INFORME GEOLÓGICO FINAL

PROGRAMA SÍSMICO
CHOCÓ - 2D 2005

INFORME GEOLÓGICO FINAL

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ - 2D 2005



BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:



ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E. S. A. G.)

Geólogos: Pedro A. Galindo A.
Alejandro Patiño

Jefe de Departamento: Rafael López

Noviembre de 2006

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS.....6
LISTADO DE TABLAS.....11

INTRODUCCIÓN.....12

1. GENERALIDADES DEL PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ - 2D 2005. 15

2. ESTRATIGRAFÍA 22
2.1. ROCAS ÍGNEAS. 22
2.1.1. Complejo Santa Cecilia – La Equis. 22
2.1.2. Formación Barroso (Ksb) 28
2.1.3. Batolito de Mandé (Pgem) 30
2.1.4. Complejo Ultramáfico Zonado del Alto Condoto (Nguc) 32
2.2. ROCAS SEDIMENTARIAS. 33
2.2.1. Formación Penderisco – Miembro Urrao (Kspu) 33
2.2.2. Formación Iró (Ngpei).....35
2.2.3. Formación Sierra (Pgos) 40
2.2.4. Grupo San Juan 43
2.2.4.1. Formación Istmina (Ngmi) 44
2.2.4.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm) 50
2.2.4.3. Formación Condoto (Ngmc).....54
2.2.5. Formación Munguidó (Ngmm) 58
2.2.6. Formación Atrato (Ngpa) 61
2.2.7. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qc) 65

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 70
3.1. ZONA OCCIDENTAL. 72
3.2. ZONA CENTRAL (“Zona Deformada de Istmina”) 74
3.3. ZONA ORIENTAL 76
3.3.1. Zona Norte (“Zona Deformada de Istmina”) 77
3.3.2. Zona Sur 81
3.4. DISCUSIÓN 83

4. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO.....85
4.1. ROCA GENERADORA.....85
4.2. ROCA ALMACENADORA.....85
4.3. ROCA SELLO.....86
4.4. ENTRAMPAMIENTO.....87

5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....90
5.1. Cretácico.....90
5.2. Paleógeno.....90
5.3. Neógeno.....91

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....93

REFERENCIAS.....100

ANEXOS

1. MAPAS
1.1. Plancha 1. Mapa Base
1.2. Plancha 2. Mapa de estaciones y muestras
1.3. Plancha 3. Mapa Geológico

2. INFORMES Y PERFILES DE LÍNEAS SÍSMICAS
2.1. LÍNEA ANH-CHBN-2005-02
2.1.1. Informe del reconocimiento geológico
2.1.2. Mapa y perfil geológico
2.2. LÍNEA ANH-CHBN-2005-04
2.2.1. Informe del reconocimiento geológico
2.2.2. Mapa y perfil geológico
2.3. LÍNEA ANH-CHBN-2005-06
2.3.1. Informe del reconocimiento geológico
2.3.2. Mapa y perfil geológico
2.4. LÍNEA ANH-CHBN-2005-08
2.4.1. Informe del reconocimiento geológico
2.4.2. Mapa y perfil geológico

2.5. LÍNEA ANH-CHBN-2005-01
- 2.5.1. Informe del reconocimiento geológico
- 2.5.2. Mapa y perfil geológico

3. LISTADO DE ESTACIONES Y MUESTRAS

3.1. LÍNEA ANH-CHBN-2005-02
- 3.1.1. Listado de estaciones de campo.
- 3.1.2. Listado de muestras de campo.
- 3.1.3. Listado de muestras de pozo.
- 3.1.4. Formatos de Estaciones y descripción de muestras de campo.

3.2. LÍNEA ANH-CHBN-2005-04
- 3.2.1. Listado de estaciones de campo.
- 3.2.2. Listado de muestras de campo.
- 3.2.3. Listado de muestras de pozo.
- 3.2.4. Formatos de Estaciones y descripción de muestras de campo.

3.3. LÍNEA ANH-CHBN-2005-06
- 3.3.1. Listado de estaciones de campo.
- 3.3.2. Listado de muestras de campo.
- 3.3.3. Listado de muestras de pozo.
- 3.3.4. Formatos de Estaciones y descripción de muestras de campo.

3.4. LÍNEA ANH-CHBN-2005-08
- 3.4.1. Listado de estaciones de campo.
- 3.4.2. Listado de muestras de campo.
- 3.4.3. Listado de muestras de pozo.
- 3.4.4. Formatos de Estaciones y descripción de muestras de campo.

3.5. LÍNEA ANH-CHBN-2005-01
- 3.5.1. Listado de estaciones de campo.
- 3.5.2. Listado de muestras de campo.
- 3.5.3. Listado de muestras de pozo.
- 3.5.4. Formatos de Estaciones y descripción de muestras de campo.

4. Registro Fotográfico (Archivo digital)

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las 5 líneas sísmicas del Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005, al sur del Departamento del Chocó, Colombia, en la Cuenca del Río San Juan. 18

Figura 2. Columna Estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle del Río San Juan utilizada en el presente informe, construida a partir de la nomenclatura establecida por la A.N.H e INGEOMINAS. 23

Figura 3. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS. 24

Figura 4. Afloramiento de aglomerados basálticos en la quebrada de la estaca 2823 (línea ANH-CHBN-2005-02). Ver Estación L02-27, Anexo 3.1. 25

Figura 5. Basaltos tabulares que afloran en la estaca 3241 de la línea ANH-CHBN-2005-04. Vista S-N. (Ver Estación L04-54, Anexo 3.2) 26

Figura 6. Lodolitas negras con foliación observadas en la estaca 3282 de la línea ANH-CHBN-2005-04. La dirección de foliación medida es 160/35. Vista N-S. (Ver Estación L04-53, Anexo 3.2) 26

Figura 7. Quebrada de piedemonte, con grandes bloques de rocas volcánicas en la línea ANH-CHBN-2005-06, estaca 3293-3294 (ver Estación L06-35, Anexo 3.3). 29

Figura 8. Afloramiento sobre el Río Andágueda, sobre la estaca 5652 de la línea ANH-CHBN-2005-01 donde se observan las rocas fracturadas del Batolito de Mandé. (Ver Estación L01-12 – Anexo 3.5) 31

Figura 9. Rocas intrusivas de composición máfica a intermedia, aflorando sobre la Quebrada Jóbaro en zona cercana a la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-17, Anexo 3.5). 32

Figura 10. Afloramiento de lodolitas negras con estratificación plana continua, en capas medias sobre quebrada en cruce con la línea ANH-CHBN-2005-08, estaca 3925 a 3926, dirección de la foto 40^0. (Ver Estación L08-22, Anexo 3.4). 34

Figura 11. Afloramiento de la Formación Iró sobre la Quebrada Tadocito, aproximadamente a 100 m al sur de la línea ANH-CHBN-2005-02 conformado por

intercalación de calizas (mudstone) con lodolitas grises en capas delgadas a medias. (Ver Estación L02-29, Anexo 3.1). 36

Figura 12. Afloramiento de la Formación Iró, estaca 4121 de la línea ANH-CHBN-2005-01. Intercalaciones en capas delgadas a medias de cherts diagenéticos y lodolitas calcáreas *(mudstone)*. (Ver Estación L01-52, Anexo 3.5). 37

Figura 13. Petróleo seco rellenando fracturas y en la superficie de chert color rosado claro a blanco. Afloramiento muy diaclasado entre las estacas 2472 a 2474, línea ANH-CHBN-2005-02. (Ver Estación L02-37, Anexo 3.1). 37

Figura 14. Cuerpos intrusivos de composición diorita – granodiorita, dentro de la Formación Iró, en cercanías a la estaca 4889 de la línea ANH-CHBN-2005-01. (Ver Estación L01-23, Anexo 3.5). 38

Figura 15. Intercalación de conglomerados y areniscas, hacia la base (?) de la Formación Sierra, sobre el segmento central de la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-39, Anexo 3.5. 41

Figura 16. Intercalación de lodolitas calcáreas *(mudstone - wackestone)* y silíceas de la Formación Sierra, en el segmento norte de la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-10, Anexo 3.5). 41

Figura 17. Contacto erosivo entre los conglomerados polimícticos matriz soportados, de gránulos a guijos, y areniscas lodosas grises. Quebrada Candelaria, aproximadamente a 150 m de la estaca 1868, línea ANH-CHBN-2005-02 (Ver Estación L02-18, Anexo 3.1). 44

Figura 18. Areniscas lodosas líticas de la Formación Istmina en afloramiento sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina. Vista W-E. Ver Estación L04-34, Anexo 3.2). 45

Figura 19. Exposición de capas medias y gruesas de areniscas lodosas líticas calcáreas de grano fino, con capas muy finas de lodolitas calcáreas (*packstone*), estaca 1037 de la línea ANH-CHBN-2005-08. Ver Estación L08-56, Anexo 3.4). 45

Figura 20. Concreciones calcáreas en capas de areniscas de grano medio a conglomeráticas de la Formación Istmina, estaca 1971, línea ANH-CHBN-2005-06. Ver Estación L06-18, Anexo 3.3). 46

Figura 21. Nivel de conglomerados de la Formación Istmina sobre el río San Juan al sur del cruce de la línea ANH-CHBN-2005-04 con el río San Juan. Vista N-S. Ver Estación L04-26, Anexo 3.2. 47

Figura 22. Conglomerados polimícticos con tamaño de clastos hasta cantos, estaca 2983, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-107, Anexo 3.2. 50

Figura 23. Intercalación de lodolitas arenosas grises, y lentes de areniscas dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Ver Estación L01-84, Anexo 3.5. 52

Figura 24. Intercalaciones de areniscas lodosas y lodolitas arenosas finamente laminadas (A) en contacto neto con conglomerados polimícticos (B) bien consolidados, estaca 3732-3733, línea ANH-CHBN-2005-08. Ver Estación L08-28, Anexo 3.4. 53

Figura 25. Areniscas lodosas grises en capas delgadas, con laminación fina, plano paralela, aflorando sobre el Río Tamaná. Ver Estación L01-109, Anexo 3.5.56

Figura 26. Afloramiento de la Formación Condoto sobre el Río Condoto; en la base conglomerados de guijos, suprayacidos por una intercalación de areniscas y lodolitas en capas medias a gruesas, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-88, Anexo 3.5. 56

Figura 27. Intercalación de areniscas (color amarillo ocre) y lodolitas en capas delgadas y muy delgadas que indica el desaarrollo de parasecuencias, estaca 1459, línea ANH-CHBN-2005-08. (Ver Estación L08-44 – Anexo 3.4.2) 57

Figura 28. Afloramiento de la Formación Munguidó sobre el Río Fujiadó; intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas en capas delgadas, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-100 A, Anexo 3.5. 59

Figura 29. Areniscas de grano muy grueso a conglomerados de gránulos en capas delgadas, con desarrollo de estratificación cruzada, estaca 1428, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-97, Anexo 3.5. 60

Figura 30. Nivel de conglomerados de la Formación Munguidó, tamaño de clastos gránulos a guijos, en matriz arenosa, estaca 1462, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-57, Anexo 3.2. 60

Figura 31. Afloramiento en el punto "La Y", municipio de Unión Panamericana. Obsérvese el nivel intermedio de conglomerado con tonalidad rojiza. Ver Estación L02-01, Anexo 3.1. 62

Figura 32. Areniscas conglomeráticas de color rojo ladrillo con tonos amarillentos, estaca 2629, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-93, Anexo 3.5. 63

Figura 33. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación plano paralela, poco consolidadas y deformación plástica, estaca 1667, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-20, Anexo 3.2. 64

Figura 34. Depósitos recientes de la llanura aluvial del Río San Juan, correspondientes a conglomerados polimícticos no consolidados, estaca 2217, línea ANH-CHBN-2005-02 (ver Estación L02-10, Anexo 3.1). 66

Figura 35. Depósitos cuaternarios sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina. 66

Figura 36. Barra de punta en un meandro sobre el Río Condoto, en donde se depositan sedimentos gruesos como cantos y guijos. 67

Figura 37. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación del Río Tamaná (línea ANH-CHBN-2005-01).....67

Figura 38. Modelo esquemático de colisión, con desplazamiento sobre fallas de rumbo dextrales. (Tomado de Barrero et al., 2006). 70

Figura 39. Imagen radar del área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005, sobre la cuenca del Río San Juan, al costado occidental del piedemonte de la Cordillera Occidental. Se resaltan los principales elementos estructurales. Ver Figura 40. 71

Figura 40. Imagen esquemática resaltando los principales elementos estructurales en el área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005. FRP: Falla del Río Pepe, FQBS: Falla de la Quebrada Santa Bárbara, FDLI: Falla Dipurdú de Los Indios, FSJ: Falla del San Juan, FLM: Falla Las Mojarras, SRB: Sinclinal del Río Baudó, AM: Anticlinal de Mísara, SC: Sinclinal de Capiró, ALT: Anticlinal de La Trojita, AQB: Anticlinal de la Quebrada Beriguadó, AI: Anticlinal de Ibordó, SA: Sinclinal del Atrato, ALM: Anticlinal de La Mojarra. En color gris se resalta la "Zona Deformada de Istmina". 73

Figura 41. Afloramiento de capas casi verticales de la Formación Istmina, evidenciando la cercanía a la Falla Dipurdú de los Indios. Línea ANH-CHBN-2005-04, Estaca 2132, Estación L04-43, Anexo 2.....75

Figura 42. Afloramiento rocas muy foliadas asociadas al basamento. La dirección de foliación medida es 160/35. Estaca 3282, Estación L04-53, Anexo 3.2.76

Figura 43. Afloramiento de calizas plegadas y fracturadas de la Formación Iró sobre la Quebrada Tadocito (Estación L01-29, Anexo 2.1). Se observa un buzamiento hacia el Sur y replegamientos con vergencia NW.....78

Figura 44. Afloramiento típico de la Formación Iró, con intercalaciones de chert y lodolitas con partición en lidita, mostrando un replegamiento local por una falla de propagación con vergencia NW. (Estación L02-34, Anexo 2.1).....79

Figura 45. Fallas sintéticas y antitéticas perpendiculares a la estratificación, asociadas a una zona de falla de rumbo presente en el extremo norte del área de estudio. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-78, Anexo 2.1.....80

Figura 46. Tres familias de diaclasas y observadas sobre dioritas del Batolito de Mandé que afloran sobre el río Andágueda. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-12, Anexo 3.5.4.....82

Figura 47. Replegamientos amplios a escala de afloramiento presentes en la Formación Condoto, con un buzamiento regional hacia el S. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-109, Anexo 3.5.4.....82

Figura 48. Afloramiento de cherts de la Formación Iró, con fracturas rellenas de petróleo. Línea ANH-CHBN-2005-02, Estación L02-37, Anexos 2.1 y 3.1.....86

Figura 49. Principales *plays* exploratorios presentes en el área de estudio, asociados a cada *zona estructural*. FRP: Falla del Río Pepe, FQBS: Falla de la Quebrada Santa Bárbara, FDLI: Falla Dipurdú de Los Indios, FSJ: Falla del San Juan, FLM: Falla Las Mojarras. En gris se resalta la "Zona Deformada de Istmina".
.....87

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas finales y longitud de las 5 líneas sísmicas del proyecto CHOCÓ - 2D 2005. * Se Debe tener en cuenta que el segmento hacia estacas menores de la línea ANH-CHBN-2005-08 fue suspendido, aunque sí se realizó el reconocimiento geológico (ver Anexo 2.4). 12

Tabla 2. Cantidad de estaciones de campo y muestras de mano y pozo tomadas a lo largo del de las 5 líneas sísmicas del proyecto CHOCÓ - 2D 2005. 13

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo a lo largo de las líneas sísmicas que hacen parte del Programa Sísmico CHOCÓ – 2D 2005, operado por la compañía B.G.P. Sucursal Colombia. Este proyecto esta localizado al sur del Departamento de Chocó, sobre un área perteneciente a la denominada "Cuenca del Río San Juan", el cual esta conformado por cuatro líneas de buzamiento y una línea de rumbo o amarre, cuya localización y longitud se puede ver en la Tabla 1.

