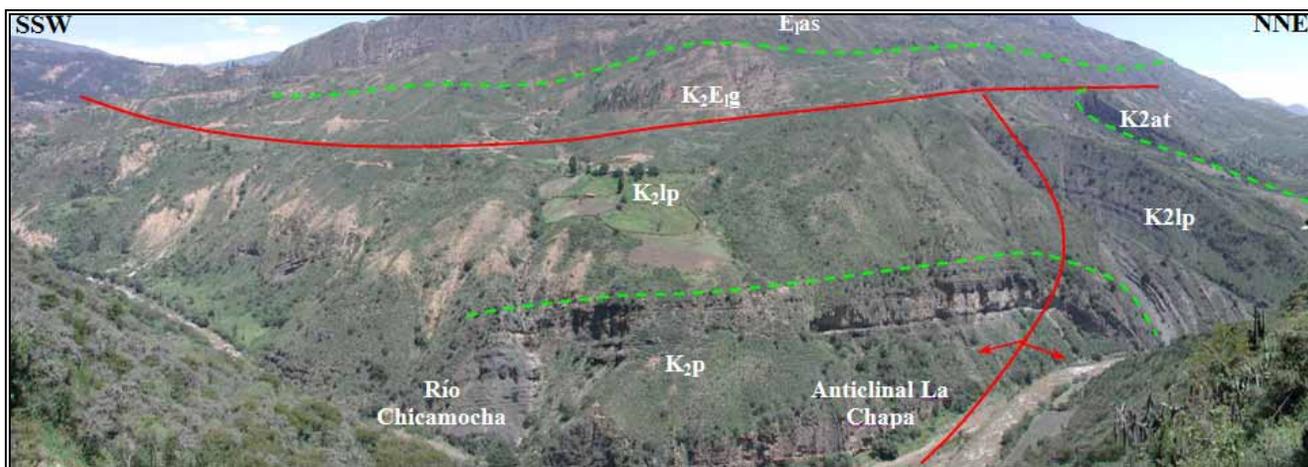
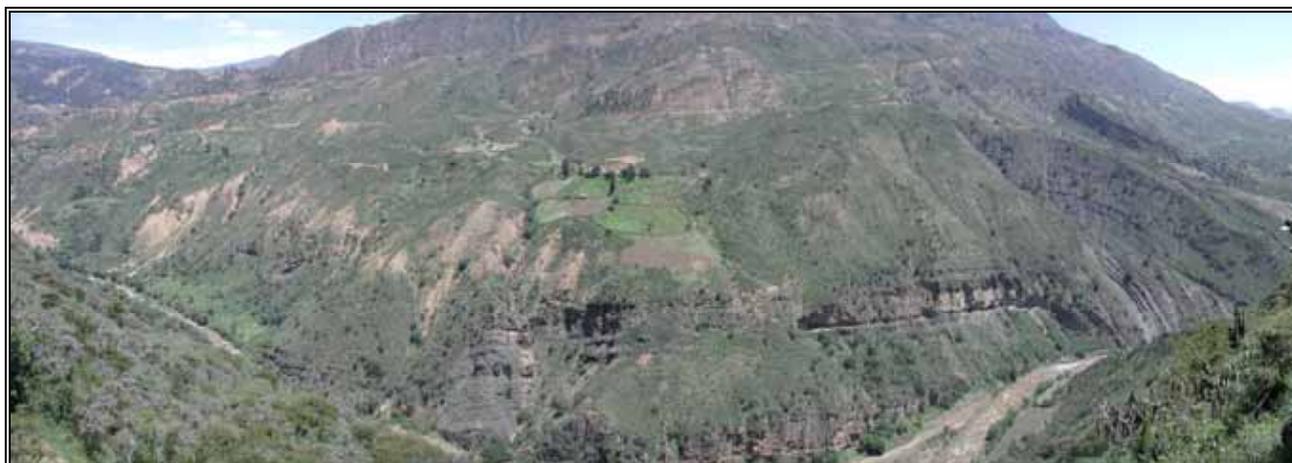


Figura 145. Estación: JU109, Fotografía: JU109A – C, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 300° - 015°. Descripción: Trazo de la Falla Paz de Río, donde afecta rocas Cretácicas aflorantes en el anticlinal La Chapa, truncando esta estructura oblicuamente y poniendo en contacto rocas de la Formación Los Pinos (K_2lp) con la Formación Guaduas (K_2E1g). Coordenadas: N= 1.154.341, E= 1.149.740, origen Bogotá.

3.4.2.5. Falla Canelas

Fallamiento de tipo inverso con vergencia occidental buzando aproximadamente 60° al oriente (Anexo 10, secciones 3-3' y 4-4'), que afecta el flanco oeste del anticlinal San Antonio desde la localidad de Reyes Patria hasta su desaparición contra la falla El Salitre en cercanías a la estación del ferrocarril al oriente de Villa Franca, como constante la falla pone en contacto la secuencia Cretácica representada por las formaciones Chipaque, Plaeners, Los Pinos y Arenisca Tierna del bloque colgante con rocas de la Formación Guaduas en el bloque yacente (Figura 146), hacia la terminación norte este último bloque lo componen rocas de la Formación Arenas de Socha. La estructura posee un rumbo general $N20^\circ E$ con una longitud en superficie de 12 Km.



Figura 146. Estación: JU264, Fotografía: JU264A – B, Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: $160^\circ - 260^\circ$. Descripción: Trazo de la Falla C, donde afecta rocas Cretácicas aflorantes en el anticlinal San Antonio, en este sector pone en contacto las formaciones Los Pinos (K₂lp) con Guaduas (K₂E₁g). Carretera Corrales – Tasco. Coordenadas: N= 1.140.690, E= 1.140.012, origen Bogotá.



3.4.2.6. Falla Los Tintos

Corresponde a una falla con componente vertical inverso de vergencia oriental, con rumbo NNE e inclinación aproximada de 50°, esta falla disloca el núcleo del anticlinal San Antonio a la altura de la quebrada Canelas para posteriormente su prolongación nororiental afectar el flanco oriental de la misma estructura.

Presenta una longitud de 15 Km. sin terminación dentro del bloque, su trazo en el área se aprecia desde el límite sur a 1.5 al oriente de Corrales hasta la falla El Salitre en cercanías de la confluencia de la quebrada Tuaté en el Río Chicamocha.

3.4.2.7. Falla Betéitiva

Falla de cabalgamiento que se desarrolla por la ruptura del eje del sinclinal Betéitiva en el sector norte, al sur la estructura se desvía hacia el oeste y afecta el flanco occidental del pliegue. Presenta rumbo y extensión igual al eje de la estructura sinclinal.

3.4.2.8. Falla Socha Viejo

Se trata de una falla inversa con vergencia occidental con rumbo SW – NE, que hace presencia en el sector oriental del área, afectando el flanco este del anticlinal La Chapa y algunos pliegues menores que se desarrollan en el sector.

Además se presentan fallas direccionales que en ocasiones poseen un componente vertical asociado, generalmente presentan un rumbo transversal u oblicuo con respecto a las estructuras mayores siendo las de mayor expresión las Fallas Otengá, El Salitre y Colacote.

3.4.2.9. Falla El Salitre

Falla con fuerte expresión en bloque yacente de la Falla Soapaga, desde donde parte en inmediaciones de la localidad de Cosgua hasta aproximadamente 4 kilómetros al norte del casco urbano del municipio de Paz de Río con rumbo SW - NE. Su componente principal es de rumbo con movimiento dextral observándose desplazamientos en la secuencia terciaria del flanco oriental del Sinclinal Betéitiva de aproximadamente 400 m. Se encuentra dislocada por acción de la falla Colacote que la desplaza entre 350 y 500 m, presentándose una influencia de componente vertical de tipo inverso desde este punto hasta su terminación norte.

3.4.2.10. Falla Colacote

Se aprecia en el margen izquierda del Río Chicamocha desde la Falla Soapaga en inmediaciones de la quebrada Colacote hasta la falla Paz de Río en cercanías a la población de igual nombre. Se presenta como una estructura direccional de movimiento dextral con desplazamiento de aproximadamente 350 m y rumbo WSW – ENE. Esta falla disloca la falla El Salitre aumentando el desplazamiento de la Formación Guaduas sobre la Formación Arcillas de Socha.

3.4.2.11. Falla Otenga

Falla direccional sinistral con rumbo promedio SW – NE, desplaza de 300 a 350 m la secuencia Terciaria aflorante entre las fallas de Soapaga y Canelas. Es claramente observable en la carretera Corrales – Tasco a la altura del sitio conocido como Peñas Blancas donde se aprecia el desplazamiento de la Formación Picacho (Figura 147). Su trazo va desde el sector de Buenavista

hasta su desaparición contra la falla Canelas un 1 Km. al SW de Puente Bolívar con una extensión de 5 Km. aproximadamente.

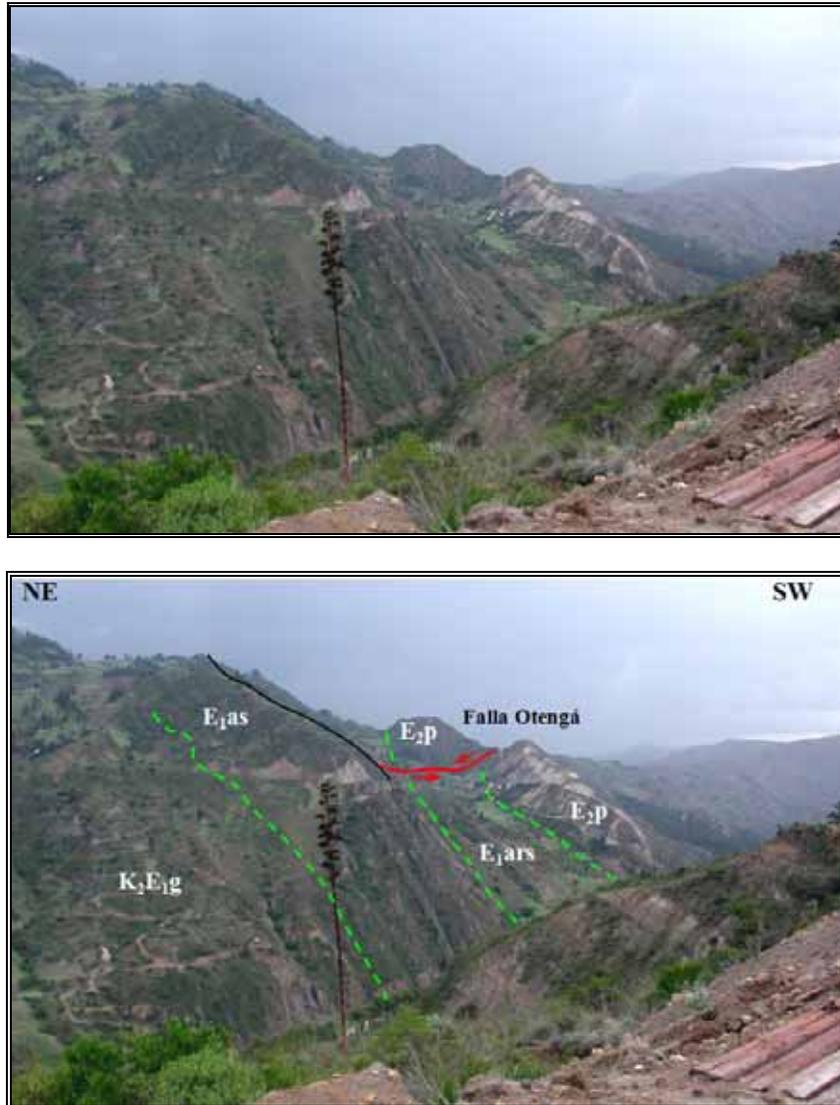


Figura 147. Estación: AB052, Fotografía: AB052 Tipo: Panorámica, Carpeta JU. Azimut: 180°-210°. Descripción: Desplazamiento de la Formación Picacho (E_{2p}) por acción de la Falla de Otengá que presenta movimiento direccional sinistral. La falla también afecta las formaciones Arcillas de Socha (E_{1ars}) y Arenas de Socha (E_{1as}), característica no observable en la foto. Coordenadas: N= 1.144.638, E= 1.140.707, origen Bogotá.

3.4.3. Análisis de Datos

El análisis estructural en este trabajo se realiza para tener una aproximación descriptiva principalmente, recomendando un trabajo mas específico si el objetivo es el modelamiento estructural mas detallado; teniendo como punto de partida para la comprensión del modelo el entendimiento e interpretación adecuada de los estilos estructurales que se asocian a las fallas del borde oriental del Macizo de Floresta.



Es de gran importancia también aclarar que el estudio de las deformaciones frágiles está en un estado aún moderado de conocimiento y que su aplicación a la evolución estructural de un área específica puede generar aún resultados con poca coherencia.

Los datos recolectados en campo en la realización de las travesías estructurales y complementados con los adquiridos en travesías cartográficas, fueron digitados y ordenados por sectores para un posterior graficación en redes estereográficas y análisis de sus implicaciones.

Se realizaron diagramas rosa correspondiente a rumbos con el programa Stereonet para cada sector de travesías estructurales y en algunos sectores para su asociación con ejes de plegamiento, teniendo como parámetros el color del gráfico, azul para las estratificaciones y foliaciones de rocas pre – Cretácicas, verde para planos de estratificación cretácicas, naranja para unidades terciarias y rojo para fracturas.

De los resultados se observa que los planos de estratificación (gráficos consignados en el texto y en el anexo 9) de las unidades tanto en la provincia del Macizo de Floresta como en la cobertura plegada del Alto de Pisba, poseen un rumbo paralelo y longitudinal a las estructuras generales del área, con esporádicas excepciones en las metamorfitas del macizo y algunas unidades donde el comportamiento dúctil les hace replegar y variar su rumbo.

Los datos de orientación de fracturas fueron graficados en diagramas rosa de rumbo en intervalos de clase de 5°, dándonos una idea de las orientaciones de las familias de diaclasas presentes en cada sector. Cabe aclarar que la toma de los datos en campo no fue totalmente sistemática debido a la metodología de realización propuesta, no siendo claro el propósito final de tal estudio. En el caso de análisis de fracturas para efectos de deformación conlleva un proceso más dispendioso, y el presente estudio no tiene ese alcance; por tal motivo y como se indicó anteriormente se presentan únicamente los diagramas rosa sin interpretación de su función cinemática o con una breve aproximación.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos, los cuales fueron agrupados por zonas numeradas de uno a siete presentándose de la primera a la quinta en el sector oriental del área y la dos últimas en la parte occidental del bloque., estas corresponden al área de influencia de las travesías estructurales, estableciendo dominios estructurales en cada una de estas de acuerdo a la edad de formaciones de roca. A partir de este análisis gráfico se intentará asociar estos dominios con patrones regionales en el área del bloque.

3.4.3.1. Zona 1

Sistema que corresponde a la zona nororiental del área, en la travesía 1, allí afloran rocas de las formaciones Girón y de la secuencia inferior del Cretácico en el bloque colgante de la Falla de Soapaga y la secuencia terciaria en el bloque yacente. En esta zona las unidades muestran estratificación paralela predominante con dirección SSW – NNE, las fracturas en el bloque colgante de la Falla Soapaga tanto en rocas Jurásicas como Cretácicas una familia predominante en dirección SSE – NNW, en el caso del cretáceo se aprecia otra familia con dirección SW – NE. Para el bloque yacente de la falla conformada por rocas Terciarias se aprecian claramente dos familias una paralela al rumbo de la estratificación y otra perpendicular a ella (Figura 148).

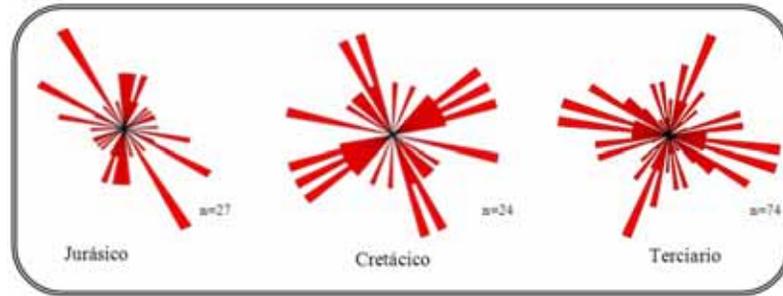


Figura 148. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 1

3.4.3.2. Zona 2

Esta zona corresponde al área de influencia de la trasecta estructural 5, en este sector se empiezan a presentar complicaciones estructurales, como es la aparición de pliegues y fallas direccionales e inversas. Al igual que la mayoría del área la tendencia de la estratificación no varía presentándose una dirección preferencial SSW – NNE, el comportamiento del fracturamiento muestra un patrón donde todas las rocas desde el Jurásico hasta el Terciario presentan una familia preferencial SE – NW, además en los segmentos comprendidos entre las fallas Soapaga y El Salitre y entre esta última y la falla Paz de Río se aprecia otra familia con orientación preferencial SW – NE (Figura 149).

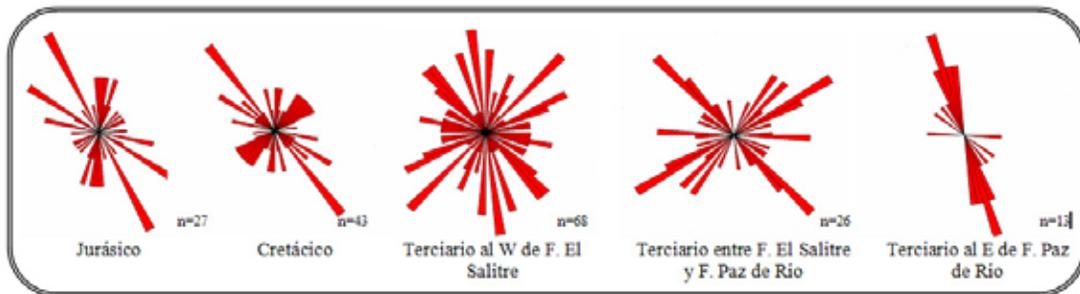


Figura 149. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 2

3.4.3.3. Zona 3

Sector correspondiente a la trasecta 8 y su área de influencia, al igual que en las zonas anteriores se aprecia una familia pedominante con dirección SE – NW con variación en el Terciario que conforma el sinclinal Beteitiva a SSE – NNW, que además presenta otra dirección predominante SW – NE (Figura 150).