Línea	Azimut	Inicio			Final			
		Estaca	Norte	Este	Estaca	Norte	Este	Distancia (Km.)
ANH-CHBN-2005-02	125° 52'	821	1095612,48	1031364,66	3185	1060971,73	1079249,68	59,100
ANH-CHBN-2005-04	125° 42'	886	1079025,31	1015578,82	3697	1038012,74	1072644,32	70,275
ANH-CHBN-2005-06	125° 35'	821	1057104,97	1003522,28	3508	1018007,42	1058146,72	67,175
ANH-CHBN-2005-08 *	126° 03'	2182	1019733,54	1014214,03	4356	987743,39	1058152,32	54,350
ANH-CHBN-2005-01	035° 18'	882	991615,35	1012232,39	5869	1093348,03	1084304,31	124,675
							TOTAL	375,575

Tabla 1. Coordenadas finales y longitud de las 5 líneas sísmicas del proyecto CHOCÓ - 2D 2005. * Se Debe tener en cuenta que el segmento hacia estacas menores de la línea ANH-CHBN-2005-08 fue suspendido, aunque sí se realizó el reconocimiento geológico (ver Anexo 2.4).

Estas observaciones se realizaron durante la etapa de perforación del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes a lo largo de la línea, identificando sus relaciones temporales y estructurales, y así definir un modelo geológico general, el cual se presenta en este informe, apoyado en la previa realización de informes, perfiles y mapas geológicos de cada una de las líneas sísmicas del proyecto.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por INGEOMINAS y la

Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan. La información de INGEOMINAS corresponde a las mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 184 – Lloró (2002), 185 – Bagadó (1999), 203 – Istmina (2002), 204 – Pueblo Rico (1999), 221 – Pizarro (2002), 222 – Sipí (2002) y 241 – Cucurrupí (2002).

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por cada línea sísmica, y en un rango 500 m a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas y caños, en los cuales se realizaron "Estaciones de Campo", en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología formulada por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y demás observaciones pertinentes. A manera de resumen, en la Tabla 2, se presenta la cantidad de estaciones de campo, muestras de mano y muestras de pozo, tomadas para cada línea.

LINEA	Estaciones de campo	Muestras de mano	Muestras de pozo	Total de muestras
ANH-CHBN-2005-02	48	36	38	**74**
ANH-CHBN-2005-04	74	38	42	**80**
ANH-CHBN-2005-06	54	33	31	**64**
ANH-CHBN-2005-08	79	54	14	**68**
ANH-CHBN-2005-01	141	82	46	**128**
TOTALES	**396**	**243**	**171**	**414**

Tabla 2. Cantidad de estaciones de campo y muestras de mano y pozo tomadas a lo largo del de las 5 líneas sísmicas del proyecto CHOCÓ - 2D 2005.

El reconocimiento geológico se realiza con mayor detalle sobre las unidades consideradas como generadoras y/o almacenadoras, y sobre las zonas que desarrollan una complejidad estructural de interés geológico y petrolífero. Es importante resaltar que la información obtenida en campo es de afloramientos muy puntuales y aislados, la mayoría de ellos afectados en mayor o menor grado por procesos de meteorización; por lo que los contactos entre las distintas unidades son inferidos teniendo en cuenta la identificación de un cambio litológico marcado y el modelo geológico regional establecido.

El informe es subdividido en seis segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de cada línea, realizando comparaciones con la información presentada por INGEOMINAS y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo las características de localización general de las principales fallas y pliegues, posteriormente se explican aspectos relevantes sobre la geología del petróleo y se da una explicación sobre la evolución geológica y los eventos ocurridos en esta cuenca; finalmente, se adjuntan tres anexos: el primero en que se incluyen mapas del área del Programa Sísmico; el segundo, en el que se anexa el informe da cada línea sísmica (adjuntando mapa geológico y el perfil geológico); y el tercero, con la descripción de estaciones de campo (incluyendo fotografías en medio digital y descripción de muestras de mano en papel) y listado de muestras de mano y pozo tal y como fueron enviadas a la Litoteca Nacional para análisis posteriores.

1. GENERALIDADES DEL PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ - 2D 2005.

El proyecto Chocó 2-D se localiza en el sur del Departamento de Chocó, Colombia, al costado occidental de la Cordillera Occidental, atravesando la cuenca del Río San Juan (ver Figura 1) y se desarrolla principalmente en áreas pertenecientes de norte a sur a los municipios de Bagado, Managrú, Tadó, Istmina, Condoto, Novita, Sipí y Pizarro, así como en poblaciones menores como Playa de Oro, Santa Rosa, San Lorenzo, Doidó y Fujiadó para la línea ANH-CHBN-2005-01; las localidades de Cantón de San Pablo, Unión Panamericana y Cérteguí para la línea ANH-CHBN-2005-02; La Esperanza, El Aguacate, La Soledad, La Encharcazon e Iró para la línea ANH-CHBN-2005-04; la localidad de Puerto Meluk y Bebedó para la línea ANH-CHBN-2005-06, así como las localidades de Rancho Quemao, Puerto Piña, Doidó y Santa Rosa de Garrapatas para la línea ANH-CHBN-2005-08.

Este proyecto esta conformado por 5 líneas sísmicas, 4 líneas de buzamiento que presentan una dirección N53^{0}W – S53^{0}E, una extensión entre 59 y 90 Km. y separadas aproximadamente 25 Km. entre sí. La quinta línea (de rumbo) presenta una dirección NE-SW con un azimut de 35^0 y una extensión de 124.7 Km.. (Ver Figura 1 y Tabla 1).

Las principales vías de acceso al área están relacionados con carreteables que se encuentran en mal estado, parcialmente pavimentadas, y constituyen las principales vías de comunicación del área norte del proyecto, especialmente hacia la parte Este de las líneas ANH-CHBN-2005-02 y ANH-CHBN-2005-04 y hacia la parte norte de la línea ANH-CHBN-2005-01. Se destacan importantes vías de acceso en esta zona como la carretera que conduce de Istmina a Quibdo, la carretera que se bifurca de la anterior en el municipio de Unión Panamericana, vía a Tadó, y conduce a Pereira. También se encuentra la carretera que conduce de Istmina a Condoto. Como vías secundarias se encuentran: la carretera que de Istmina conduce a Bocas de Pepe y a Basurú siguiendo la corriente de la Quebrada Peradó; la carretera que conduce de Istmina a Andagoya y el carreteable que conduce de Condoto a Viroviro. Hacia el extremo norte del proyecto la principal vía de acceso es la carretera que cruza por el caserío de Playa de Oro y que conduce de Istmina, pasando por Tadó, hacia Pereira. Desde Playa de Oro se

puede tomar otro carreteable que intersecta la línea ANH-CHBN-2005-01 y que conduce hacia el municipio de Bagadó (ver Anexo 1.1)

Así mismo diferentes ríos y quebradas navegables sirven también como principales formas de acceso al área, siendo el más importante el Río San Juan, el cual atraviesa el área de Norte a Sur y sus afluentes principales tales como los ríos Condoto, Iró, Tamaná, Cajón y Sipí, los cuales se vuelven importantes hacia el área este del proyecto. Hacia el área occidental del proyecto el Río Baudó y sus afluentes se constituyen como principales vías de acceso (ver Anexo 1.1).

Además de norte a sur encontramos los siguientes ríos navegables: Río Pureto, el cual corre casi paralelo a la línea ANH-CHBN-2005-01, entre el caserío Carmelo (por la vía hacia Bagadó) y cruzando hacia la estaca 5370; y el Río Andágueda, el cual cruza esta línea en cercanías a la estaca 5626 y aguas arriba cruza hacia la estaca 5740. Hacia el sur el Río San Juan también sirve como acceso a esta línea en la estaca 5160 (Playa de Oro). En el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-01 con la línea ANH-CHBN-2005-02 (Estaca 4690) se puede tener un acceso, caminando por el Río Chato desde la carretera Tadó – Playa de Oro (ver Anexo 1.1).

De Oeste a Este los principales accesos de la línea ANH-CHBN-2005-02 son los siguientes: Río Quito (Estaca 1190), Río Cértegui (Estaca 1510), Quebrada Candelaria (Estaca 1869), Río San Juan (Estaca 2249), Río Mungarrá (Estaca 2350), Río Chato (Estaca 2586), Quebrada Tadocito (Estaca 2715) y Río Iró (Estaca 2739)

Al sur de la línea ANH-CHBN-2005-02, los principales accesos a la línea ANH-CHBN-2005-01 son por el Río Iró, el cual cruza la línea en cercanías a la estaca 4350 y por el Río Condoto, el cual cruza la línea sobre la estaca 3900, justo al norte del cruce con la línea ANH-CHBN-2005-04. Sobre esta última los principales accesos los conforman los ríos San Juan (Estaca 2240), Iró (Estaca 2370), Condoto (Estacas 2570, 2590, 2700), Tamaná (Estaca 3410), Quebrada Chigorodó (Estaca 1635) y Quebrada Tajuato (Estaca 3020).

Al sur de la Línea ANH-CHBN-2005-04 el principal acceso es desde la carretera que conduce del municipio de Condoto al caserío San Lorenzo, el cual se localiza sobre el Río Tamaná, en cercanías a la estaca 3350. A partir del Río Tamaná hacia el

sur la única vía de acceso terrestre es por ríos navegables, los cuales son afluentes del Rió San Juan, el cual corre casi paralelo al Occidente de la Línea ANH-CHBN-2005-01 (ver Anexo 1.1).

Para la línea ANH-CHBN-2005-06, la principal vía de acceso hacia el extremo occidental corresponde al Río Baudó, el cual corta la línea en dirección S-SW aproximadamente entre las estacas 900 a 1000. Al Río Baudó se puede llegar por una carretera en mal estado desde Istmina hasta llegar al municipio de Puerto Meluk, el cual se encuentra aproximadamente 20 km aguas arriba de la línea ANH-CHBN-2005-06. Como afluente del Río Baudó se encuentra el Río Pepe, el cual cruza esta línea la línea en dirección S-SW aproximadamente entre las estacas 1240 a 1255, lugar en el que desemboca la Quebrada Sandó, la cual a su vez aguas arriba corta la línea aproximadamente en la estaca 1320. A este segmento de la línea ANH-CHBN-2005-06 se puede llegar por vía fluvial desde Puerto Meluk, bajando por el Río Baudó, cruzando la línea, y luego aguas arriba por el Río Pepe, o bien, bajando por el Río Pepe desde el caserío Pie de Pepe, el cual se encuentra aproximadamente a mitad del carreteable entre Istmina y Puerto Meluk. Hacia estacas mayores se puede acceder a través del Río San Juan (Estaca 2090) y el Río Cajón, el cual cruza esta línea aproximadamente en la estaca 3020, y su afluente la Quebrada Torrá, la cual corta la línea entre las estacas 3070 a 3100 (ver Anexo 1.1).

De esta manera, al sur de la línea ANH-CH-2005-06 el acceso a la línea ANH-CHBN-2005-01 se realiza por el Río Cajón el cual cruza esta línea aproximadamente en la estaca 2500; este fluye en dirección SW y S cortando la línea ANH-CHBN-2005-01, hacia el Río Sipí, justo antes de que este desemboque en el Río San Juan. Al norte de la línea ANH-CHBN-2005-08, se encuentra el Río Sipí (aproximadamente en la estaca 2050).

Para la línea ANH-CHBN-2005-08 sirven como acceso los ríos Usaragá (Estaca 1037), Misará (Estaca 1080), Siguirrisua (Estaca 1285 y 1720), Docampadó (Estaca 2050), San Juan (Estaca 2650) y Garrapatas (Estaca 3750), este último afluente del Río Sipí, así como la Quebrada Sorobiatá que sirve de acceso hacia la parte final de la línea hacia estacas mayores (Estaca 4215).