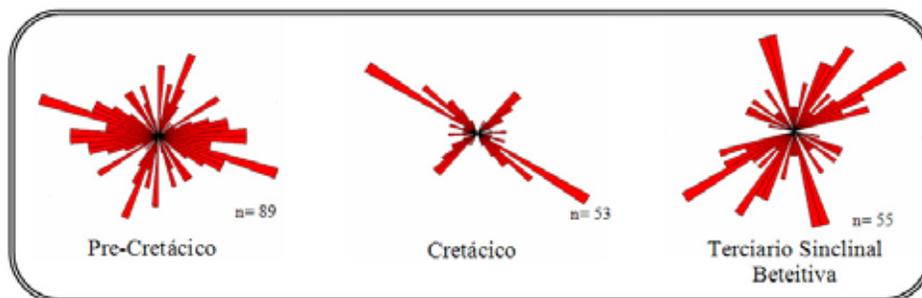


Figura 150. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 3

3.4.3.4. Zona 4

Sector de influencia de la travesa 9, los datos obtenidos en este sector presentan una fuerte dispersión, pero aún así se puede apreciar dirección preferencial SW – NE para todos los casos además de una orientación SE – NW para las unidades terciarias (Figura 151).

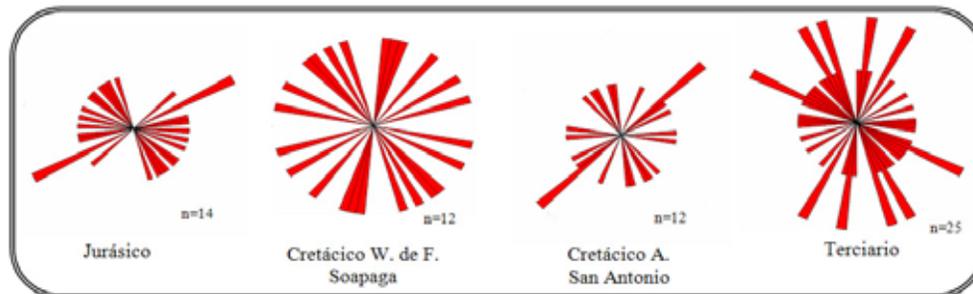


Figura 151. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 4

3.4.3.5. Zona 5

Asociado al área de influencia de la travesa estructural 11, en esta travesa afloran rocas cretácicas que componen el anticlinal San Antonio donde se aprecia una dirección preferencia SW – NE con oscilación a S – N, combinado se aprecia una familia con orientación ESE – WNW. Hacia el occidente en el bloque yacente de la falla Soapaga se encuentra la secuencia Terciaria que muestra un claro patrón, donde la dirección de rumbo predominante de las fracturas es SE – NW; en el bloque colgante de la Falla Soapaga la secuencia Cretácica también muestra dicho comportamiento. Las rocas metamórficas del macizo presentan una ligera dispersión pero con un predominio de dirección SW – NE (Figura 152).

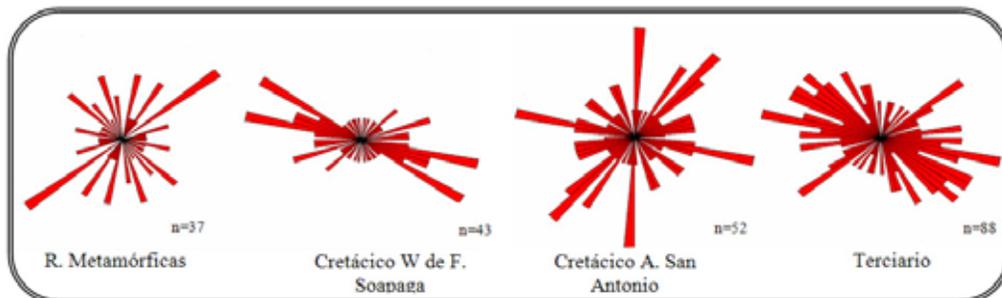


Figura 152. Diagramas rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 5

3.4.3.6. Zona 6 y 7

Corresponden a las travesas estructurales 13 y 14 respectivamente, ubicadas al occidente del macizo, la totalidad de los datos se recolectaron en unidades Cretácicas, allí el patrón es muy claro ya que se presentan dos direcciones preferenciales, una SE – NW y otra SW – NE., con ligeras dispersión en especial en la zona 7 (Figura 153).

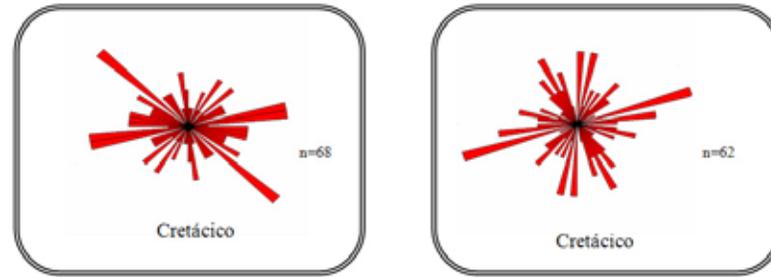


Figura 153. Diagrama rosa de rumbo de orientación de fracturas medidas en campo para la zona 6 y 7.

En términos generales se aprecian para casi todas las zonas dos direcciones preferenciales en la orientación del fracturamiento, la primera SE – NW con variación a SSE – NNW y otra SW – NE, , en una aproximación podríamos indicar que la mayoría del fracturamiento tiene su origen en separación por cizalla y que los movimientos asociados a estos son paralelos a las caras de las fracturas, en una pequeña hipótesis podríamos decir que las direcciones de acortamiento son paralelas a las direcciones preferenciales observadas gráficamente.

3.4.4. Direcciones Principales de la Deformación

Debido a la poca abundancia de planos de estrías, no fue posible hacer un análisis detallado y cien por ciento confiable de los datos; además el conocimiento de las deformaciones frágiles es poco coherente para integrarlas a la evolución estructural del área, pero se llega a una aproximación de ellas.

Para el análisis de deformaciones frágiles se utilizaron los datos de fallas con indicadores cinemáticos de deslizamiento, los cuales fueron evaluados en redes estereográficas por el método gráfico de Alexandrowski (1985) y posteriormente procesados en el programa FaultKinWin V. 1.2.2. (Allmendinger, 2001), este software presenta como resultado básico, después de integrar y analizar planos estriados, un promedio de las direcciones de ejes de compresión y tensión (la interfaz del programa visualiza T en las áreas grises y P en las blancas), estableciendo dihedros de acortamiento y alargamiento, calculando un porcentaje de fallas en cada sector. En este tipo de análisis que es esencialmente geométrico, no se separaron fallas con diferentes tipos de desplazamiento, analizándose combinaciones de fallas direccionales con fallas normales o fallas inversas.

Para el trabajo se realizó el proceso en cinco sectores en diferentes áreas del bloque donde se presentan datos de fallas con indicadores cinemáticos, estos corresponden a las localidades de Bura en el extremo noreste, Colacote en cercanías a la Quebrada Colacote aproximadamente 3.5 Km. al SW de Paz de Rio, en la localidad de Villa Franca, en cercanías de la Quebrada Buntúa y por último en la quebrada Canelas en el sector suroriental del area. Se presentan la representacion esteográfica de fallas y estrías además de los dihedros P y T para cada sector indicando las direcciones de acortamiento y alargamiento (Figura 154).