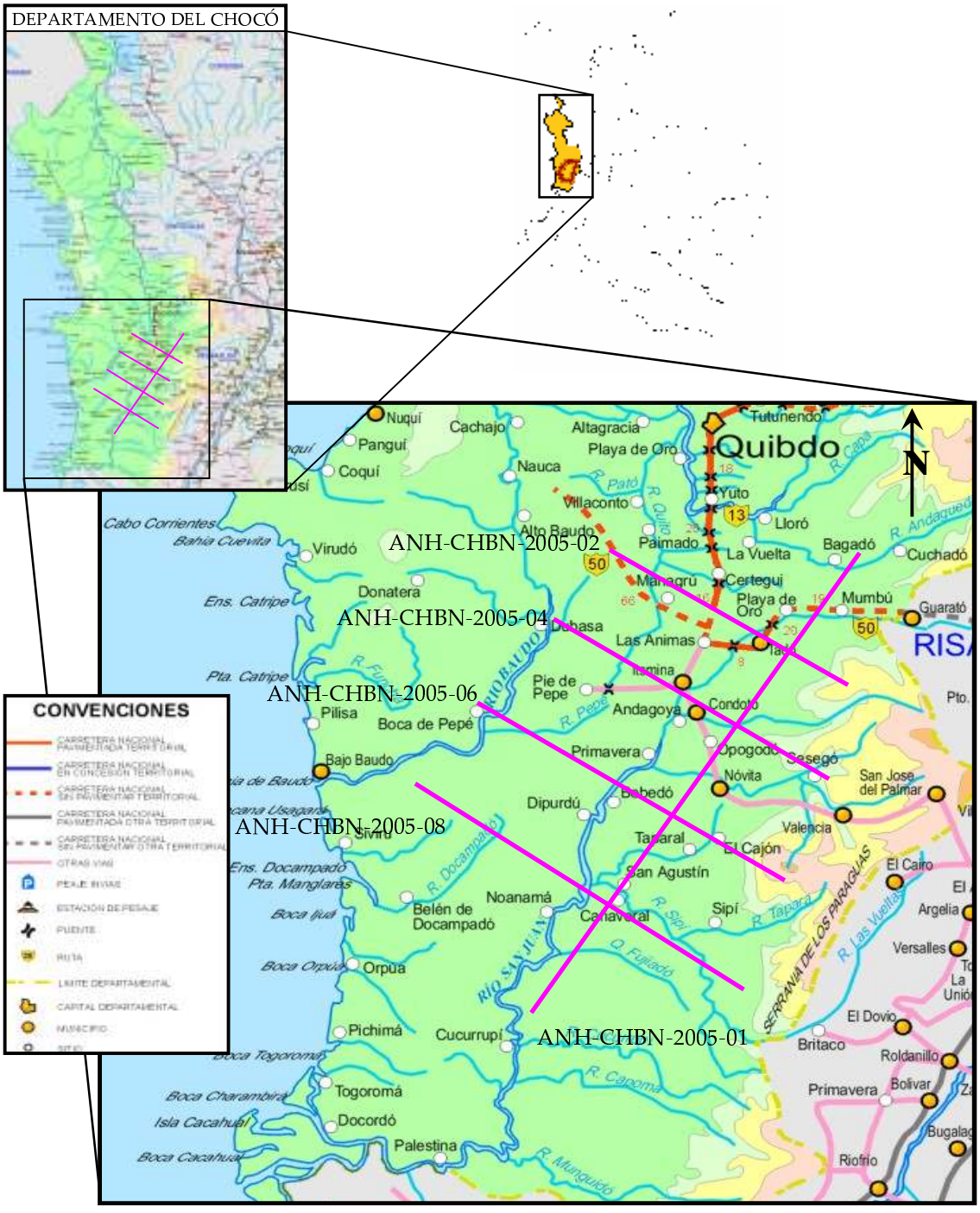


Figura 1. Localización de las 5 líneas sísmicas del Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005, al sur del Departamento del Chocó, Colombia, en la Cuenca del Río San Juan.

Al sur de la línea ANH-CHBN-2005-08 el acceso a la línea ANH-CHBN-2005-01 se realiza por la Quebrada Doidó (Estaca 1810); por la Quebrada Cumperro se encuentra el cruce con la estaca 1680 y siguiendo hacia el sur el acceso se realiza por el Río Fujiadó aproximadamente en la estaca 1350 (ver Anexo 1.1).

Dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan pendientes desde bajas a abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas, las cuales se intensifican hacia el área sur del proyecto.

Adicionalmente, hacia el norte del proyecto, específicamente hacia el norte de la línea ANH-CHBN-2005-04 se presentan caminos, que comunican los municipios con caseríos a sus alrededores y con zonas de minería; estos caminos se comportan también como principales vías de acceso a la línea sísmica. De otro lado hacia el sur de esta área en muchas áreas solo se puede acceder por vía aérea con el apoyo de helicóptero, dada la ausencia de caminos, carreteras y ríos navegables. En el área norte los desplazamientos se realizan desde Istmina, donde se encuentra el campamento base del proyecto, mientras que para el área sur se cuenta para la logística de los desplazamientos con un campamento principal (Volante Sur) localizado sobre el Río San Juan, en el caserío Doidó, al sur del la línea ANH-CHBN-2005-08 (ver Anexo 1.1).

El área que abarca el proyecto presenta en una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque húmedo tropical. Se presentan algunas zonas intervenidas alrededor de las vías de comunicación (ríos y carreteras), utilizadas principalmente para minería y explotación de madera, y en menor medida cultivos y pastizales.

El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan lluvias copiosas durante todo el día y principalmente en horas de la noche; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

Fisiográficamente, el área que conforma el proyecto Chocó - 2D 2005 se puede dividir en dos regiones principales Valle del Río San Juan y piedemonte de la

Cordillera occidental (Ver perfiles geológicos). La geomorfología del Valle del Río San Juan se caracteriza por presentarse como un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes, especialmente en el área de las líneas ANH-CHBN-2005-06 y ANH-CHBN-2005-08. La llanura aluvial del Río San Juan y de sus ríos tributarios se caracteriza por presentar aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado. Por otra parte en el piedemonte de la Cordillera Occidental se presenta un cambio muy fuerte de relieve, pasando de un relieve ondulado de colinas a montañoso, con pendientes fuertes de mayor continuidad, disminuyendo la cantidad de valles menores, y presentando alturas entre 150 y 670 m. s. n. m. Así, cada línea presenta estas dos regiones con algunas variantes como se explica a continuación:

Para las líneas ANH-CHBN-2005-01, 02, 04 y 06, en el Valle del Río San Juan se incluye el Istmo de San Pablo. El Istmo de San Pablo corresponde a una zona elevada 100 m sobre el nivel del río San Juan (hasta aproximadamente 200 m. s. n. m.), que se extiende desde el municipio de Tadó hacia el suroeste alcanzando varios kilómetros de extensión; esta elevación es suficiente para separar las cuencas de los ríos Atrato (al Norte) y el San Juan (al Sur).

Para la línea ANH-CHBN-2005-04 este valle se podía dividir en otras regiones principales comenzando desde el oeste hacia el este por la llanura de inundación del Río Baudó con geomorfología plana con alturas que no sobrepasan los 25 m.s.n.m y las cuencas de los ríos San Juan, Iró y Condoto que corresponden a terrenos ondulados, así como las llanuras aluviales de estos ríos las cuales están conformadas por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado.

De forma similar para la línea ANH-CHBN-2005-06 esta zona también incluye el Valle del Río Baudó junto con el mencionado del Río San Juan, que para esta línea corresponde a un terreno moderada a fuertemente ondulado, que en las llanuras de inundación presentan alturas que no sobrepasan los 50 m sobre el nivel del mar, las cuales son sometidas a inundaciones y desarrollo de pantanos en época de lluvias.

De otro lado para la línea ANH-CHBN-2005-08, esta zona se divide en dos: la primera hacia el extremo occidental conformada por la zona montañosa del Bajo Baudó la cual se caracteriza por presentar un terreno quebrado con pendientes mayores de 45^0, gran cantidad de valles menores con fuertes escarpes y un rango de elevaciones desde 20 a 280 m. s. n. m., y por la zona de los valles de los ríos San Juan, Docampadó y Garrapatas (Estacas 1901 a 3919) que comprende las llanuras de inundación de estos tres ríos y zonas aledañas. Hacia el extremo sur del proyecto la llanura aluvial del Río San Juan, está conformada por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 100 m sobre el nivel del mar; esta llanura se amplía considerablemente a medida que recibe afluentes de alto caudal como el Río Sipí y Garrapatas, los cuales a su vez presentan amplias llanuras de inundación.

Así mismo refiriéndose a la zona de piedemonte de la Cordillera Occidental para la línea ANH-CHBN-2005-01 y ANH-CHBN-2005-02, esta se encuentra hacia estacas mayores, a partir del área del Río Iró. Sobre la línea ANH-CHBN-2005-04 se observan alturas de entre 200 y 1150 m.s.n.m, encontrándose hacia estacas mayores de esta línea, a partir del área de la estaca 3145. De igual manera para la línea ANH-CHBN-2005-06 presentan alturas entre 100 y 1200 m.s.n.m, a partir del área entre la Quebrada Torrá y el Río Chopogoró. Finalmente para la línea ANH-CHBN-2005-08 se exhiben alturas hasta de 600 m. s. n. m., hacia el este de la llanura de inundación del Río Garrapatas.

En general, los afloramientos a lo largo de cada línea son moderados a escasos, asociados principalmente a pequeños caños y quebradas que disectan el terreno, y a esporádicos escarpes que se presentan en algunas colinas los cuales no superan los 20 m. Localmente se presentan buenos afloramientos asociados a quebradas mayores y ríos que cortan la secuencia estratigráfica como es el caso de los afloramientos sobre el Río San Juan, Condoto, Iró, Tamaná, Sipí y Garrapatas. Así mismo cabe resaltar la presencia de buenos afloramientos hacia la zona de piedemonte de la cordillera occidental y hacia la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-08.

2. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de las líneas sísmicas del Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005 se observan rocas sedimentarias del Paleógeno y Neógeno, y rocas ígneas que corresponden al basamento económico de la cuenca y cuerpos intrusivos que cortan la secuencia sedimentaria. Dada el área en que se ubica el proyecto, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH correspondiente a la cuenca del Valle del Río San Juan (ver Figura 2). De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de Ingeominas (Planchas 185, 204, 203, 222 y 241). (Ver Figura 3).

2.1. ROCAS ÍGNEAS.

2.1.1. Complejo Santa Cecilia – La Equis.

Hace parte del basamento económico de la cuenca, aflorando en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental. Sobre la línea ANH-CHBN-2005-02 aflora hacia su extremo oriental, a partir de la estaca 2730, en el costado oriental del valle del Río Iró, presentándose una repetición tectónica entre las estacas 2638 y 2690 como producto de fallas con vergencia Oeste del piedemonte de la Cordillera Occidental (Ver Perfil geológico línea ANH-CHBN-2005-02, Anexo 2.1.2). Para la línea ANH-CHBN-2005-04 aflora hacia el extremo oriental de esta, a partir de la estaca 3110, hacia mayores.

Esta unidad está compuesta principalmente por aglomerados, basaltos, y localmente intercalaciones de rocas sedimentarias. Estas últimas se observan en la línea ANH-CHBN-2005-04 desde la estaca 3303 a 3311 correspondientes a areniscas grises de grano fino a muy fino, bioturbadas y muy fracturadas; lo mismo que lodolitas negras foliadas entre las estacas 3282 y 3303 de esta línea, que se ubican en una zona de falla identificada por la existencia de rocas afectadas por metamorfismo dinámico. Se caracteriza además por un relieve montañoso, con pendientes fuertes y continuas, con un rango de elevación entre 100 m en el valle del Río Iró, y 656 m.s.n.m.

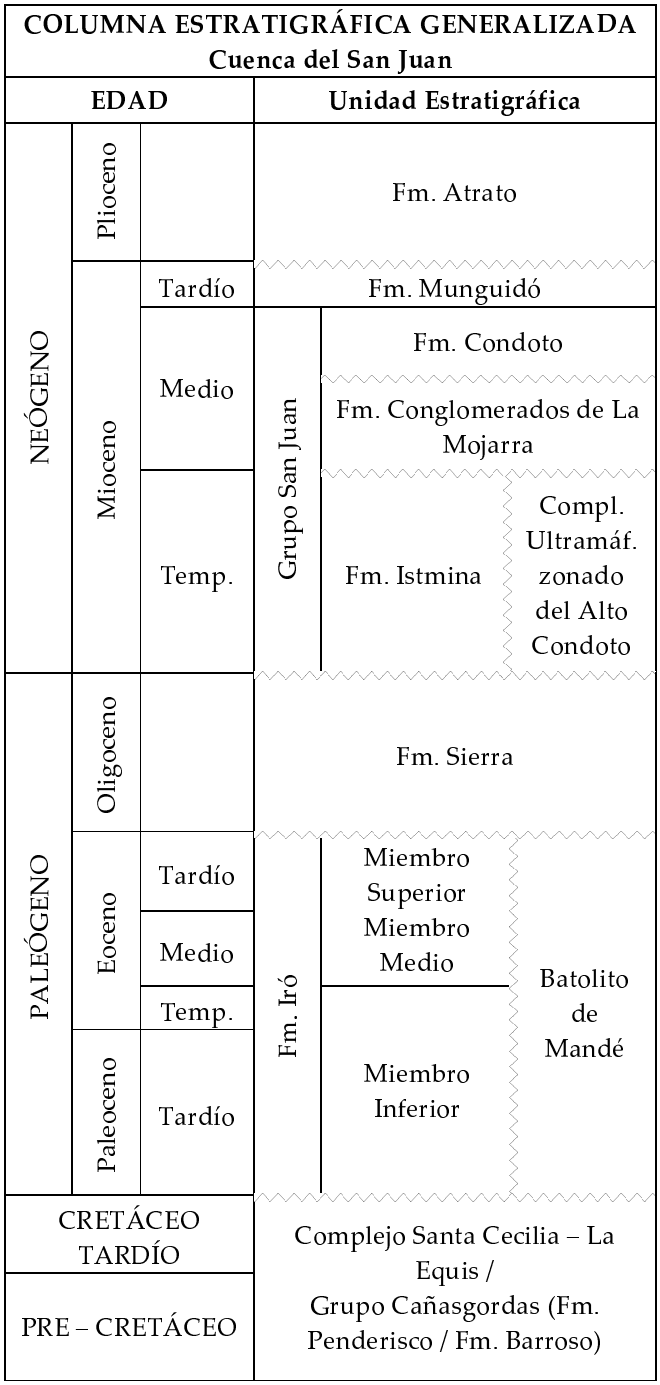


Figura 2. Columna Estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle del Río San Juan utilizada en el presente informe, construida a partir de la nomenclatura establecida por la A.N.H e INGEOMINAS.

EDAD			A N H		INGEOMINAS			
			Cuenca del Río San Juan		Plancha 185 (Bagadó)	Plancha 204 (Pueblo Rico)	Plancha 203 (Istmina) – 222 (Sipí)	Plancha 241 (Cucurrupí)
NEÓGENO	Plioceno		**Fm. Atrato**				Fm. Quibdó / Fm. Raposo	Fm. Raposo / Fm. Mayorquín
	Mioceno	Tardío	**Fm. Munguidó**		Fm. Sierra	Fm. Sierra	Fm. Sierra / Fm. Nóvita	Sedimentitas lodoso-arenosas
		Medio	**Gr. San Juan**	**Fm. Condoto**	Fm. Napipí	Fm. Napipí	Fm. Condoto	Sedimentitas arcillo-lodosas
				Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Uva	Fm. Uva	Fm. Conglomerados de la Mojarra	Sedimentitas calcáreo-arenosas
		Temp.		**Fm. Istmina**			Fm. Istmina	
PALEÓGENO	Oligoceno		**Fm. Sierra**					
	Eoceno	Tardío	**Fm. Iró**	**Miembro Superior**	Batolito de Mandé	Fm. Salaqui	Fm. Tadó	
		Medio		**Miembro Medio**				
		Temp.		**Miembro Inferior**				
	Paleoceno	Tardío						Fm. Río Piedras
CRETÁCEO TARDÍO PRE – CRETÁCEO			**Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas**		Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas	Complejo Santa Cecilia – La Equis	Grupo Cañasgordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)	Fm. Cisneros Grupo Diabásico

Figura 3. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.