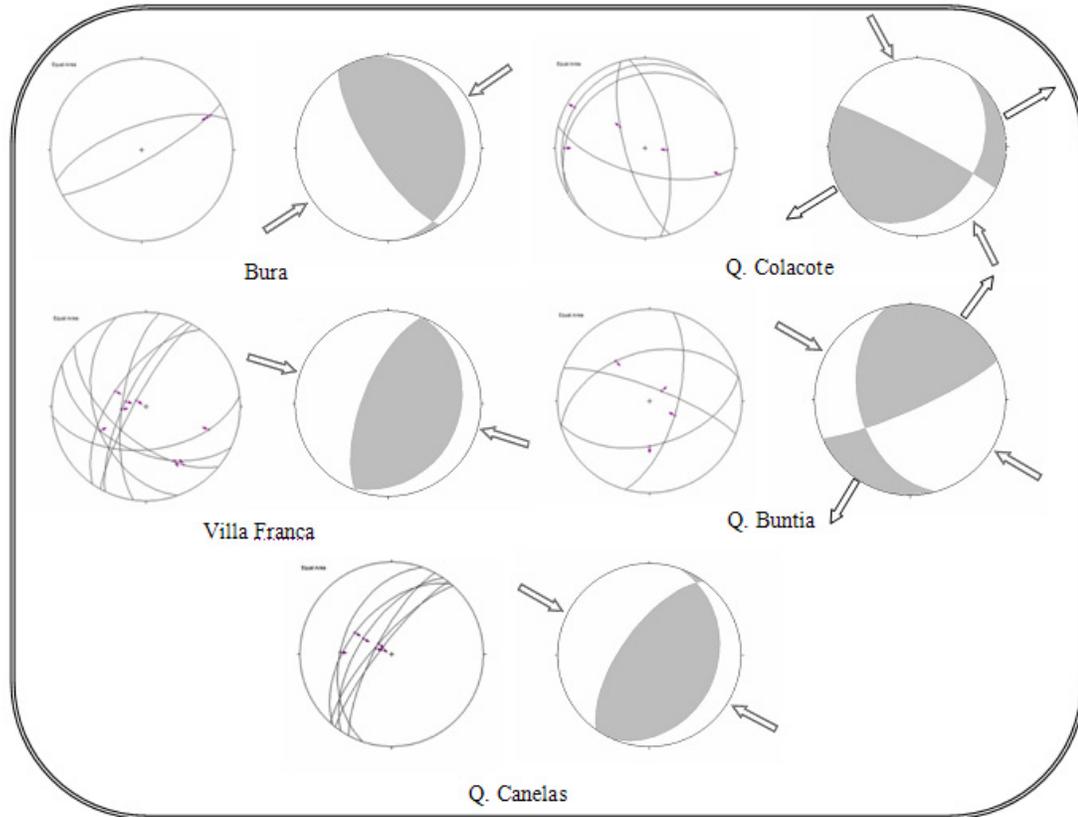


Figura 154. Representaciones estereográficas y dihedros P y T resultado de análisis de fallas con indicadores cinemáticos para cinco sectores en el área de trabajo.

En la localidad de Bura se aprecia compresión y dirección intermedia (fallas inversas), al igual que en las localidades de Villa Franca y Canelas; en las otras dos localidades se aprecia compresión y extensión (fallas direccionales) presentando un alargamiento nororiental, debido a la presencia predominante de fallas de rumbo, este alargamiento sigue el rumbo estructural del área.

Es evidente a partir de los resultados que la dirección predominante de compresión presenta rumbo NNW – SSE a NW – SE con consecuente alargamiento nororiental el cual es acorde con el rumbo estructural del área. La dirección secundaria de acortamiento NE – SW que puede corresponder o estar relacionada a las fallas direccionales de que cortan oblicuamente las estructuras mayores.

3.4.4.1. Elipses de Deformación

Debido a la no existencia de datos cuantitativos de deformación, los resultados distan considerablemente de los deseados, por tal motivo y apelando a la importancia que pueden llegar a tener los datos cualitativos, la elipse de deformación generada corresponde unicamente a un grafico donde se aprecian las orientaciones de los ejes de la elipse pero no tamaño ni forma exactos, estas han sido graficadas para cada sector donde han sido analizadas las deformaciones (Figura 155).

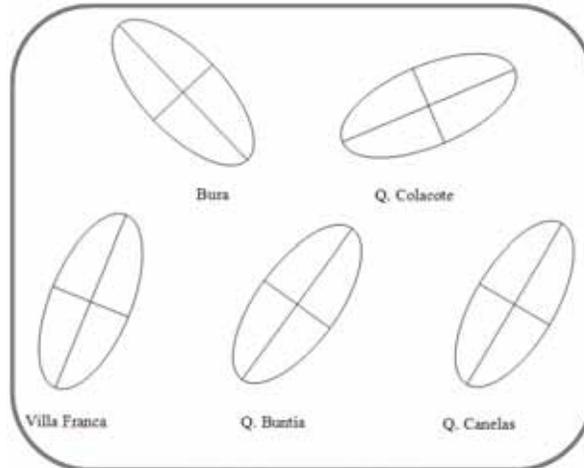


Figura 155. Orientación de los ejes en el plano horizontal de las elipses de deformación para cinco sectores en el area de trabajo.



4. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO

La zona trabajada se encuentra casi en su totalidad dentro de la Plancha 172 Paz de Río, publicada por INGEOMINAS en 1998 y de esta forma los resultados obtenidos en este estudio deben equipararse necesariamente con dicha Plancha. Por otra parte existe una amplia bibliografía la cual fue compilada en la Fase 1, a la cual se debe hacer referencia principalmente en los aspectos estratigráficos ya que para la región existen varios trabajos generales y especialmente particulares relativos a formaciones específicas.

En la información recopilada se encontraron varios informes con énfasis en la geología estructural que dan una idea general de los diferentes eventos tectónicos que afectaron y afectan las unidades litológicas, algunos de los cuales delinearon el comportamiento de los principales rasgos estructurales de la zona.

La información sobre pozos perforados en el área o cerca de ella se relaciona únicamente con el Pozo Corrales 1, situado muy cerca del extremo meridional del área trabajada ya que no se pudo obtener datos de otros pozos

Los principales aspectos a tratar en este capítulo están relacionados directamente con la estratigrafía y para su discusión se hace referencia en primer término a las rocas que constituyen el Macizo de Floresta, formado por rocas cuya edad varía desde el Precámbrico hasta el Jura-Triásico y posteriormente se hará referencia a los sedimentos Cretácico-Terciarios que se encuentran al oeste y este del Macizo, haciendo especial hincapié en este último sector ya que los trabajos de campo detallados se hicieron sobre él.

4.1. EL MACIZO DE FLORESTA

Los trabajos de campo de esta zona se hicieron siguiendo una serie de traversas determinadas por la ANH y por algunas traversas supletorias determinadas durante los trabajos de campo. Lo anterior implica que las formaciones que afloran en el Macizo no tuvieron un control cerrado ni se hicieron levantamientos estratigráficos de detalle.

Las rocas más antiguas del Macizo corresponden al Neis de Buntia el cual se cartografió en el sector al sur de Otengá con una extensión un poco diferente a la que presenta el mapa de INGEOMINAS, pero sin precisar su composición y sin obtener detalles de dicho cuerpo.

Siguiendo en escala ascendente de edades se encuentran, después del neis nombrado, afloramientos amplios de rocas metamórficas de bajo grado que INGEOMINAS agrupa como Formación filitas y esquistos cordieríticos de Busbanzá subdividida en dos miembros: Filitas de Ometá, en la base y Esquistos de Otengá, hacia la Parte superior. Los controles de campo siguiendo traversas, no permitieron establecer estos dos últimos miembros pues aparentemente su separación solo puede hacerse con controles de campo muy cerrados y con estudios petrográficos, de tal forma que en el mapa geológico realizado, se agruparon las rocas metamórficas bajo una sola formación denominada Filitas y Esquistos de Busbanzá, presentándose así una diferencia con el mapa de INGEOMINAS. Cabe además destacar que en las descripciones de estas rocas, en trabajos anteriores al de INGEOMINAS, y específicamente en el trabajo de CEDIEL (1969), se indica la presencia de neises dentro de estas rocas, los cuales no fueron encontrados considerando que la apariencia néisica de algunos afloramientos de esquistos, pudieron incidir en las apreciaciones del autor citado. Finalmente dentro de las rocas metamórficas se presenta un cuerpo de alguna extensión



ligado a la Falla de Soapaga, que INGEOMINAS denomina Cataclastitas de Soapaga, cuerpo que fue controlado sobre la vía Paz de Río- Belén, y cartografiado con pequeñas variaciones areales con relación al mapa de Paz de Río.

Las rocas metamórficas señaladas, se presentan intruídas por varios cuerpos ígneos de dimensiones diferentes. En esencia estos cuerpos corresponden a los cartografiados por INGEOMINAS, pero existen algunas diferencias en su extensión principalmente la Cuarzomonzonita de Santa Rosita.

En lo relacionado con las formaciones sedimentarias que forman el núcleo del Macizo de Floresta, de edad Paleozoica, como son las formaciones Tibet, Floresta y Cucho, las descripciones en este trabajo son muy someras pues su control fue espaciado a lo largo de traversas, resaltando solo el hecho de que su distribución areal es algo diferente de la que presenta el mapa de Ingeominas.

Finalmente las formaciones La Rusia y Girón que se superponen a las rocas citadas anteriormente, conservan casi intacta su distribución con relación a la de INGEOMINAS. Se pudiera destacar el hecho de que dentro de la Formación Girón se encontraron cuerpos intrusivos ácidos en el borde oriental del Macizo de Floresta. Ya en un trabajo anterior de Kammer (1996), se habían citado estos cuerpos intrusivos lo cual hace pensar al último autor citado, que estos afloramientos pudieran corresponder a formaciones por debajo del Girón como la formación Jordán de Santander, ya que el Girón en su localidad tipo no presenta intrusiones.