Litología. Los aglomerados afloran bien en la quebrada localizada en la estaca 2823 (Figura 4) de la línea ANH-CHBN-2005-02, constituido por bombas-bloques subangulares a subredondeados de 15 a 20 cm de diámetro de basaltos porfiríticos color verde grisáceo, compuestos por cristales de clinoperoxenos, olivino, hornblenda (?), granates (?), en una matriz cloritizada, de color gris claro verdoso.

Los basaltos son de color gris oscuro, afaníticos, muy diaclasados; se observan en la estaca 2791 de la línea ANH-CHBN-2005-02, así como hacia la estaca 2638 (Estación L02-31, Anexo 3.1) conformado por basaltos andesíticos (?), de color gris verdoso, textura afanítica a porfirítica, con diaclasas en múltiples direcciones de hasta 2 cm de espesor, rellenas de calcita y cuarzo. Sobre la línea ANH-CHBN-2005-04 en la estaca 3241(Estación L04-54 – Anexo 3.2.) afloran como basaltos grises oscuros, porfiríticos a microporfiríticos, diaclasados, tabulares, con desarrollo de vetas de cuarzo (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**5).



Figura 4. Afloramiento de aglomerados basálticos en la quebrada de la estaca 2823 (línea ANH-CHBN-2005-02). Ver Estación L02-27, Anexo 3.1.



Figura 5. Basaltos tabulares que afloran en la estaca 3241 de la línea ANH-CHBN-2005-04. Vista S-N. (Ver Estación L04-54, Anexo 3.2)



Figura 6. Lodolitas negras con foliación observadas en la estaca 3282 de la línea ANH-CHBN-2005-04. La dirección de foliación medida es 160/35. Vista N-S. (Ver Estación L04-53, Anexo 3.2)

Las rocas sedimentarias se observan localmente en distintos segmentos, aparentemente entre los flujos basálticos y de aglomerados. Corresponden a lodolitas negras silíceas, con laminación fina, ondulosa paralela discontinua, y a areniscas de grano fino a medio de color crema intercaladas con lodolitas silíceas grises claras. En las estacas 2667 y 2682 de la línea ANH-CHBN-2005-02, se observan pequeños afloramientos de lodolitas silíceas grises, con partición en lápiz (*pencil clevage*), las cuales se interpretan como pertenecientes al basamento. Además se observan lodolitas foliadas (estacas 3282 a 3303), asociadas posiblemente a una zona de falla (metamorfismo dinámico) sobre la línea ANH-CHBN-2005-04 (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Ambiente. El ambiente tectónico de formación de estas rocas ha sido objeto de gran controversia. Hacia el Cretáceo, se presentan depósitos marinos profundos, secuencias de pelitas y turbiditas, intercalados con flujos basálticos, descansando sobre una secuencia ofiolítica. Como resultado de la subducción de la Placa de Farallones debajo de la Placa Suramericana, se crea un prisma de acreción incipiente, con el desarrollo de fallas de cabalgamiento con vergencia al Oeste, lo cual crea un *melange* tectónico, que determina la formación de la Cordillera Occidental. Discordantemente, hacia el Paleoceno-Eoceno, se presentan una nueva depositación en una cuenca de *forearc* llegando a profundidades abisales, el cual ha sido continuamente acrecionado, formando el piedemonte de la Cordillera.

Edad. A las rocas de esta unidad se les ha asignado un amplio rango de edad, desde Cretácico Superior (de manera indirecta *en* Cossio, 2003), correlacionándolas con el Grupo Cañasgordas, hasta Eoceno, en algunos segmentos sedimentarios del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001)

Correlaciones. Esta unidad corresponde a parte del basamento económico de la cuenca; en la Plancha 204-Cucurrupí de INGEOMINAS, este segmento de la línea ANH-CHBN-2005-02 corresponde al Complejo Santa Cecilia – La Equis, el cual agrupa las formaciones Santa Cecilia, La Equis, los complejos El Paso y Viravira, y las rocas volcano-sedimentarias en la cuenca del Río Tamaná.

De manera general, las Planchas 203 (Cossio, 2003) y 204 (Zapata y Cossio, 1999) de INGEOMINAS proponen el contacto del basamento con rocas sedimentarias

cenozoicas como un contacto erosivo (discordante) mientras que en este trabajo se propone un contacto fallado, en el que las rocas del basamento están cabalgando sobre las rocas del Terciario. Esto evidenciado principalmente en la línea ANH-CHBN-2005-02 sobre rocas del Cenozoico, donde se encuentran bloques pertenecientes al basamento (estacas 2638 a 2690), lo cual se explica por la acción de fallas de cabalgamiento de alto ángulo con vergencia Oeste que involucran basamento e incluyen segmentos sedimentarios del Eoceno (Cretáceo Superior?) como se describe dentro del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001, p. 38-40)

2.1.2. Formación Barroso (Ksb)

Rocas volcánicas que afloran en el área del proyecto solamente en el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-06, en el piedemonte de la Cordillera Occidental, comportándose como el basamento económico de la cuenca. Aflora a partir de la estaca 3177 hacia mayores, determinando un terreno ondulado a montañoso de pendientes moderadas a fuertes (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3.2).

Los afloramientos de esta unidad se presentan en las laderas de las montañas acompañados de grandes coluviones y a lo largo de los ríos y quebradas típicos de piedemonte, caracterizados por la presencia de grandes bloques de rocas volcánicas. (Ver Figura 7).

Litología. La unidad en este sector esta conformada principalmente por diabasas, aunque también se observan basaltos, brechas, aglomerados, y rocas intrusivas.

Las diabasas son faneríticas, de grano fino, compuestas por plagioclasa y piroxenos, de color verde con tonos grisáceos claros a oscuros en muestra fresca, y de color rojo violáceo por meteorización. Se observan bloques de diabasas color verde grisáceo con venas de cuarzo de hasta 5 cm de espesor.

Los basaltos son masivos, se presentan como grandes bloques, de color gris claro a oscuro, con tonos verdosos correspondientes a una matriz cloritizada. Localmente se observan bloques de brechas, pegmatitas, rocas intrusivas (e. g. granodioritas) y

depósitos coluviales semilitificados, lo cual es evidencia de una alta actividad tectónica hasta el reciente. (Ver estaciones L06-34 a L06-41, Anexo 3.3.2). Ver Figura 7.

Ambiente. El ambiente tectónico de formación de las rocas basálticas del occidente colombiano ha sido objeto de controversia, y se han propuesto varios modelos para su generación, todos mencionados en la plancha 222 - Sipí (Cossio, 2003): el de piso oceánico por Pichler (1974), Bourgois et al. (1982), McCourt et al. (1984), entre otros; el de arco de islas por Gossens et al. (1977), Barrero (1979), Pérez (1980), Calle et al., (1980), Galvis (1980) y Millward et al. (1982); el modelo de *plateaus* oceánicos por Millward et al. (1984) y Nivia 1987 (en Nivia, 1996). Kerr et al. (1997) consideran "que es imposible que los basaltos derivados del *plateau* cretácico del occidente de Colombia sean productos de fusiones primarias del manto y más bien que pudieron haberse fraccionado de un magma parental más picrítico; también consideran, basados en datos geoquímicos, que los cuerpos de basaltos de edad cretácica que ocurren en la Cordillera Occidental y Serranía del Baudó, fueron formados en un *plateau* oceánico, muy probablemente en el Pacífico como parte del *plateau* oceánico caribeño". (Ver Capítulo 5).



Figura 7. Quebrada de piedemonte, con grandes bloques de rocas volcánicas en la línea ANH-CHBN-2005-06, estaca 3293-3294 (ver Estación L06-35, Anexo 3.3).

Según Nivia (1996) *en* Plancha 222 – Sipí (Cossio, 2003) para estas rocas de tipo basáltico como la Formación Barroso "las características más importantes para la interpretación del ambiente de formación son la presencia de flujos masivos que indican una efusión abundante y rápida de lava, la presencia de lavas almohadilladas sugiere erupciones submarinas en coladas cuyos volúmenes de efusión son similares a los producidos en las dorsales oceánicas donde estos rasgos son típicos y la abundancia de amígdalas insinúa que la presión hidrostática no era tan alta como para impedir la degasificación de los magmas. En consecuencia, considera probable que algunas de estas efusiones se sucedieran muy cerca al nivel del mar o incluso que pudiesen ser subaéreas". (Ver Capítulo 5).

Edad. Basados en evidencias indirectas, a esta unidad se le ha asignado una edad Cretácico Superior (Álvarez y Gonzáles, 1978, *en* Cossio, 2003)

Correlaciones. Esta unidad puede correlacionarse con el Grupo Diabásico que ha sido extensamente mencionado en la literatura del Cretácico de la cordillera occidental y que aflora en la plancha 241 – Cucurrupí.

2.1.3. Batolito de Mandé (Pgem)

Cuerpo intrusivo de gran tamaño que aflora en el extremo norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, comportándose como parte del basamento económico de la cuenca. Aflora a partir de la estaca 5610 de esta línea hacia mayores, determinando un terreno ondulado a montañoso de pendientes moderadas a fuertes (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01-Anexo 2.5.2). Buenos afloramientos de esta unidad se pueden observar a lo largo del Río Andágueda (ver Figura 8), en donde se puede evidenciar el contacto con la suprayacente Formación Sierra el cual puede ser discordante o fallado.

Litología. A lo largo del Río Andágueda se observan principalmente dioritas, las cuales presentan grano fino a medio, color gris oscuro, cristales de plagioclasa, cuarzo, hornblenda, y mineralizaciones de clorita por alteración. En general se presentan alteradas, con un alto fracturamiento. Localmente se pueden presentar basaltos porfiríticos y/o andesitas, de color gris oscuro, las cuales se pueden correlacionar con diques de esta composición descritos para esta unidad.



Figura 8. Afloramiento sobre el Río Andágueda, sobre la estaca 5652 de la línea ANH-CHBN-2005-01 donde se observan las rocas fracturadas del Batolito de Mandé. (Ver Estación L01-12 – Anexo 3.5).

Ambiente. A finales del Cretácico tardío comienzos del Paleoceno, se formó en el área, en su borde más este, el arco magmático de Mandé, compuesto por las rocas volcánicas básicas del Complejo Santa Cecilia – La Equis, a las cuales se asocian sedimentos provenientes de la erosión del arco magmático y del continente. Estas rocas de acuerdo a Parra y Salazar (1999) en la Plancha 185-Bagadó están espacialmente asociadas al Batolito de Mandé, de composición diorita – granodiorita con facies marginales dioríticas, e intruido por pórfidos dacíticos. Las dataciones isotópicas, en el batolito, indican edades del Paleoceno – Eoceno (Sillitoe et al, 1982, Göbel & Stibane, 1979 en Plancha 185-Bagadó).

Edad. A esta unidad se le ha asignado una edad Paleógeno, con mineralizaciones que van del Paleoceno al Eoceno (Parra y Salazar, 1999).

Correlaciones. Esta unidad concuerda con la descripción realizada para la plancha 185 – Bagadó (Calle y Salazar, 1999, y Parra y Salazar, 1999).

2.1.4. Complejo Ultramáfico Zonado del Alto Condoto (Nguc)

A esta unidad se asocian tres cuerpos intrusivos de composición máfica observados en varios segmentos del área norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, afectando a rocas de la Formación Istmina, los cuales pueden ser evidencia de la subducción de la Placa Nazca sobre la Suramericana. Geomorfológicamente, se presenta un terreno ondulado de colinas amplias y pendientes suaves (ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5)

Estos cuerpos alcanzan hasta 1 Km. de extensión a lo largo de esta línea, aflorando entre las estacas 5391 – 5437 (Estación L01-02, Anexo 3.5); aproximadamente entre las estacas 4993 y 5052 (estaciones L01-17, L01-18, L01-19 y L01-21, ver Anexo 3.5); en esta zona se realizó un recorrido paralelo a la línea sobre la Quebrada Jóbaro, en donde también se observaron estas rocas.

Litología. Estas rocas corresponden a gabros de color gris oscuro – verdoso, de textura microporfirítica; se observan cristales de cuarzo, feldespatos y hornblenda, con presencia de clorita por alteración (ver Figura 9).



Figura 9. Rocas intrusivas de composición máfica a intermedia, aflorando sobre la Quebrada Jóbaro en zona cercana a la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-17, Anexo 3.5).

Ambiente. Esta unidad de acuerdo a Zapata (2001) en Plancha 204-Pueblo Rico, se formó a partir de un evento magmático de edad Mioceno por continuación de un proceso de subducción, que conduce a la ruptura de la Placa Farallones y la formación de la Placa Nazca, provocando el levantamiento de la Cordillera Occidental, iniciando una nueva actividad magmática en el flanco occidental de la cordillera. De acuerdo con Salinas et al. (1994) *en* la Plancha 204-Pueblo Rico (Zapata, 2001), el plutonismo está señalando el emplazamiento del cuerpo ultramáfico zonado del Alto Condoto el cual es favorecido por fallamiento, que permitió el ascenso de magma ultramáfico rompiendo el basamento oceánico.

Edad y correlaciones. Dada la similitud litológica, se ha dado el mismo nombre utilizado en la plancha 204 – Pueblo Rico (Zapata y Cossio, 1999, y Zapata, 2001). A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Temprano.

2.2. ROCAS SEDIMENTARIAS.

2.2.1. Formación Penderisco – Miembro Urrao (Kspu)

Se constituye como parte del basamento económico de la cuenca, aflorando en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental hacia el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-08, primero en un pequeño segmento desde la estaca 3818 a 3828 y luego a partir de la estaca 3917, en el costado oriental del valle del Río Garrapatas, hacia estacas mayores. La unidad está compuesta principalmente por lodolitas negras, que muestran incipiente foliación; localmente se encuentran areniscas tobáceas masivas. Se caracteriza por un relieve montañoso, con pendientes fuertes y continuas, con un rango de elevación entre 50 m en el valle del Río Garrapatas y 600 m.s.n.m. Las capas se presentan buzando hacia el SE.

Litología. Las lodolitas se presentan de color gris a negro, en capas plano-paralelas de 15 a 30 cm de espesor con laminación delgada y una incipiente foliación de tipo dinámico, marcada por una leve orientación de las micas, así como algo de fracturamiento (ver Figura 10). Ocasionalmente se observan areniscas tobáceas muy alteradas, masivas, ligeramente lodosas con presencia de micas y gránulos de protolito ígneo.



Figura 10. Afloramiento de lodolitas negras con estratificación plana continua, en capas medias sobre quebrada en cruce con la línea ANH-CHBN-2005-08, estaca 3925 a 3926, dirección de la foto 40⁰. (Ver Estación L08-22, Anexo 3.4).

Ambiente. El Miembro Urrao ha sido descrito como una secuencia de sedimentitas tipo *flysch*, los cuales pueden interpretarse en términos de facies de turbiditas proximales (Plancha 222-Sipí). Según Alvarez (1983) *en* Plancha 222 - Sipí (Cossio, 2003) el ambiente de sedimentación es marino y probablemente transicional entre las llanuras abisales y el talud continental.