4.2. SECTOR ORIENTAL DEL MACIZO DE FLORESTA

Afloran rocas del Cretácico y Terciario las cuales fueron objeto, en su mayoría, de trabajos estratigráficos de detalle.

Se considera en principio que toda la sedimentación Cretácica del sector se hizo sobre una plataforma con alguna estabilidad lo cual repercute en la constancia de las formaciones cartografiadas por áreas muy extensas, en contraposición con la sedimentación Cretácica al occidente del Macizo, que es más espesa y fue depositada seguramente sobre zonas falladas que determinan fosas con bordes abruptos.

La base del Cretácico, en este sector oriental, está representada por la Formación Tibasosa, la cual fue creada al occidente del Macizo de Floresta. Esta formación no se estudió a fondo pero los controles efectuados dejan ver diferencias con la sección tipo, principalmente en lo relacionado con la presencia de conglomerados basales que son importantes al occidente, en tanto que al oriente estos no aparecen o están representados por bancos de arenisca de grano muy grueso a ligeramente conglomerático como puede verse en la sección Corrales – Busbanzá. En este último sector y formando una franja de dirección noreste, la formación está invertida. En el presente trabajo la formación se cartografió como una única unidad, a diferencia de la cartografía de INGEOMINAS que la subdivide en dos miembros.

La formación Tibasosa está superpuesta por un grueso paquete con predominio marcado de arenitas que han recibido en la zona el nombre de Formación Une, el cual se respeta en la cartografía de este trabajo. Cabe si indicar que aquí aparece una primera mezcla de nomenclaturas estratigráficas ya que esta última formación es típica del oriente de la Sabana de Bogotá en donde no aparece la formación Tibasosa o por lo menos no se denominan así los sedimentos que infrayacen al Une. Por otra parte se debe resaltar el hecho de que el espesor de la formación en este sector, de solo 206 m. contrasta notoriamente con el espesor en la localidad tipo que puede ser de unos 500 m. La bibliografía sobre esta formación indica que es típica del borde oriental de la cordillera Oriental,



sobre el cual aparece con prolongaciones muy al norte y presentando siempre una reducción de espesor de oriente hacia occidente.

Por encima de la Formación Une, aparece en el área una secuencia netamente arcillosa, con intercalaciones menores de calizas, a la cual se le ha dado el nombre de Formación Chipaque, conservando la nomenclatura del oriente de la Sabana de Bogotá. La cartografía y la sucesión litológica son casi idénticas a la que presenta INGEOMINAS en la Plancha de Paz de Río. No se encontró una secuencia completa de la formación, y las secciones obtenidas no encontraron un nivel guía para su correlación. Es importante destacar que en las secuencias levantadas no se encontró ninguna caliza con *exogyra squamata* que constituyen niveles muy característicos de la formación.

Superponiéndose a la formación Chipaque aparece un conjunto con predominio de limolitas silíceas en capas delgadas a medias, arenitas, algunas pocas intercalaciones de chert, niveles fosfáticos y alguna caliza, conjunto denominado Formación Plaeners, nombre tomado igualmente de la nomenclatura de la Sabana. El conjunto tiene un espesor de unos 140 m en el área. Lo primero a resaltar en esta formación es el hecho de que su composición litológica dista mucho de la composición de la formación la Luna con la cual se le ha querido comparar en el área, observándose en la secuencia muy poco contenido de capas de chert los cuales son muy conspicuos en dicha formación. Un segundo hecho a resaltar es la presencia hacia el tope de la secuencia de un nivel de unos 8 m de arenitas que pudieran corresponder a los 15 m de arenitas que según Ulloa (2002), en una secuencia muy próxima a la levantada por GeoesTudios, correspondería a la Formación Labor de la Sabana, lo cual es poco probable.

Superponiéndose a la Formación Plaeners en el área, aparece un conjunto que hacia la base es eminentemente lodoso, con algunas intercalaciones de calizas con abundantes restos de conchas y que hacia el techo presenta un nivel importante de arenitas de unos 50 m de espesor. A este conjunto se le ha dado el nombre de Formación Los Pinos en el mapa de INGEOMINAS, denominación que se respeta en el presente trabajo, si bien aquí aparece nuevamente una mezcla de nomenclaturas. Importante a señalar en este conjunto es la presencia cierta de un nivel de arenitas en la parte superior de la Formación de unos 50 m de espesor, con abundante glauconita, separado de las arenitas de la Formación Arenisca Tierna por unos 50 m de arcillolitas, nivel que si pudiera corresponder a la Formación Labor ya que estratigráficamente se podría equiparar a la secuencia del oriente de la Sabana de Bogotá.

Por encima de los Pinos en el área aparece la Formación Arenisca Tierna la cual no ofrece problemas de correlación dentro del área con otros trabajos del área y luego culmina el Cretácico con la Formación Guaduas igualmente sin problemas de correlación y con mantos de carbón importantes lo cual la hace fácilmente reconocible.

Por arriba del Guaduas aparece el Terciario continental con las formaciones Areniscas de Socha, Arcillas de Socha, Picacho y Concentración. Estas formaciones tienen su sección tipo en el área y no ofrecen problemas de correlación destacándose los niveles arenáceos de la Arenisca de Socha y el Picacho, que forman crestas morfológicas muy conspicuas. Solo merece indicarse que a las Areniscas de Socha se les denominó inicialmente Socha Inferior y a las Arcillas de Socha, Socha superior, nombres que fueron cambiados para cumplir con los preceptos de la nomenclatura estratigráfica internacional.

La nomenclatura del Terciario es propia de la región de Paz de Río y fue creada por Alvarado y Sarmiento (1944).



4.3. SECTOR OCCIDENTAL DEL MACIZO DE FLORESTA

En esta área afloran únicamente rocas de la base del Cretácico, con las formaciones Tibasosa, Une, chipaque y algún afloramiento menor de la formación Plaeners. La cartografía realizada de este sector no difiere mayormente de la presentada por INGEOMINAS. Se destaca solo la presencia de un pequeño afloramiento de la Formación Plaeners no reportado en el plano de INGEOMINAS. En general las formaciones están altamente meteorizadas y no ofrecen afloramientos importantes que permitan obtener secuencias representativas.

4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En lo relacionado con la geología estructural del área de estudio y zonas adyacentes hay, al igual que para la estratigrafía, varios informes con énfasis en la geología estructural que dan una idea general de los diferentes eventos tectónicos que afectaron y afectan las unidades litológicas, algunos de los cuales delinearon el comportamiento de los principales rasgos estructurales de la zona. Se pueden mencionar algunas apreciaciones que compartimos con los trabajos de: CEDIEL (1969) quien señala que el Macizo de Floresta es un anticlinal (post-terciario) delimitado por dos fallas (Boyacá - Soapaga); el de CARDOZO, N. & ZÚÑIGA, J., (1994) sobre la Falla de Soapaga en el que reconocen un plano buzante al W, con alto ángulo (50 grados), y una geometría cóncava hacia arriba; el de TABOADA, A., SALAMANCA, H., ZÚÑIGA J. & FAJARDO G. (1996) donde plantean que las Fallas de Soapaga y de Boyacá son fallas de basamento que fueron inicialmente normales y después se invirtieron, el de CASTELLANOS, G. & GARCÍA (1997), denominado “Modelamiento Geofísico de la Falla de Soapaga”, en el cual señalan que las anomalías gravimétricas medidas son un reflejo de un fuerte contraste de densidades a ambos lados de la Falla de Soapaga, evidenciando un ángulo de fallamiento alto (aprox. 75°), el de VELOZA, BAYONA, RAPALINI y otros (2005) en el que se plantean hipótesis sobre traslación hacia el norte de los terrenos ubicados al W de la Falla de Bucaramanga durante el Jurásico Temprano y Medio, sustentado en el paleopolo geomagnético virtual del Cratón Suramericano y rotaciones asociados a fallas normales e inversas en sentido horario, en el Macizo de Floresta y finalmente con el artículo de KAMMER, A., (1996) “Estructuras y Deformaciones del Borde Oriental del Macizo de Floresta” en el cual se tratan las Fallas de Soapaga, Corrales, Paz de Río, Cerro Culata y las deformaciones frágiles, las cuales son plasmadas en un mapa estructural y en 6 cortes geológicos (desde Gámeza hasta Paz de Río) que ayudaron al entendimiento estructural regional.

4.5. GEOLOGÍA DEL PETROLEO

Las rocas arcillosas del Cretácico agrupadas dentro de las formaciones Tibasosa, Chipaque, y Plaenners son por su constitución y contenido en materia orgánica posibles rocas generadoras. Estudios de geoquímicos de la formación Tibasosa como pirólisis, cantidad de materia orgánica, reflectancia de la vitrinita, indican que la formación como fuente generadora es pobre y que el tipo de materia orgánica indica más bien rocas generadoras de gas.