Edad. A partir de algunos fósiles clasificados por Etayo et al. (1982, *en* Cossio, 2003) de rudistas (*Durania* sp.) y rodofitas del tipo *Archacolithothamniun* sp. se establece para esta unidad un intervalo de edad del Albiano – Maastrichtiano para los primeros tipos de fósiles y Campaniano – Maastrichtiano para los últimos.

Correlación. Esta unidad es correlacionable litológicamente con la Formación Lázaro de la Plancha 223 - El Cairo y la Formación Río Piedras de la plancha 241 - Cucurrupí. Así mismo cabe resaltar que en la plancha 203 – Istmina esta unidad es descrita mostrando metamorfismo regional de bajo grado (Cossio, 2003).

2.2.2. Formación Iró (Ngpei)

Unidad sedimentaria que aflora en la línea ANH-CHBN-2005-02 hacia el Oriente del Río San Juan hasta el contacto con el basamento económico, en el costado occidental del Río Iró. En esta línea se observa a lo largo de aproximadamente 400 estacas (10 Km.) entre las estacas 2265 y 2638, y luego entre las estacas 2690 y 2729 por repetición tectónica. (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-02-Anexo 2.1.2). Para la línea ANH-CHBN-2005-01 aflora desde el cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02 hacia el sur. Sobre esta línea se observa a lo largo de dos segmentos de aproximadamente 650 estacas (16 Km.), entre las estacas 4109 y 4529, y luego entre las estacas 4667 y 4922, correspondientes a los flancos de un sinclinal con eje ENE-WSW. Así mismo para el área de la línea ANH-CHBN-2005-01 se interpreta a la Formación Iró cabalgando sobre unidades más jóvenes, formando un sinclinal en cuyo núcleo se encuentra la Formación Sierra. El contacto norte (estaca 4922) se asume fallado con la Formación Istmina, así como el contacto sur (estaca 4109) con la Formación Conglomerados de La Mojarra; los contactos en el núcleo del sinclinal (estacas 4529 y 4667) pueden ser discordantes o transicionales con la Formación Sierra. (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5.2).

Esta unidad se compone por intercalaciones de calizas, chert, lodolitas silíceas grises claras a negras y esporádicamente violáceas; localmente se observan manchas de petróleo seco en chert rosado claro muy fracturado. Se presentan buenos afloramientos sobre la línea ANH-CHBN-2005-02 a lo largo del Río Chato, de la estaca 2586 hacia menores, en la quebrada de la estaca 2622, y en la Quebrada Tadocito (Figura 11), en la estaca 2718; de igual manera sobre la línea ANH-CHBN-2005-01 se presentan buenos afloramientos a lo largo del Río Iró, en cercanías a la estaca 4350 (Figura 12). Localmente, se presentan amplios afloramientos de rocas ígneas, las cuales se han interpretado como silos de composición diorítica intercalados dentro de la Formación Iró.

Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación entre 100 y 200 m. s. n. m. En general, las capas se observan buzando hacia el S-SW, presentando bastantes replegamientos y fallas a escala de afloramiento con vergencia W-NW.



Figura 11. Afloramiento de la Formación Iró sobre la Quebrada Tadocito, aproximadamente a 100 m al sur de la línea ANH-CHBN-2005-02 conformado por intercalación de calizas (mudstone) con lodolitas grises en capas delgadas a medias. (Ver Estación L02-29, Anexo 3.1).

Litología. Las calizas (*mudstone* a *wackestone* y esporádicamente *packestone* a *grainstone*) se presentan en capas delgadas a medias (5 a 20 cms), tabulares, paralelas, continuas, masivas a finamente laminadas, de color blanco a gris verdoso claro; presentan venillas muy delgadas de calcita. (Ver Figura 11).

Los cherts son de color gris claro a negro, en capas delgadas a medias (5 a 20 cms), masivas a finamente laminadas, con laminación delgada a gruesa de chert gris claro blancuzco y negro (Figura 12). Generalmente se presentan muy fracturados, con partición de lidita. Localmente, entre las estacas 2472 a 2474 de la línea ANH-CHBN-2005-02 (Ver Estación L02-37, Anexo 3.1), se observa chert rosado claro a blanco, muy fracturado, con manchas de petróleo seco entre las fracturas y sobre la superficie de la roca desarrollando una textura terrosa de color negro, con rastros de burbujas (?) evidenciando una migración de hidrocarburo a superficie (rezumadero inactivo), ver Figura 13.



Figura 12. Afloramiento de la Formación Iró, estaca 4121 de la línea ANH-CHBN-2005-01. Intercalaciones en capas delgadas a medias de cherts diagenéticos y lodolitas calcáreas *(mudstone)*. (Ver Estación L01-52, Anexo 3.5).



Figura 13. Petróleo seco rellenando fracturas y en la superficie de chert color rosado claro a blanco. Afloramiento muy diaclasado entre las estacas 2472 a 2474, línea ANH-CHBN-2005-02. (Ver Estación L02-37, Anexo 3.1).



Figura 14. Cuerpos intrusivos de composición diorita – granodiorita, dentro de la Formación Iró, en cercanías a la estaca 4889 de la línea ANH-CHBN-2005-01. (Ver Estación L01-23, Anexo 3.5).

Las lodolitas son grises claras a oscuras, masivas, en capas delgadas a medias, silíceas, muy compactas, con partición de lidita. Localmente se presentan lodolitas violáceas, masivas, muy compactas, con fracturas muy finas rellenas de calcita. De igual manera, localmente se observan capas delgadas de *shales* negros, con alto contenido carbonoso, bituminosos (?), muy compactos, finamente laminados.

Los silos son de composición diorítica a granodiorítica, de color gris claro a verdoso oscuro, textura granular de grano fino, con cristales de anfíboles, plagioclasa y cuarzo, y abundante clorita por alteración. Las rocas se presentan muy fracturadas y meteorizadas. Localmente se observa una ligera foliación de los cristales y posible recristalización por posible proximidad a una zona de falla (estaciones L-01-27/28/32/33/34, Ver Anexo 3.5); ver Figura 14.

Ambiente. La Formación Iró, corresponde a unidades sedimentarias depositadas en una cuenca de *forearc*, en un ambiente marino tranquilo de costa afuera, donde la presencia de chert se explica por procesos diagenéticos, donde el carbonato de

calcio de las calizas es reemplazado por sílice proveniente de zonas emergidas aledañas, y ocasionalmente por radiolarios y diatomeas. Se presentan variaciones del nivel del mar preservando las intercalaciones de calizas.

Edad. A la Formación Iró se le ha asignado una edad Paleoceno Tardío a Eoceno Tardío, la cual es comparable con las edades dadas para la Formación Tadó (Plancha 203 - Istmina, Cossio 2002 y 2003) y la Formación Salaqui (Plancha 204 - Pueblo Rico, Zapata y Cossio ,1999 y Zapata ,2001). Sin embargo, Cossio (2003) y Zapata (2001), han resaltado la existencia de estudios que asignan una edad Cretácico Tardío, correlacionable con el Miembro Nutibara de la Formación Penderisco (Grupo Cañasgordas), lo cual se explica como pequeños bloques tectónicos entre la Formación Iró.

Correlaciones. Dado que la Formación Iró aflora en el área entre las planchas 203 y 204 de INGEOMINAS, la litología ha sido descrita por Cossio (2002 y 2003) asignándole el nombre de Formación Tadó (Plancha 203 Istmina), mientras que Zapata y Cossio (1999) y Zapata (2001) describen estas rocas como pertenecientes a la Formación Salaqui (Plancha 204 Pueblo Rico). Ver Figura 3.

La litología descrita en ambas planchas es muy similar, y las dos unidades son fácilmente correlacionables con la descripción realizada por la ANH de la Formación Iró. En la Plancha 204 - Pueblo Rico (Zapata y Cossio, 1999), la Formación Salaqui (*léase* Formación Iró) aparece en la línea ANH-CHBN-2005-02 como un bloque tectónico entre la Falla El Tapón (con vergencia NW; Falla San Juan en la Plancha 203) a estacas menores, y la Falla Las Mojarras (con vergencia E) a estacas mayores, cabalgando sobre unidades más jóvenes (Oligoceno – Mioceno) correspondientes a las formaciones Istmina (Plancha 203) y Uva (Plancha 204) las cuales son correlacionables. Sin embargo, las observaciones realizadas en campo no confirman este cambio litológico, determinando la existencia de una litología homogénea correspondiente a la Formación Iró desde el valle del Río San Juan en el Occidente hasta el basamento económico de la cuenca al Oriente. En el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-02, el primer cambio litológico se presenta entre las estacas 2638 y 2690 donde se observan rocas correlacionables con el basamento (Complejo Santa Cecilia – La Equis); sin embargo, sobre este segmento se observan depósitos coluviales con fragmentos de roca con la misma litología

observada entre las estacas 2690 y 2730, donde se observa una secuencia sedimentaria de origen marino que se ha correlacionado con la Formación Iró, que de igual manera puede correlacionarse con las unidades sedimentarias de edad Eoceno descritas dentro del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001).

Así mismo los cuerpos intrusivos observados dentro de la Formación Iró, de igual manera han sido descritos como silos de composición granodiorítica por parte de geólogos de INGEOMINAS (Cossio, 2003) y de la industria del petróleo (Rodríguez, 1990).

2.2.3. Formación Sierra (Pgos)

Unidad sedimentaria que aflora en dos segmentos en el área norte de la línea ANH-CHBN-2005-01; el primero de ellos se encuentra entre las estacas 4529 y 4667 en el núcleo de un sinclinal amplio en cuyos flancos se encuentra la Formación Iró, en contacto erosivo, discordante. (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5.2). El segundo segmento se encuentra entre las estacas 5559 y 5617, en alrededores del Río Andágueda donde se describe la sección tipo (Taylor, 1965, *en* Rodríguez, 1990), y en donde se interpreta como una secuencia que descansa inconforme sobre el Batolito de Mandé e infrayace discordantemente la Formación Istmina; sin embargo, el contacto con el Batolito de Mandé puede ser fallado dada la presencia de buzamientos altos y un alto fracturamiento de las rocas en esta zona.

Litología. La Formación Sierra esta constituida por una intercalación de lodolitas y areniscas calcáreas, calizas y conglomerados polimícticos matriz soportados. En el segmento central se observa una intercalación de conglomerados y areniscas, los cuales pueden corresponder con el segmento basal de esta unidad (ver Figura 15, Estación L01-39, Anexo 3.5). Las areniscas son líticas, de grano medio, color amarillo ocre, en capas medias con laminación ondulosa a paralela continua; los conglomerados son polimícticos, matriz-soportados, con gránulos a cantos subredondeados a redondeados de composición lítica (areniscas, lodolitas, rocas volcánicas).



Figura 15. Intercalación de conglomerados y areniscas, hacia la base (?) de la Formación Sierra, sobre el segmento central de la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-39, Anexo 3.5.



Figura 16. Intercalación de lodolitas calcáreas *(mudstone - wackestone)* y silíceas de la Formación Sierra, en el segmento norte de la línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-10, Anexo 3.5).

Las areniscas, lodolitas calcáreas y calizas (*mudstone - wackestone - packstone*) se presentan principalmente en el segmento norte, en capas delgadas a medias, de color gris verdoso, con laminación interna, y muy fracturadas (ver Figura 16, Estación L01-10, Anexo 3.5).

Ambiente. Representa un ambiente transicional – regresivo, entre el infrayacente ambiente marino profundo de la Formación Iró, y el ambiente predominantemente continental y parálico del Grupo San Juan que le suprayace; corresponde a variaciones del nivel del mar que permite desarrollar varias superficies discordantes y segmentos con distinto porcentaje de material calcáreo y terrígeno.

Edad. Dada su posición entre la Formación Iró y el Grupo San Juan, varios autores (e. g. Rodríguez, 1990; Suárez, 1990, Peña, 1996) le han otorgado a la Formación Sierra la edad Oligoceno, con contactos discordantes con ambas unidades.

Correlaciones. La Formación Sierra ha tenido un problema de homonimia entre las diferentes nomenclaturas estratigráficas. Geólogos de la industria del petróleo la ubican entre la Formación Iró de edad Paleoceno Tardío – Eoceno Tardío y el Grupo San Juan de edad Mioceno, mientras que en la nomenclatura usada por Ingeominas y Duque-Caro (1990 a, b) con este nombre se han asignado rocas de edad Mioceno Tardío, suprayaciendo al Grupo San Juan. De esta manera, se puede entrar en un grave error al intentar correlacionar estas unidades (Ver Figura 3, Cuadro de correlación estratigráfica).

Dado que se ha optado por utilizar la nomenclatura estratigráfica de la ANH, se ha utilizado el nombre Formación Sierra para designar las rocas entre las formaciones Iró e Istmina con las cuales se interpreta un contacto gradacional a discordante, aunque cabe resaltar que los contactos no son observados en campo, ya que esta unidad es difícil de diferenciar debido a las similitudes litológicas con ambas unidades. Por ejemplo, en el segmento norte, se presenta una similitud con las rocas de la Formación Iró (areniscas y lodolitas calcáreas – *mudstone*), mientras que en el núcleo del sinclinal, suprayaciendo a la Formación Iró, son muy similares a la Formación Istmina (intercalaciones de areniscas y conglomerados de composición lítica).

De esta manera, la Formación Sierra (en sentido de la ANH) puede ser correlacionable con un segmento inferior de la Formación Uva, la cual ha sido descrita por geólogos de INGEOMINAS (Parra y Salazar, 1999, Plancha-185; Cossio, 2003, Plancha-203; y Zapata, 2001, Plancha-204), y esta constituida por intercalación de capas de calizas, areniscas y lodolitas calcáreas principalmente hacia la base, e intercalaciones de areniscas, limolitas y conglomerados hacia el tope (Parra y Salazar, 1999); inclusive, se describe un contacto basal discordante con el Batolito de Mandé sobre la Quebrada Mondocito (Plancha 204, Zapata, 2001).

Así mismo, es posible que la Formación Sierra no esté presente en gran parte (o en la totalidad) de la cuenca, y que este segmento estratigráfico corresponda a una transición entre las rocas marinas de la Formación Iró y las rocas de origen parálico a continental del Grupo San Juan, eventualmente presentando discordancias a diferentes escalas dependiendo de las variaciones del nivel del mar. Esta interpretación es similar a la presentada por los geólogos de INGEOMINAS, en donde se le asigna una edad de Oligoceno a Mioceno Temprano a la Formación Uva (correlacionable con la Formación Istmina), descansando discordantemente sobre unidades más antiguas (Batolito de Mandé y Formación Salaqui, correlacionable con la Formación Iró). Ver Figura 3, Cuadro de correlación estratigráfica.

2.2.4. Grupo San Juan

El Grupo San Juan es de edad Mioceno Temprano a Tardío y está conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. De manera general, el Grupo San Juan fue depositado en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, que se profundiza hacia el occidente, de tal manera que mientras al oriente se presenta un bajo contenido de material calcáreo, representado por períodos de ligera elevación del nivel del mar, hacia el occidente se identifica un ambiente costero más marcado y fácilmente afectable por las variaciones del nivel del mar, presentando aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de niveles de calizas y concreciones calcáreas observables tanto en las formaciones Istmina y Condoto haciéndolas muy difíciles de diferenciar. La Formación Conglomerados de La Mojarra se comporta como un

gran lente de material más grueso que se adelgaza hacia el occidente, intercalado entre las formaciones Istmina y Condoto.

2.2.4.1. Formación Istmina (Ngmi)

Esta unidad aflora extensamente en el área del proyecto CHOCÓ - 2D 2005 (ver Mapa Geológico, Anexo 1.3), encontrando principalmente buenas exposiciones al occidente del Río San Juan. Específicamente, sobre la línea ANH-CHBN-2005-01 aflora en un amplio segmento del extremo norte de la misma, a ambos costados del Río San Juan, el cual en esta área corta la línea en dirección ENE-WSW. Se presenta desde la estaca 4922, al norte del cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02 en contacto posiblemente fallado con la Formación Iró, hasta la estaca 5559, donde suprayace discordantemente (?) a la Formación Sierra. Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5.2.



Figura 17. Contacto erosivo entre los conglomerados polimícticos matriz soportados, de gránulos a guijos, y areniscas lodosas grises. Quebrada Candelaria, aproximadamente a 150 m de la estaca 1868, línea ANH-CHBN-2005-02 (Ver Estación L02-18, Anexo 3.1).



Figura 18. Areniscas lodosas líticas de la Formación Istmina en afloramiento sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina. Vista W-E. Ver Estación L04-34, Anexo 3.2).



Figura 19. Exposición de capas medias y gruesas de areniscas lodosas líticas calcáreas de grano fino, con capas muy finas de lodolitas calcáreas (*packstone*), estaca 1037 de la línea ANH-CHBN-2005-08. Ver Estación L08-56, Anexo 3.4).



Figura 20. Concreciones calcáreas en capas de areniscas de grano medio a conglomeráticas de la Formación Istmina, estaca 1971, línea ANH-CHBN-2005-06. Ver Estación L06-18, Anexo 3.3).

Para la línea ANH-CHBN-2005-02 aflora al Occidente del Río San Juan hasta los depósitos Plio-Pleistocenos de los valles del ríos Cértegui y Quito, pertenecientes a la cuenca del Río Atrato. Aflora a lo largo de aproximadamente 452 estacas (11 Km.) entre las estacas 1813 al Occidente (Falla de la Quebrada Santa Bárbara) y 2265 al Oriente (Falla San Juan), en la *zona estructural central* (ver Perfil Geológico de la línea ANH-CHBN-2005-02, Anexo 2.1.2). Sobre la línea ANH-CHBN-2005-04 aflora también al Occidente del Río San Juan hasta el área de la falla y el anticlinal de la Mojarra, desde la estaca 2090 hasta la estaca 2425 (aproximadamente 10 Km.). (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-04, Anexo 2.2.2).

Hacia la zona sur del proyecto esta unidad aflora en dos segmentos de la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, de nuevo al occidente del Río San Juan, entre las estacas 1510 a 1657 y 1889 a 1992, y en un pequeño segmento en la base del piedemonte de la Cordillera Occidental, entre las estacas 3153 a 3158 de la misma línea e interpretado como discordante sobre las rocas del basamento e infrayaciendo la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3.2).

Para la línea ANH-CHBN-2005-08 esta unidad aflora en varios segmentos, hacia estacas mayores se infiere entre las estacas 3747 a 3818, aunque cubierta por depósitos aluviales del río Garrapatas. En esta área su contacto inferior se presenta discordante con la Formación Penderisco - Miembro Urrao, y hacia el oeste de la misma se encuentra en contacto discordante con la suprayaciente Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm). La Formación Istmina también aflora en los segmentos comprendidos entre las estacas 2181 a 2314 y 1823 a 1899 de esta línea como bloques levantados por cabalgamientos y retrocabalgamientos, algunos de importancia regional, que interrumpen una secuencia monótona de la Formación Condoto. Así mismo esta unidad también aflora hacia el oeste desde el comienzo de la línea ANH-CHBN-2005-08 (estaca 821) hasta la falla de cabalgamiento asociada a la Falla del Río Pepe (estaca 1423), donde se encuentra en contacto con la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-08, Anexo 2.4.2).



Figura 21. Nivel de conglomerados de la Formación Istmina sobre el río San Juan al sur del cruce de la línea ANH-CHBN-2005-04 con el río San Juan. Vista N-S. Ver Estación L04-26, Anexo 3.2.

Esta unidad se compone por una sucesión monótona de intercalaciones de areniscas lodosas grises amarillentas, lodolitas arenosas grises localmente calcáreas y carbonosas y niveles de conglomerados bien consolidados.

Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación medio entre 100 y 200 m. s. n. m. En general se observan buenos afloramientos a lo largo del Río San Juan en la estaca 5152, y en el recorrido entre las estacas 5298 a 5348 de la línea ANH-CHBN-2005-01. Así mismo se presentan buenos afloramientos a lo largo de la Quebrada Candelaria, en la estaca 1868, en la Quebrada Tadó hacia la estaca 2139, ambas de la línea ANH-CHBN-2005-02 y en el costado occidental del Río San Juan. Cabe resaltar que se presentan afloramientos extensos a estacas menores de la línea ANH-CHBN-2005-08 asociados a quebradas y caños con direcciones perpendiculares y paralelas a esta línea.

Litología. Las areniscas son de color gris oscuro a gris verdoso con tonos amarillentos por meteorizacion, principalmente de grano muy fino a fino, hasta medio, en una matriz de lodo que puede variar en porcentaje llegando a lodolitas arenosas y lodolitas (ver Figura 16). Composicionalmente corresponden a litoarenitas con un porcentaje de cuarzo de hasta el 30%, con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, chert, calizas, cuarzo, micas y abundante material carbonoso, con matriz (lodo) y cemento silíceo y en ocasiones ligeramente calcáreo; comúnmente se presentan fragmentos de conchas y fósiles de hojas.

Las areniscas y lodolitas presentan una estratificación en capas tabulares delgadas a medias, con contactos netos, compactas, masivas a finamente laminadas (ver Figura 19), y ocasionalmente segmentos altamente bioturbados. En general, presentan laminillas de material carbonoso, llegando localmente a capas tabulares a lenticulares de carbón de hasta 5 cm de espesor. Localmente se presenta un aumento de contenido calcáreo hacia la zona oeste del área, con presencia de fósiles (e.g. foraminíferos, bivalvos, gasterópodos), llegando a areniscas calcáreas, e inclusive capas muy puntuales de calizas (*mudstone – packestone?*) y localmente concreciones calcáreas de hasta 40 cm de diámetro, con granos de terrígenos (ver Figura 20).

Los conglomerados se presentan como consecuencia de secuencias regresivas, presentando granocrecimiento, disminuyendo las capas de lodolitas arenosas y aumentando gradualmente el contenido de arena tamaño medio a grueso, llegando a intercalaciones de niveles lenticulares de conglomerados de gránulos hasta cantos, con predominio de guijos (Figura 21). De igual manera, se presentan contactos erosivos en la base de los conglomerados (Figura 17), con granodecrecimiento hasta las capas de lodolitas. Los clastos son principalmente líticos (areniscas, lodolitas, chert y calizas) redondeados a subangulares, en una matriz de arena lítica de grano grueso a medio. Los conglomerados son bien consolidados, con cemento silíceo y calcáreo. También se observan areniscas conglomeráticas lodosas a calcáreas con fragmentos de lodolitas y areniscas tamaño gránulo con fragmentos subangulares a subredondeados

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, así como por la presencia de foraminíferos, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría, los fósiles de gasterópodos, la alta bioturbación, la aparición de material carbonoso y fósiles de hojas, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003, y Zapata, 2000 y 2001).

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca del Río Atrato (planchas 203 y 204 de INGEOMINAS) La litología descrita es muy similar en ambas unidades (Cossio, 2003, Plancha 203 y Zapata, 2001, Plancha 204) y es correlacionable con la litología observada en campo. También es correlacionable con la unidad sedimentitas arcillo lodosas del Mioceno medio descrita en la Plancha 241-Cucurrupí de Montoya (2002).

Cabe resaltar que en el segmento de la línea ANH-CHBN-2005-02 (estacas 1813 a 2265), Cossio (2003) en la Plancha 203-Istmina asigna a la Formación Istmina sólo una pequeña franja en el extremo SE del segmento, entre la Falla San Juan al Este y la Falla Dipurdú de Los Indios al Oeste. Aunque según el mencionado autor ésta

última falla separa a la Formación Istmina al Este de la Formación Sierra (de edad más joven) al Oeste, nuestras observaciones realizadas en campo no evidencian algún cambio litológico en esta zona; sin embargo, esto no desmiente la existencia de la Falla Dipurdú de Los Indios, ya que a partir de esta zona (estaca 2150) hacia el Oriente se presentan capas con muy alto buzamiento, casi verticales, evidenciando esfuerzos compresivos con vergencia W, aunque sin un cambio de unidad litológica.

2.2.4.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)

Sucesión monótona de conglomerados polimícticos bien consolidados que localmente presentan con algunas intercalaciones de areniscas lodosas, lodolitas arenosas, areniscas conglomeráticas y ocasionalmente areniscas tobáceas. Esta unidad se presenta como un lente que se adelgaza al Occidente, discordante entre la infrayaciente Formación Istmina y la suprayaciente Formación Condoto (ver Mapa Geológico – Anexo 1.3).



Figura 22. Conglomerados polimícticos con tamaño de clastos hasta cantos, estaca 2983, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-107, Anexo 3.2.

Aflora entre las estacas 4025 a 4109 de la línea ANH-CHBN-2005-01, suprayacida hacia el sur concordantemente por la Formación Condoto, y en contacto fallado al norte con la Formación Iró (Ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5.2); entre las estacas 3441 y 3675 de esta misma línea, se presentan como núcleo de un anticlinal muy amplio suprayacido transicionalmente por la Formación Condoto. Para la línea ANH-CHBN-2005-04 esta unidad aflora en dos segmentos de esta línea, la primera desde la estaca 2888 hasta la estaca 2985 y la segunda desde la estaca 3021 hasta la estaca 3110, cubierta en algunas áreas por la aparición de la Formación Condoto y por depósitos cuaternarios del río Condoto.

Hacia el sur del proyecto, sobre la línea ANH-CHBN-2005-06 esta formación aflora en la zona occidental de esta línea entre las estacas 1992 a 2067, suprayaciendo la Formación Istmina, y en contacto fallado al oriente con depósitos recientes de la llanura aluvial del río San Juan (ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3.2); en la zona oriental de la línea, aflora entre las estacas 3101 y 3141, suprayaciendo en contacto erosivo a la Formación Istmina, este contacto es cubierto por depósitos coluviales. Finalmente, para la línea ANH-CHBN-2005-08 aflora en dos segmentos: hacia estacas mayores entre las estacas 3711 a 3747 en contacto discordante con las Formaciones Itsmina (infrayaciente) y Formación Condoto (suprayaciente) se presenta como un lente que se va acuñando hacia el oeste. Hacia estacas menores se presenta como un bloque levantado asociado al sistema de fallas inversas del río Pepe entre las estacas 1430 a 1452, en contacto fallado con la Formación Condoto hacia el este y la Formación Istmina hacia el oeste (ver Perfil Geológico línea ANH-CHBN-2005-08, Anexo 2.4.2).

Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente fuerte, y un rango de elevación medio entre 90 y 230 m. s. n. m. Se presentan buenos afloramientos asociados a cortes profundos de quebradas y algunos observados sobre el río Condoto y Garrapatas.

Litología. Esta formación está conformada por un conglomerado de gran espesor de color gris a rojizo por oxidación, bien consolidado, con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de rocas volcánicas, cuarzodioritas, chert, areniscas y limolitas, que flotan en una matriz arenosa de grano grueso con esporádica cementación calcárea (ver Figura 22). Se observan

intercalaciones de areniscas de color gris de grano medio a grueso en capas finas a medias lenticulares (ver Figura 23). La unidad se presenta en forma masiva y en ocasiones se observan capas tabulares medias a gruesas. Los afloramientos observados presentan fuerte meteorización y alteración a óxidos.

Para la zona oriental de la línea ANH-CHBN-2005-06, en la base del piedemonte de la Cordillera Occidental, se destaca la presencia de un alto porcentaje de clastos volcánicos, correspondientes a basaltos y diabasas, con una gradual aparición de clastos de chert hacia el oriente. En la línea ANH-CHBN-2005-08 se observan intercalaciones de lodolitas arenosas a areniscas lodosas grises líticas con abundante material carbonoso y restos de hojas, así como intercalaciones de areniscas líticas de grano medio a grueso a areniscas conglomeráticas de color ocre por oxidación, en capas tabulares a lenticulares medias a gruesas, en especial en cercanías a los contactos con la Formación Condoto (ver Figura 24).

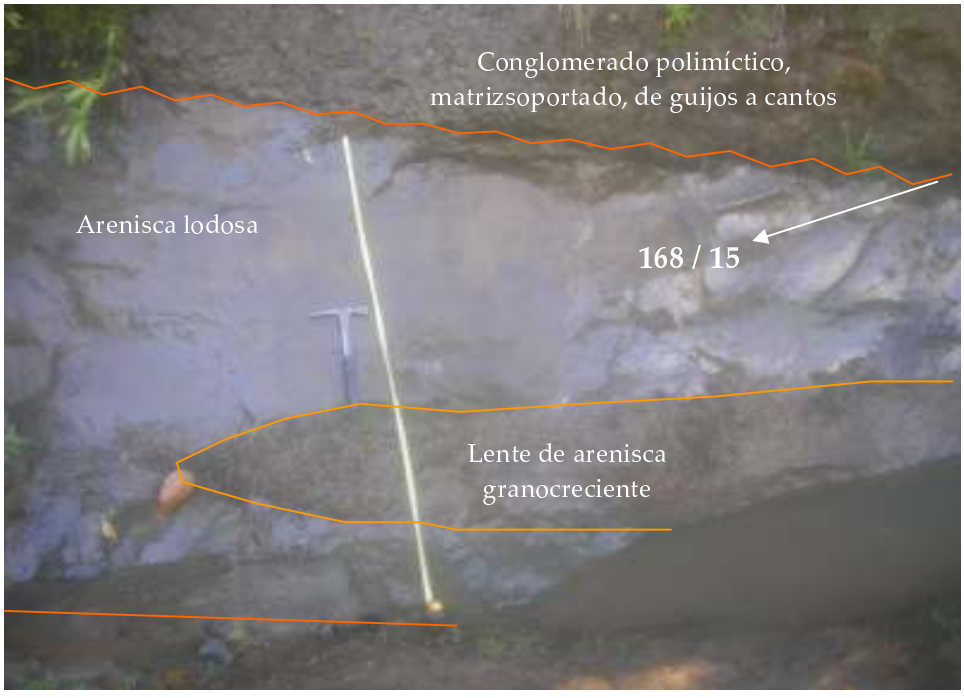


Figura 23. Intercalación de lodolitas arenosas grises, y lentes de areniscas dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Ver Estación L01-84, Anexo 3.5.