Algunos trabajos preliminares sobre madurez termal de la materia orgánica relacionados con la generación de hidrocarburos (reflectancia de la vitrinita, índice de alteración termal, temperatura máxima de pirólisis), en los sedimentos del Cretácico al oriente de la Falla de Soapaga, (Guiza, S. & Camargo G. 1996), incluyen sedimentos de la formación Chipaque, e indican que son maduros, de acuerdo con los datos de temperatura máxima obtenida por pirólisis; maduros a sobre maduros



teniendo en cuenta los resultados del índice de alteración termal, y que se encuentran en etapa de destrucción de aceite, teniendo en cuenta los análisis de reflectancia de las vitrinitas.

Hay algunos trabajos sobre las arcillolitas y cherts de la Formación Plaeners que indican posibles fuentes generadoras de hidrocarburos líquidos y lo mismo sucede con las arcillolitas de la Formación Los Pinos.

En cuanto hace relación a la roca almacén las secuencias arenosas como la Formación Une, arenitas del techo de la Formación Pinos, Arenisca Tierna, Areniscas de Socha y Picacho, son indudablemente las posibles rocas almacén. Las observaciones de campo sobre las arenitas de la Formación Une muestran una seria disminución de la porosidad y permeabilidad por cementación silícea observada como crecimiento de la sílice y por compactación manifiesta por la presencia de estilolitas.

Las arenitas de los Pinos y de la Arenisca Tierna tienen cierta posibilidad de ser rocas almacén importantes, si se considera su relativa poca compactación y la presencia abundante de glauconita que pudieran permitir un aumento en la porosidad y permeabilidad. Estas arenitas tienen como factor negativo la presencia de cemento arcilloso.

Las arenitas del Terciario (Areniscas de Socha y Picacho), son indudablemente las principales rocas almacén del área. Primordialmente se consideran de óptimas condiciones de las arenitas de la Formación Picacho dentro de las cuales se encontraron la gran mayoría de los manaderos de petróleo.

Como rocas sello se consideran todas las arcillolitas y lodolitas de las Formaciones Chipaque, Plaeners, Pinos, Guaduas, Arcillas de Socha y Concentración.



5. CONCLUSIONES

Se realizaron en total 41 transectas de diferente tamaño, discriminadas en 33 cartográficas y 8 estructurales para un cubrimiento lineal de 279 Km., valor superior al propuesto inicialmente y que da una densidad de datos amplia dando como resultado un producto más confiable. La mayor parte del kilometraje realizado corresponde al sector oriental del área por presentar ella un mayor interés en la prospección de hidrocarburos, sin dejar a un lado el sector occidental de tal manera que se pueda realizar una cartografía confiable de las formaciones propias del Macizo de Floresta, como son las rocas metamórficas, ígneas intrusivas, y sedimentarias pre Cretácicas.

Las rocas metamórficas se agruparon en una sola unidad dado que las divisiones de los esquistos y filitas que afloran, requieren estudios de detalle para su separación. Por otra parte los límites establecidos por Ingeominas (1998) para separar los Esquisto y Filitas de Busbanzá en dos miembros: Esquistos de Otengá y Filitas de Ometá, no son muy claros ni en la fotogeología ni en el campo.

Los límites cartografiados para las rocas ígneas intrusivas sufrieron algunas modificaciones en su extensión y expresión con relación a los descritos en la Plancha 172 de Paz de Río (1998). Específicamente la Cuarzomonzonita de Santa Rosita, se modificó en su contacto con la Formación Tibet.

La distribución areal de las Formaciones Tibet, Floresta y Cuche, sufrió algunos cambios con relación a la cartografía de Ingeominas, apoyada por el control de campo realizado.

Los datos litológicos de las diferentes formaciones Pre-Cretácicas, tomados en las estaciones de campo, confirman su composición y sólo algunas observaciones merecen citarse como la no presencia de neises dentro de las formaciones metamórficas como se cita en algún trabajo sobre el Macizo de Floresta.

La Formación Tibasosa, base del Cretácico en el área de trabajo, se cartografió como una sola unidad. En los controles de campo se pudieron distinguir algunos de los miembros establecidos por Renzoni (1981), en la localidad tipo, pero por facilidad cartográfica no se insistió en dichas divisiones.

Con relación a las unidades del Cretácico, por encima de la Formación Tibasosa; y a las del Terciario, exceptuando la Formación Concentración, se levantaron secuencias detalladas en el sector oriental del Macizo de Floresta y se hicieron controles cerrados de las primeras, al occidente del mismo Macizo.

Se describieron 10 secciones estratigráficas con un total levantado de 2558 metros, cubriendo por completo las unidades exigidas en los términos de referencia. Las secuencias levantadas en su totalidad (base a techo) fueron las formaciones: Une, Plaeners, Arenisca Tierna, Guaduas, Areniscas de Socha, Arcillas de Socha y Picacho y parcialmente las formaciones Chipaque y Pinos, si bien de ellas se obtuvieron secciones que permitieron tener una buena descripción de su litología y una buena aproximación del espesor. De dos formaciones Terciarias se obtuvieron secciones dobles; de las Arcillas de Socha se obtuvo una sección en la vía del Ferrocarril de Paz de Río y otra en la carretera Corrales Tasco. De la Formación Picacho se obtuvieron dos secuencias sobre la línea férrea, una frente de a Tasco y la otra un poco al norte de la Población de Corrales en el sitio Puente Cajones. En las diferentes secciones se identificaron las facies presentes y con su análisis se interpretó el ambiente de depósito de cada formación.



Tanto en el levantamiento cartográfico como estratigráfico se realizó paralelamente la colección de muestras de roca, superando ampliamente la cantidad exigida por la ANH; en total para la fase de cartografía se colectaron 132 muestras y en la fase estratigráfica 551.

En la colección de muestras de hidrocarburo fluido o roca impregnada se presentaron algunos inconvenientes, todos relacionados con la ubicación de las localidades propuestas inicialmente, ya que muchos de los sitios sugeridos no presentaron fluido o roca impregnada o la localidad estaba relativamente lejana del punto referido. Nuevas localidades fueron muestreadas, las cuales fueron debidamente ubicadas. En total se colectaron 25 muestras: 17 de roca impregnada y 8 de fluido, las cuales pertenecen a arenitas de la Formación Picacho.

Las lecturas de rayos gamma se realizaron siguiendo los parámetros indicados en los términos de referencia de la A. N.H, sobre todas las secuencias levantadas. Los resultados muestran patrones de respuesta característico para cada unidad, las arenitas de la Formación Picacho presentan rangos dentro 50 – 172 y 55 – 191, normales en litologías mayoritariamente arenosa. En la Formación Arcillas de Socha, los valores están en el 71 – 334, la Arenisca de Socha presenta un patrón de respuesta en el rango de valores: 61 – 226 y 72 – 213. El patrón de respuesta radioactiva en la Formación Guaduas presenta lectura entre 98 y 262. Aunque de forma generalizada se observa en la gráfica que la mayoría de la curva tiene valores superiores a 100 y cercanos a 200. En la Formación Arenisca de Tierna, valores de las arenitas en general fueron mucho más altos de lo esperado para este tipo de litología, cuyo mínimo valor fue 89 y el valor máximo 386 en limolitas, presentes en la parte media de la unidad. La Formación Los Pinos, presenta lecturas cercanas a 150 (arenitas) y cercanas a 200 (arcillolitas y limolitas). La Formación Plaeners presentó valores que oscilaron entre 150 y 200. La Formación Chipaque compuesta principalmente por arcillolitas tuvo un patrón de respuesta radioactiva general entre los valores de 200 a 300 y en algunas ocasiones superó este valor; en las calizas tuvo los valores mínimos (119). En la parte inferior de la Formación Une, se reportan arenitas con valores cercanos e inferiores a 100; en la parte media y superior crece el contenido de materiales finos, lo cual incrementa los valores en las lecturas de gama ray, pasando de 200 y en pocas ocasiones llega cerca de 300.

A pesar del gran tectonismo reflejado en el área, no se infiere un entrapamiento importante para la acumulación de petróleo, debido a que las estructuras y las unidades de roca almacenadoras y sellos que las conforman están expuestas.

Estructuralmente el área presenta dos provincias tectónicas bien diferenciadas, con características particulares para cada una, el Macizo de Floresta corresponde a una estructura longitudinal en sentido NNE – SSW limitado por fallas inversas producto de inversiones tectónicas en la misma dirección, siendo ellas las fallas de Boyacá y Soapaga, presentando una tectónica de escamación gruesa. En el bloque yacente de la falla de Soapaga se encuentra la otra provincia que corresponde a una cobertera Cretácica y Terciaria con tectónica de escamación delgada.

Los resultados adquiridos en la fase de campo relacionados a datos estructurales fueron procesados y graficados para obtener patrones y familias de planos de estratificación, diaclasas y fallas con el objetivo de caracterizar dominios y estructuras presentes en el área. Los patrones de planos de estratificación se asociaron principalmente a estructuras plicativas y a su comportamiento en los bloques que componen las fallas con mayor expresión. Los planos de fracturas fueron graficados sin ningún tipo de corrección en diagramas rosa para visualizar su comportamiento, pero se aclara que los datos obtenidos en campo no conllevan una toma sistemática que haga de ellos una información totalmente confiable.



Los análisis estructurales de deformaciones frágiles es una herramienta de gran ayuda, pero su conocimiento aún está restringido y las interpretaciones dadas de estos no se pueden aplicar totalmente a la evolución estructural de un área, ya que puede conllevar a resultados con moderada coherencia. En el presente trabajo la calidad de los resultados no es la óptima como sería lo deseado debido a la poca cantidad de registros cuantitativos, así que los obtenidos nos dan un acercamiento a un modelo geométrico. Para la obtención de un modelo más detallado se recomienda realizar estudios más profundos y destinados casi específicamente a ese propósito. Sin embargo a partir de estos estudios se logró obtener las direcciones de acortamiento, una principal con orientación NNW – SSE a NW – SE y una secundaria orientada NE – SW.



6. RECOMENDACIONES

Dentro de la secuencia estratigráfica de la Formación Los Pinos, se encontró, hacia la parte superior, un nivel de arenitas importante de unos 60 m de espesor, que podría ser interesante como roca almacén.

El nivel está constituido por arenitas feldespáticas hacia la base, con un horizonte de uno 9 m. de arcillolitas negras laminadas, con intercalaciones de limolitas y algún nivel delgado de arenita, y hacia arriba hay un predominio de arenitas en capas gruesas a muy gruesas, tabulares, con laminación que varía de inclinada de bajo ángulo a ondulada, plano paralela, con abundante glauconita, bioturbadas, con porosidad visual buena, con cemento silíceos y arcilloso. Este paquete superior tiene un espesor de cerca de 40 m y solo se observan delgadas capas de limolitas grises muy esporádicas

De la sucesión se hizo un levantamiento detallado que aparece en la Columna Estratigráfica 3 Loma El Tahúr, municipio de Tasco. En dicho levantamiento se tomaron 20 muestra de arenitas (Muestras C3JR001 a C3JR 24 excluyendo los números C3JR003, 004, 007 y 016) y 4 muestras de arcillolitas que corresponde a los números excluidos inmediatamente atrás. De las primeras se ordenó análisis petrofísico y de las segundas análisis bioestratigráficos.

En concordancia con lo anterior se recomienda tener especial atención en los análisis petrofísicos que se solicitaron en las muestra enviadas al laboratorio por cuanto ellos pueden dar claridad sobre las condiciones de roca almacén de este nivel del techo de la Formación Los Pinos.

La Formación Los Pinos, tiene su localidad tipo muy cerca del límite noreste del área estudiada, Ulloa (2002) y se extiende con cierta amplitud hacia el sur, superpuesta hacia el occidente por rocas del Cretácico más superior y Terciario, las cuales presenta una zona amplia replegada y con algunas fallas al suroccidente de la localidad Los Pinos e inmediatamente al oriente de la zona estudiada.

Se recomienda estudiar detalladamente la formación Los Pinos, en su sección tipo y hacia el norte y sur de dicha sección, con el objeto de precisar sus características litológicas en este sector, y extender la cartografía geológica hacia el este de la zona trabajada en este informe.

A pesar del gran tectonismo reflejado en el área, no se infirió un entrapamiento importante pues las estructuras y las unidades que las conforman están expuestas y en especial las formaciones almacenadoras y sellos. En el sector las trampas estarían relacionadas a estructuras plegadas y falladas; estructuras generadas por una primera fase de deformación y que son afectadas posteriormente por varios eventos de deformación. Rasgos de la primera etapa de tectonismo que no están expuestos en el sector pero que podrían evidenciarse más al oriente, Además, hacia el oriente la secuencia cretácica aumenta su espesor siendo propicio para generación de estructuras de importancia para la industria del petróleo. Con base en las anteriores apreciaciones se recomienda estudiar con detalle el área oriental contigua al sector estudiado, hasta el área donde afloran las unidades más inferiores del cretáceo, cerca de 15 Km al Este del límite oriental del área.



7. BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1944. Informe geológico sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la Región de Paz de Río. Departamento de Boyacá. Serv. Geol. Nal. Informe 468 inédito. 132 p. Bogotá
- ALZATE D.J.C. & BUENO V.M. 1994. Análisis Estratigráfico Secuencial de las Rocas Cretácicas de la Parte Oriental del Departamento de Boyacá, Municipios de Sogamoso, Belencito y Aquitania
- BARBOSA O.W. & SANTAMARÍA M.L.E, 1994. Estratigrafía Secuencial del Grupo Guadalupe en un área entre Iza y Paz de Río, Departamento de Boyacá. Departamento de Geociencias U. Nal. de Colombia. Bogotá
- BAYONA G., RAPALINI A.E., CONSTANZO A.V., ALDANA M., MONTES C., AYALA C.R.C., GÓMEZ C.M. & SILVA, C VELOZA G. 2005. Rotaciones y Traslaciones de Bloques Tectónicos Definidos por Paleomagnetismo en Rocas del Mesozoico de Colombia. X Congreso Colombiano de Geología.
- BAYONA, G., JARAMILLO, C., LLINÁS, R., CORTÉS, M. 1995. Secuencia clástica del Paleógeno en el Sinclinal del Tunja (Boyacá), y sus implicaciones en la evolución de la Cordillera Oriental de Colombia. 3679666. Corporación Geológica ARES. Bogotá
- BOTERO, G. 1950. Reconocimiento geológico del área comprendida entre los municipios de Belén, Cerinza, Floresta, Nobsa y Santa Rosa de Viterbo. Dpto. de Boyacá. Ingeominas. Informe 534. CEGOC, 8:244-311. Bogotá.
- BURGL., H 1957. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Inst. Geol. Nal. Bol. Geol. 5(2). Bogotá
- CARDOZO, N. & ZÚÑIGA, J. 1994. Análisis Estructural de las Zonas del Bloque Colgante (Hanging Wall) y Bloque Yacente (Foot Wall) de la Falla de Soapaga entre Corrales y Paz de Río Departamento de Geociencia U. Nal. de Colombia. Bogotá
- CARREÑO R.M.F. & DELGADO N.J.G. 1991. Evaluación geológica Preliminar del Área carbonífera entre Socha – Socotá. U. Nal Colombia Dpto. Geociencias. Bogotá
- CASTELLANOS G.V.H. & GARCÍA Y M.L.G. 1997. Modelamiento Geofísico de la Falla de Soapaga
- CEDIEL F 1969. Geología del Macizo de Floresta. I CongresoCol. Geol. Mem. 17-29
- CÉSPEDES C. S. & PEÑA Z.L., 1995. Relaciones Estratigráficas y Ambientes de Depósito de las Formaciones del Terciario Inferior Aflorante entre Tunja y Paz de Río (Boyacá). Departamento de Geociencias, U Nal Colombia, Bogotá
- COLLETA, B., HEBRARD, F., LETOUZEY, J., WERNER, P. & RUDKIEWICZ, J. 1990. Tectonic Style and Crustal Structure of the Eastern Cordillera (Colombia) from a Balanced Cross Section. In: Letouzey, J. (ed), Petroleum and Tectonics in Mobile Belts, Ed. Technips, Paris, 81-100.
- COOPER, M.A. et al. 1995. Basin Development and Tectonic History of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and the Middle Magdalena Valley, Colombia. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist, v. 79, p. 1421-1443.
- CUEVAS W.R.D. & SÁNCHEZ O., J. 1991. Análisis Estratigráfico de una Sección de la Formación Floresta a lo largo del Río Pargua entre los Municipios de Belén, Tutasá y Paz de Río en el Departamento de Boyacá.