Figura 24. Intercalaciones de areniscas lodosas y lodolitas arenosas finamente laminadas (A) en contacto neto con conglomerados polimícticos (B) bien consolidados, estaca 3732-3733, línea ANH-CHBN-2005-08. Ver Estación L08-28, Anexo 3.4.

Ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas en campo la Formación Conglomerados de La Mojarra indica un ambiente de alta energía con cercanía al área de aporte de sedimentos evidenciado por el tamaño y esfericidad de los clastos que la componen. Así mismo, teniendo en cuenta la variedad composicional de los clastos, se puede deducir que el área fuente era de gran extensión y en ella afloraban las Formaciones Iró (hacia el Noreste) y Barroso (hacia el Este), las cuales fueron disectadas por ríos y quebradas de alta energía y pendiente fuerte, característicos de una región de piedemonte, permitiendo la depositación de grandes abanicos aluviales con continuidad lateral irregular en un área deprimida cercana a la costa.

Edad. De acuerdo con su posición estratigráfica entre la Formación Condoto y la Formación Istmina, a la Formación Conglomerados de La Mojarra se le ha asignado, una edad en el límite entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio (Cossio, 2003), correlacionable con el hiato NH 2, de edad 16.1 – 15.1 Ma. (Duque-Caro, 1990 a, b).

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con el límite entre las formaciones Uva y Napipí de la cuenca del Río Atrato (e. g. Zapata, 2001), ya que en esta área no se presenta una unidad con esta litología. Dada la distribución puntual de esta formación, a manera de lente de continuidad irregular, se evidencia que esta unidad fue depositada en un depocentro local durante una época de levantamiento, mientras que en otras áreas se registra una discordancia (i. e. Hiato NH 2, entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio, Duque-Caro, 1990 a, b).

2.2.4.3. Formación Condoto (Ngmc)

Esta unidad aflora extensamente en la cuenca (ver mapa Geológico – Anexo 1.3) y se encuentra conformada por rocas sedimentarias de origen continental a marino que afloran en el segmento central de la línea ANH-CHBN-2005-01 desde la estaca 3393 hasta la estaca 3441 y posteriormente entre las estacas 3675 y 4025, suprayaciendo transicionalmente la Formación Conglomerados de La Mojarra; en el área sur del proyecto, alejados de la línea sísmica, se observan afloramientos en los márgenes del Río San Juan (e. g. Estación L01-99, Anexo 3.5). Para la línea ANH-CHBN-2005-04 también se expone ampliamente en dos secciones, la primera desde la estaca 2425 hasta la estaca 2660 y la segunda desde la estaca 2720 a la estaca 2862.

Hacia el área sur del proyecto aflora en varios segmentos de la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, entre las estacas 821-885, 1098-1425, 1485-1499 y 1657-1889, con pequeños segmentos cubiertos por depósitos aluviales, y en general, suprayaciendo las formaciones Istmina y Conglomerados de La Mojarra, e infrayaciendo la Formación Munguidó. En la zona oriental de esta línea, se interpreta a la Formación Condoto suprayaciendo la Formación Conglomerados de La Mojarra, pero cubierta discordantemente por la Formación Atrato. De igual forma se exhibe extensamente sobre varios segmentos de la línea ANH-CHBN-2005-08. Hacia estacas mayores se presenta acuñándose y en contacto discordante inferior con la Formación Conglomerados de La Mojarra y en contacto transicional superior con la Formación Munguidó. Hacia el oeste del río San Juan aflora extensamente entre las estacas 2314-2433, 1899-2181 y 1452-1823 en contactos fallados con la Formación Istmina, a excepción del contacto mas occidental el cual

es con la Formación Conglomerados de La Mojarra a través de un retrocabalgamiento de la Falla del Río Pepe.

Esta compuesta principalmente por areniscas lodosas, lodolitas arenosas que localmente se presentan finamente laminadas e intercalaciones de calizas y conglomerados polimícticos bien consolidados. Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas con pendientes moderadas a fuertes, y un rango de elevación medio entre 60 y 130 m. s. n. m. Los mejores afloramientos se observan sobre los ríos Condoto y Tamaná, así como afloramientos aislados asociados a pequeñas quebradas. Hacia la parte occidental de la línea ANH-CHBN-2005-08, se presentan afloramientos extensivos de esta unidad (ver Perfil Geológico, línea ANH-CHBN-2005-08, Anexo 2.4.2).

Litología. Esta unidad muestra una secuencia conformada por areniscas líticas, conglomerados y lodolitas. Las areniscas líticas son de color gris oscuro a gris verdoso, de grano fino a medio, con matriz tamaño lodo, que varía en proporción hasta llegar a lodolitas arenosas y lodolitas de color gris claro a gris verdosas, medianamente consolidadas y bioturbadas, en capas delgadas a medias y con laminación fina plano paralela (ver Figura 25); en ocasiones presentan material calcáreo a manera de lodo, cemento o concreciones. Localmente se presenta un aumento en el tamaño de grano, alcanzando areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas de gránulos y conglomerados matriz soportados de gránulos y guijos (ver Figura 26). Ocasionalmente se presenta un aumento en el contenido de material calcáreo a manera de lodo o cemento, llegando a capas de calizas (*mudstone* a *packstone*, e. g. Estaciones L06-01, L06-24, Anexo 3.3) compuestas por pellets y foraminíferos. Localmente se presentan afloramientos de areniscas lodosas con fósiles de bivalvos (Estación L06-07, Anexo 3.3) y afloramientos de areniscas lodosas con abundantes fósiles de hojas y troncos (e. g. Estaciones L01-87, Anexo 3.5).

Los conglomerados se presentan principalmente hacia la base de la unidad, cercano al contacto con la Formación Conglomerados de La Mojarra, en capas delgadas a muy gruesas; están constituidos por gránulos a guijarros subangulares a subredondeados de chert, areniscas, calizas, basaltos y cuarzodioritas, en una matriz de arena media a gruesa de color gris amarillento.



Figura 25. Areniscas lodosas grises en capas delgadas, con laminación fina, plano paralela, aflorando sobre el Río Tamaná. Ver Estación L01-109, Anexo 3.5.



Figura 26. Afloramiento de la Formación Condoto sobre el Río Condoto; en la base conglomerados de guijos, suprayacidos por una intercalación de areniscas y lodolitas en capas medias a gruesas, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-88, Anexo 3.5.



Figura 27. Intercalación de areniscas (color amarillo ocre) y lodolitas en capas delgadas y muy delgadas que indica el desarrollo de parasecuencias, estaca 1459, línea ANH-CHBN-2005-08. (Ver Estación L08-44 – Anexo 3.4.2)

Ambiente. La presencia de areniscas de grano fino a medio en capas tabulares, indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía, representado también por la continuidad lateral y la presencia de laminación plana paralela, formando parasecuencias (ver Figura 27) lo que indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía y que evidencia un ligero cambio en el nivel del mar o el levantamiento progresivo pero lento del área de plataforma. La presencia de material calcáreo refuerza también la idea de que las condiciones de sedimentación corresponden a un ambiente de baja energía. Los niveles de conglomerados que se encuentran en el río Condoto indicarían un depósito en un medio continental, por acción de corrientes de alta energía, como respuesta a una alta actividad tectónica intermitente que facilita la acción erosiva. La composición de los clastos en estos indica que en el área fuente afloraban rocas del basamento, de la Formación Iró, y posiblemente de la Formación Istmina.

Edad. A la Formación Condoto se le ha asignado una edad Mioceno Medio (Cossio, 2003), confirmando su ubicación estratigráfica entre la Formación

Conglomerados de La Mojarra, de edad Mioceno Temprano tardío a Medio, y la Formación Munguidó de edad Mioceno Tardío.

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2003) en la Plancha 203 Istmina y por Zapata (2001) en la Plancha 204 Pueblo Rico, sin embargo, para esta unidad se presenta un mayor contenido de material calcáreo y una ausencia de niveles conglomeráticos, indicando un ambiente netamente marino (Duque-Caro, 1990 a, b, c), mientras que la Formación Condoto presenta un ambiente transicional posiblemente en el borde de la cuenca. La Formación Condoto se encuentra al tope del Grupo San Juan, descansando sobre la Formación Conglomerados de La Mojarra, aunque debido a la falta de continuidad de esta última unidad, también se puede presentar un contacto inferior neto con la Formación Istmina, dificultando la diferenciación de estas unidades debido a su similar litología. El contacto con la suprayacente Formación Munguidó no se observa claramente en campo, pero puede ser discordante (correlacionándolo con el hiato NH3 de Duque-Caro (1990 a, b, c) a transicional como lo propone Cossio (2003).

2.2.5. Formación Munguidó (Ngmm)

Esta unidad aflora extensamente al oeste y sur de la Cuenca del San Juan (ver mapa Geológico – Anexo 1.3). Aparece al oeste de la línea ANH-CHBN-2005-04 desde la estaca 1210 hasta la estaca 1502. Así como en dos pequeños segmentos de la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, entre las estacas 998-1017 y 1441-1475, presentándose en el núcleo del Sinclinal del Río Baudó y del Sinclinal de Capiró. De igual forma para la línea ANH-CHBN-2005-08 la Formación Munguidó se encuentra aflorando hacia el este del cruce de la línea con el río San Juan entre las estacas 2709 a 2802, extendiéndose también hacia el oriente de esta línea y acuñándose cerca al contacto con rocas cretácicas y cubierta discordantemente por la Formación Atrato. Finalmente se presenta en un amplio segmento del extremo sur de la línea ANH-CHBN-2005-01, desde el comienzo de la línea hasta aproximadamente la estaca 1733, donde se puede presentar en contacto discordante con la Formación Atrato; se observan en general varios segmentos cubiertos por depósitos aluviales recientes. En general el contacto inferior de esta

unidad no es observable en campo, pero se supone suprayaciendo la Formación Condoto (ver Perfiles Geológicos, Anexo 2).

Litología. Las areniscas son de grano fino a muy fino, variando el contenido de matriz de lodo; tienen un color gris claro con tonos ocre y amarillentos por meteorización; presentan laminación fina a gruesa, ondulada a plano paralela continua, en capas de a 1 a 2 cm. de espesor (ver Figura 28); localmente se presenta abundante material carbonoso (láminas delgadas de carbón), con fósiles de hojas y restos vegetales, así como areniscas altamente bioturbadas con fragmentos de conchas de bivalvos y gasterópodos (ver Estación L01-138, Anexo 3.5).

Los conglomerados son polimícticos, matriz soportados, con clastos tamaño gránulo a guijo, de cuarzo y fragmentos líticos de chert, areniscas, lodolitas, y rocas volcánicas. La matriz es tamaño arena media a gruesa de color gris claro y tonos amarillentos y rojizos por oxidación.



Figura 28. Afloramiento de la Formación Munguidó sobre el Río Fujiadó; intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas en capas delgadas, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-100 A, Anexo 3.5.



Figura 29. Areniscas de grano muy grueso a conglomerados de gránulos en capas delgadas, con desarrollo de estratificación cruzada, estaca 1428, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-97, Anexo 3.5.



Figura 30. Nivel de conglomerados de la Formación Munguidó, tamaño de clastos gránulos a guijos, en matriz arenosa, estaca 1462, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-57, Anexo 3.2.

Se presentan en capas delgadas a medias con estratificación plano paralela, localmente cruzada (ver Figura 29), en secuencias granodecrecientes a areniscas de grano medio variando el porcentaje de matriz. Localmente se presentan conglomerados clasto-soportados de guijos, en capas muy gruesas (> 2 m), con granodecrecimiento a conglomerados de gránulos matriz soportados (ver Figura 30).

Ambiente. Estas rocas fueron depositadas en un ambiente de plataforma con variaciones del nivel del mar, indicado por las intercalaciones de areniscas y lodolitas. Hacia la parte inferior – media (?) se presenta un ambiente de plataforma somera, de energía relativamente alta indicando períodos de erosión cerca de la costa evidenciado por la presencia de conglomerados y los fósiles de conchas. En el segmento superior (?) se puede evidenciar un ligero descenso en el nivel del mar, pasando a un ambiente más tranquilo cercano a la costa, deducido a partir de la presencia de fósiles de hojas en perfecto estado.

Edad. A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Tardío a Plioceno Temprano (Cossio, 2003), suprayaciendo las rocas de la Formación Condoto.

Correlaciones. Esta unidad se correlaciona temporalmente con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato en sentido de INGEOMINAS (Zapata, 2001, plancha 204; Cossio, 2003, plancha 203) la cual fue descrita por Hafner (1967, *en* Zapata 2001) en el Río Munguidó. Para la cuenca del San Juan, esta unidad se correlaciona muy bien con la Formación Nóvita, propuesta por Cossio (2003) para la geología de la plancha 222 – Sipí (ver Figura 3). En la plancha 241-Cucurrupí, hacia el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-08, Montoya (2000, 2002) propone la unidad "Sedimentitas lodoso-arenosas", la cual correlaciona con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato, y corresponde muy bien con la Formación Munguidó. Es de resaltar que la Formación Munguidó es muy difícil de diferenciar de la Formación Condoto dada la gran similitud litológica.

2.2.6. Formación Atrato (Ngpa)

Se compone por sedimentos no consolidados que afloran extensamente en la cuenca (ver mapa Geológico – Anexo 1.3), como un nivel de terraza antiguo de ríos y corrientes. Para la línea ANH-CHBN-2005-02 aflora hacia el noreste de esta línea

entre las estacas 821 a 1095 y 1258 a 1813. Así mismo se extiende entre las estacas 1502 y 1784 de la línea ANH-CHBN-2005-04. Hacia el sur del área del proyecto aflora en la línea ANH-CHBN-2005-01 en alrededores de los cruces con las líneas ANH-CH-2005-06 y -08, con un amplio segmento cubierto por depósitos recientes de los ríos Cajón y Sipí. Otro segmento de esta unidad en esta línea se presenta al sur del Río Sipí (hasta la estaca 1733), donde hay un posible contacto discordante con la infrayacente Formación Munguidó.