- DENGO, C.A. & COVEY, M. C. 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap Styles and Regional Tectonics. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, v. 77, p. 1315-1337.
- FABRE, A. 1986. Geología de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia) Tesis doctorado, Fac. Sciences, U. de Genève.
- FONSECA N.L.F. & MESA G. 1995. Comparación Facial entre la Formación Une al Noreste y Sureste de la Falla de Soapaga en Cercanías de Sogamoso, Departamento de Boyacá. Departamento de Geociencias, U. Nal. de Colombia. Proyecto de Grado. Bogotá
- FRANCOLIN JOAO, B., L. 1995. The habitat of petroleum of the Tunja-Soapaga area, upper Magdalena basin, Colombia: Geochemical Characterization of oil seeps and potencial source rocks. 3679892
- GALLOWAY, W., E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *American Association of Petroleum Geologists. Bulletin* 73. Tulsa.
- GEOESTUDIOS LTDA. 1990. Bloque Paz de Río
- GEOESTUDIOS LTDA. 1990. Bloque Socotá
- GOLDSMITH, F, MARVIN, R. & MEHNERT, H. 1971. Radiometric ages in Santander Massive, Eastern Cordillera, Colombian Andes. U.S. Geological Survey Professional Paper. 750-D, D44-D49.
- GUATAME A., R.A. & LARA G., H., Y. 1995. Análisis Geoquímico de las Formaciones Prealbiana Fómez y Tibasosa en un área al Norte de Tunja entre los municipios de Pesca, Nobsa, Santa Rosa de Viterbo, Belén y Betétiva. Departamento de Geociencias U, Nal Colombia. Proyecto de grado. Bogotá
- GUERRERO, J. & SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía Física, Palinología, Sedimentología y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. *Geol. Col* N° 20. U. Nal Colombia. Bogotá
- GUIZA G.S.Y. & MENDIVELSO C.F.J. 1995. Evaluación Geológica y Geoquímica de las Unidades del cretáceo Superior, como Posibles Rocas Generadoras de Hidrocarburos, en el área Comprendida entre Tunja y Paz de Río, Boyacá (Colombia). Dep. Geociencias. U. Nal Colombia. Proyecto de Grado. Bogotá
- GUIZA G.S.Y. & CAMARGO G. 1996. Madurez Termal en algunos Sectores de la Cuenca de la sabana de Bogotá y su Posible Relación con Características Estructurales. VII Congreso Colombiano de Geología. Tomo III.
- GUIZA G.S.Y., BARBOSA W., PEÑA L. & DÍAZ M. 1996. Caracterización Estratigráfica, Estructural y Geoquímica de la Zona Comprendida entre Tunja y Paz de Río (Boyacá). VII Congreso col. Geología. Tomo III
- HETTNER, A. 1892. Die Kordillere von Bogotá. *Peterm. Mitt., Erg.*, 22(104)
- HUBACH, E. 1957a. Estratigrafía de Sabana de Bogotá y alrededores. *Inst. Geol., Nal., Bol. Geol.*, 5(2). Bogotá
- HUBACH, E. 1957b. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. *Inst. Geol. Nal., Informe* 1212. Bogotá
- INGRAN, R. 1954. Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*



- IRWIN, M. L., 1965. General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bul.Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 49
- JAVIER P. & VILLAROEL A.C. 1999. Los Peces Devónicos del Macizo de Floresta (Boyacá, Colombia). Consideraciones Taxonómicas, Bioestratigráficas, Biogeográficas y Ambientales. *Geología Colombiana*, N° 23. U. Nal Colombia. Bogotá
- JULIVERT, M. 1968. *Lexique Stratigraphique International, Amerique Latine. Colombie (premier partie).* Centre Nal. Rech. Sci. Paris.
- KAMMER ANDREAS. 1996. Estructuras y Deformaciones del Borde Oriental del Macizo de Floresta. *Geol. Col. N° 21, U Nal. Col. Bogotá.*
- LÓPEZ, A.L.S. & PÉREZ R.V.J. 1991. Evaluación Geológica Preliminar de los carbones en los Alrededores de Socha (Departamento de Boyacá). U. Nal. Colombia, Proyecto de Grado. Bogotá
- LÓPEZ R.A.M. & MESA S.J. 1997. Estratigrafía y Ambiente de Depósito de la Formación Girón en el Macizo de Floresta (Boyacá)
- MIALL, A. 1991. Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 61, n 4. Tulsa.
- MEJÍA, R., M.V. & GIRALDO R., J. 1993. Estudio Petrográfico de la Formación Picacho en un Área al Noreste de Sogamoso, Boyacá. Dpto. de Geociencias U.Nal. Colombia. Bogotá
- MOJICA J. & VILLAROEL A.C, 1984. Contribución al Conocimiento de las Unidades Paleozoicas del Área de Floresta (Cordillera Oriental Colombiana; Departamento de Boyacá) y en Especial al de la Formación Cucho
- MORENO S.M., GÓMEZ C., A., J. & CASTILLO G.H. 2005. La Flora de Archaeopteris en la Formación Cucho (Boyacá). X Congreso Colombiano de Geología.
- OSORNO, J. F. 1994. Estratigrafía y ambientes de depósito de la secuencia regresiva localizada al Noreste de Sogamoso. Tesis de Grado. U. de Caldas. Manizales.
- PARDO, T., A.. 2005. Palinoestratigrafía del Paleoceno - Eoceno en el Sector de Sogamoso - Paz de Río (Cordillera Oriental, Colombia). Congreso Colombiano de Geología.
- PATARROYO, G. P. 1995. Notas Geológicas: a propósito de la Importancia Paleogeográfica de la Falla de Boyacá
- PATARROYO PEDRO. 2005. Fauna Fósil del Barremiano - Aptiano, Asociada al Miembro Calcáreo Superior de la Formación Tibasosa en Firavitoba - Boyacá (Colombia - SA.). X Congreso Colombiano de Geología
- PAZ C.M.G. & URRUTIA P.A.D. 1996 Estratigrafía y Ambiente de Depósito de la Formación Tíbet, (Macizo de Floresta, Boyacá). Dpto. de Geociencias U.Nal. Col. Proyecto de Grado. Bogotá.
- PEREZ, G. & SALAZAR, A. 1971. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. U. Nal. Geol. Col., 10. Bogotá.
- POSAMENTIER, H.W. & VAIL, P. 1988. Eustatic controls on clastic deposition II- sequence and system tract models. IN WILGUS et all (eds) *Sea level changes: and integrated approach.* SEMP. Special Publication 42, Tulsa.



- REYES C.I 1984. Geología de la Región de Duitama – Sogamoso - Paz de Río Departamento de Boyacá. U.P.T.C: Sogamoso
- REYES, I.& REYES, M.T. 1976. Geología del yacimiento y variabilidad de las características geoquímicas del mineral de hierro en la región de Paz Viejo (Municipio de Paz de Río, Departamento de Boyacá). I Congreso Colombiano Geología, U Nal Col. Bogotá.
- RENZONI, C. 1962. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Serv. Geo. Nal. Bol. Geol. 10(1-3). Bogotá.
- RENZONI, C. 1968. Geología del Macizo de Quetame. U. Nal.Geol. Col., (5). Bogotá.
- RENZONI, C. 1981. Geología del cuadrángulo J-12 Tunja. Ingeominas, Bol. Geol., 24 (2). (escrito 1967) Bogotá.
- RESTREPO M.G.; CEPEDA V.H. & NÚÑEZ T.A 1975. Contribución al Conocimiento de los Yacimientos de Hierro de Paz de Río
- REYES C.I.& VALENTINO, M.,T. 1969. Geología del Yacimiento y Variabilidad de las características Geoquímicas del Mineral de Hierro en la Región de Paz de Río, Departamento de Boyacá.
- RODRÍGUEZ CH., G. A. 1996. Informe Final sobre captura de datos geológicos a lo largo de 80 Km. en el Bloque Soapaga. 3679939
- ROMERO S.H.G. & SILVA B.C. 1992. Análisis Paleoambiental de la Formación Socha Inferior en un Área al Noreste de Sogamoso, Departamento de Boyacá. Dpto. Geociencias U. Nal de Proyecto de Grado. Colombia. Bogotá
- ROYO & GOMEZ, J. 1942. Fósiles devónicos de Floresta (Departamento de Boyacá). CEGOC 5. Bogotá
- SELLEY, R. 1976. Medios sedimentarios antiguos. HIB h. blume ediciones. Madrid.
- SOTELO, C., I. 1997. Informe de comisión de campo Macizo de Floresta. Ingeominas. Informe preliminar, inédito. Bogotá.
- TABOADA A., SALAMANCA H., ZUÑIGA J. & FAJARDO G..1996. Modelación Tectónica del área de Tunja. VII Congreso Colombiano de Geología. Tomo III
- ULLOA C, RODRÍGUEZ E, 1998. Mapa geológico de la PLANCHA 152. Ingeominas. Bogotá.
- ULLOA, C., & RODRÍGUEZ E, 2003. Memoria plancha 172 Paz de Río. Ingeominas. Bogotá.
- ULLOA, C., & RODRÍGUEZ E, 1979^a Geología del cuadrángulo K-12, Guateque. Bol. Geol. Ingeominas Vol. 22, N° 1 .Bogotá.
- ULLOA, C. & RODRIGUEZ, E. 1979^b. Geología de la Plancha 170 Vélez y 190 Chiquinquirá. Ingeominas. Informe 1794. Bogotá.
- VARGAS, R., ARIAS, A., JARAMILLO, L. TELLEZ, N. 1981. Geología del Cuadrángulo I-13 Málaga. Inst. Nal Inc. Geol.. Min. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T. 1960. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectonogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. Vol. 1-3. Bogotá.



VELOZA G., BAYONA G., RAPALINI A.E., CONSTANZO A.V., ALDANA M. & CORTÉS M. 2005. Paleomagnetismo y Mineralogía Magnética de las Formaciones Girón y Tibasosa en el área del Macizo de Floresta. X Congreso Colombiano de Geología.

VILLAMIL T; RESTREPO P. & SVELA K 1997. Paleocene - Miocene Paleogeographic Evolution of Colombia. VI Simposio Bolivariano. Exploración petrolera de las Cuencas Subandinas. Memorias Tomo I Cartagena

WALTHALL B.H. & BERRY D.W 2003 Third Field Conference. Paipa - Belencito - Paz de Río Área

WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., RESTREPO, H., 1973. Geología de los Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamentos de Santander y Norte de Santander. Bol. Geol. Ingeominas 21(1-3) Bogotá.