Mas depósitos de esta unidad se exponen en un amplio segmento de la línea ANH-CHBN-2005-06, en general, desde la llanura aluvial del Río San Juan (estaca 2285) hasta el piedemonte de la Cordillera Occidental (estaca 3101), con algunos segmentos cubiertos por depósitos aluviales recientes, lo mismo que para la línea ANH-CHBN-2005-08 donde aflora hacia el este del Río San Juan entre las estacas 2802 a 3701. Así mismo esta formación es observada en la carretera de Istmina a Quibdo; se reconoce un buen afloramiento de esta Formación unos 500 m al norte del punto denominado "La Y", ubicada dentro de la cabecera municipal de Unión Panamericana (o las Ánimas), ver Figura 31.



Figura 31. Afloramiento en el punto "La Y", municipio de Unión Panamericana. Obsérvese el nivel intermedio de conglomerado con tonalidad rojiza. Ver Estación L02-01, Anexo 3.1.

Geomorfológicamente se caracteriza por presentarse como un nivel de terraza, con topografía ondulada, ligeramente disectada, y pendientes moderadas a bajas, alcanzando máximo los 180 m de altura. Los afloramientos de esta unidad se presentan asociados a quebradas menores que cortan este nivel de terraza. Este nivel puede observarse desde la estaca 3205 de la línea ANH-CHBN-2005-01 (al sur del río Tamaná) buzando suavemente hacia el sur, pasando el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-06, hasta la estaca 2539 de esta línea, donde empiezan los depósitos recientes de los ríos Cajón, San Juan y Sipí.

En general se encuentra conformada por capas lenticulares casi horizontales y poco consolidadas (friables y deleznables) de conglomerados con intercalaciones de areniscas y arcillolitas. Su contacto superior es erosivo respecto a los depósitos cuaternarios suprayacentes, mientras que el contacto inferior se supone suprayaciendo discordantemente las formaciones Condoto y Munguidó.



Figura 32. Areniscas conglomeráticas de color rojo ladrillo con tonos amarillentos, estaca 2629, línea ANH-CHBN-2005-01. Ver Estación L01-93, Anexo 3.5.

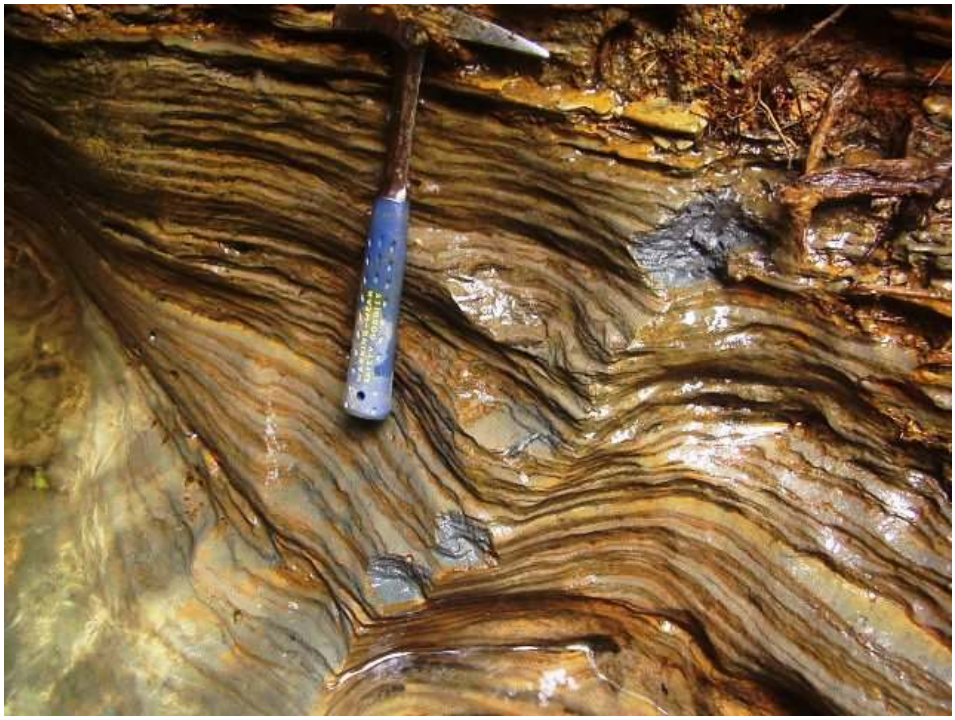


Figura 33. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación plano paralela, poco consolidadas y deformación plástica, estaca 1667, línea ANH-CHBN-2005-04. Ver Estación L04-20, Anexo 3.2.

Litología. De acuerdo a las observaciones de campo, la Formación Atrato está conformada por capas lenticulares casi horizontales y poco consolidadas (friables y deleznables) de conglomerados con intercalaciones de areniscas y lodolitas.

Los conglomerados son polimícticos, de bajo grado de consolidación, masivos, clasto a matriz soportados, con matriz de arena media a gruesa color gris claro con tonos amarillentos y pardo-rojizos por meteorización. Los clastos son subangulares a subredondeados, mal seleccionados, con tamaño predominante de gránulos a guijos. La composición predominante de los clastos es chert, cuarzo lechoso, lodolitas y areniscas, hacia el sur se observan también fragmentos de rocas ígneas volcánicas e intrusivas.

Las areniscas varían en tamaño de grano, predominan de grano medio a conglomeráticas con clastos de gránulos. Presentan un color gris claro con tonos amarillentos por meteorización, y localmente se presentan intercalaciones de capas

muy gruesas de areniscas color rojo ladrillo (ver Figura 32). En general se presentan intercalaciones de niveles carbonosos, con abundantes restos de madera y hojas. Las lodolitas a veces arcillolitas son de color gris en capas medias, plano paralelas y continuas, de naturaleza plástica y su tonalidad es gris azuloso; poseen un bajo grado de consolidación y se presentan bioturbadas (ver Figura 33). Así mismo, se observan intercalados mantos de carbón de hasta 1 m de espesor.

Ambiente. El ambiente sugerido por la litología observada es en general continental - fluvio lacustre. El predominio de conglomerados sugiere un ambiente fluvial de alta energía, mientras que las arcillolitas sugieren un ambiente fluviolacustre de baja energía, con áreas de inundación que permiten la depositación de material más fino.

Edad. La edad de la Formación Atrato se ha asignado al Plioceno. Duque Caro en la Plancha 203-Istmina (Cossio, 2003) considera que la Formación Atrato no es más antigua que el Plioceno. Dada la ausencia de fósiles, la edad de la Formación Atrato no se conoce exactamente, y Aspen et al. (1985) *en* (Cossio, 2003) le asignan la edad Plioceno a la Formación Raposo, correlacionable con la Formación Atrato.

Correlaciones. La Formación Atrato se correlaciona con la Formación Quibdo de las Planchas 184 y 203 de Ingeominas (Cossio, 2003) y la Formación Raposo de las Planchas 222 (Cossio, 2003) y 241 (Montoya, 2000), en forma espacial y temporal (ver Figura 3).

2.2.7. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qc)

Durante el reconocimiento geológico a través de cada línea sísmica se observaron en forma muy extensa depósitos cuaternarios formando aluviones asociados a los principales drenajes del área. Para la línea ANH-CHBN-2005-02, encontramos estos depósitos entre las estacas 1096 a 1258 (Río Quito), 2215 a 2263 (Río San Juan), 2303 a 2369 (Río Mungarrá) y 2732 a 2781 (Río Iró), representando 8.15 km de esta línea. Así mismo para la línea ANH-CHBN-2005-04 se observan depósitos cuaternarios entre las estacas 886 a 1210 (Río Baudó), 1784 a 2094 (Quebrada Peradó) y 2660-2720, 2862-2888 ,2985-3021 para el Río Condoto.



Figura 34. Depósitos recientes de la llanura aluvial del Río San Juan, correspondientes a conglomerados polimícticos no consolidados, estaca 2217, línea ANH-CHBN-2005-02 (ver Estación L02-10, Anexo 3.1).



Figura 35. Depósitos cuaternarios sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina.



Figura 36. Barra de punta en un meandro sobre el Río Condoto, en donde se depositan sedimentos gruesos como cantos y guijos.



Figura 37. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación del Río Tamaná (línea ANH-CHBN-2005-01).

Hacia el segmento sur de la línea ANH-CHBN-2005-01 se observan entre las estacas 1327-1379 (Río Fujiadó), 1670-1688 (Quebrada Cumperro), 1877-2103 (Río Sipí), 2473-2539 (Río Cajón) y 3205-3393 (Río Tamaná). Además para esta línea entre las estacas 2103 a 2473, se presenta un nivel terraza aluvial que varía entre 20 y 30 m.s.n.m., la cual se encuentra entre las llanuras aluviales de los ríos Cajón al norte, Sipí al sur y San Juan al occidente, para esta línea equivalen a 22.4 Km. de la línea sísmica.

De igual manera sobre la línea ANH-CHBN-2005-06 aparecen entre las estacas 841-877 (quebrada afluente del Río Baudó), 885-998 (Río Baudó), 1017-1098 (Quebrada Pital y llanura de inundación del ríos Baudó y Pepe), 1188- 1261 (Río Pepe), 1281-1299 (Quebrada Sandó), 1425-1441, 1453-1460, 1462-1485, 1499-1510, 1529 -1539 y 1542-1554 (quebradas afluentes del Río Pepe), 1729-1736 (Quebrada El Bagre), 1846-1859, 1862-1869 y 1874-1889 (Quebrada Dipurdú de Sabongo), 2067-2285 (Río San Juan y Quebrada Bebedó), 2705-2793 (Ciénaga Daigui y Quebrada Nóvita), 2833-2871 (quebradas afluentes del Río Cajón) y 2943- 3047 (Río Cajón y Quebrada Torrá). Estos depósitos aluviales corresponden a 790 estacas, equivalentes a 19.75 Km. de esta línea sísmica. Finalmente para la línea ANH-CHBN-2005-08 estos depósitos se encuentran entre las estacas 821-867 (Río Baudó), 917-977 (Río Misará), 1966-2013 (Río Docampadó), 2433-2709 (Río San Juan), 3629-3643, 3749-3818, 3828 -3917 (Río Garrapatas), los cuales corresponden a 15.0 Km. de la línea sísmica. Estos depósitos aluviales conforman en general llanuras de inundación aluvial y en algunos casos terrazas aluviales.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones no consolidadas de gravas, arenas y limos, en general con abundante materia orgánica. Los sedimentos más gruesos (guijos, cantos y bloques) se observan principalmente hacia la parte alta de los ríos (e. g. hacia el norte para el Río San Juan, figuras 34 y 35) en donde se desarrollan amplias "playas" que constituyen barras longitudinales o barras de punta de los meandros (Figura 36). Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y forman áreas pantanosas o "chuquias" (Figura 37), las cuales están conformadas por depósitos no compactados de material de grano fino, el cual también puede ser el resultado de la meteorización de las rocas infrayacentes.

Es de destacar la presencia de depósitos coluviales (Qc) extensivos en toda el área del piedemonte de la Cordillera Occidental, los cuales se componen por fragmentos angulares en disposición caótica, con clastos de composición intrusiva y volcánica, tamaño guijo a bloques, evidenciando poco transporte y un proceso de levantamiento y erosión reciente de la Cordillera Occidental.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Cuenca del Atrato – San Juan es una depresión en dirección N-S, caracterizada por anomalías gravimétricas negativas que disminuyen hacia el sur, empezando por valores de 0 mgals en el extremo norte en cercanías a Río Sucio, pasando por valores de -50 mglas en el área de Quibdo y llegando hasta -90 mgals en el extremo S de la cuenca en cercanías a Buenaventura; estos datos han sido interpretados como un engrosamiento de la cobertera sedimentaria hacia el sur llegando posiblemente a 10.000 m de sedimentos que descansan sobre una corteza de carácter oceánico (Case et al., 1971)

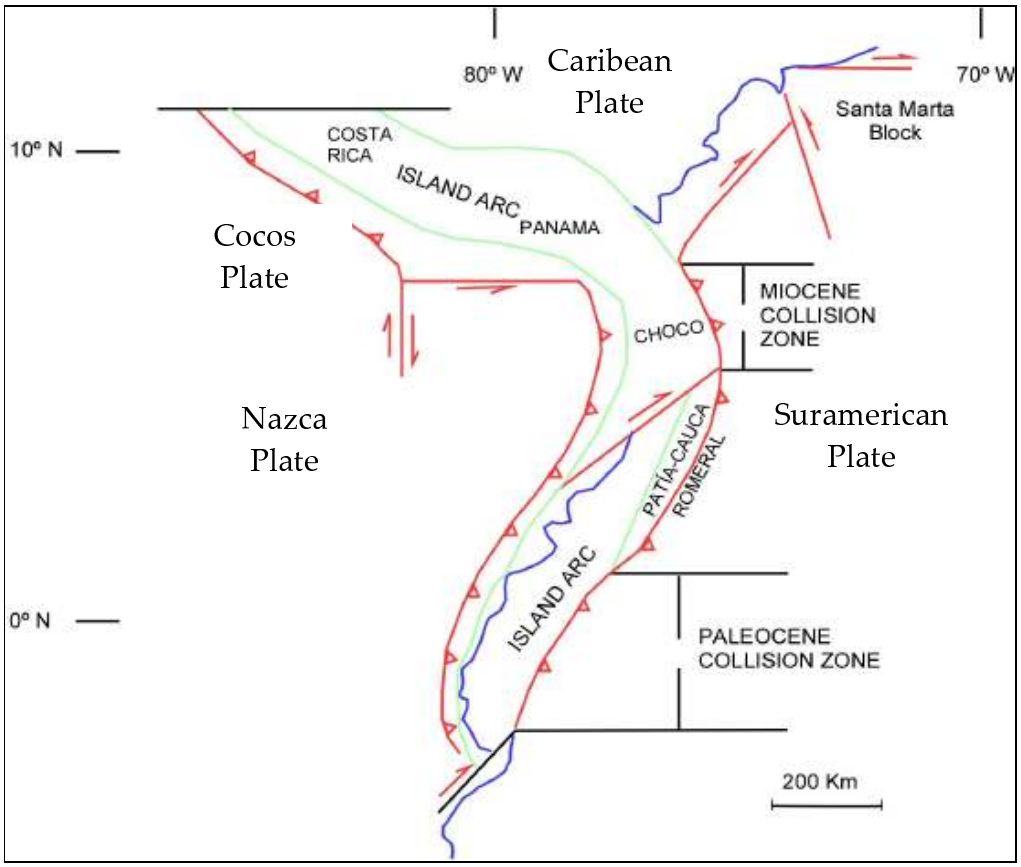


Figura 38. Modelo esquemático de colisión, con desplazamiento sobre fallas de rumbo dextrales. (Tomado de Barrero et al., 2006).

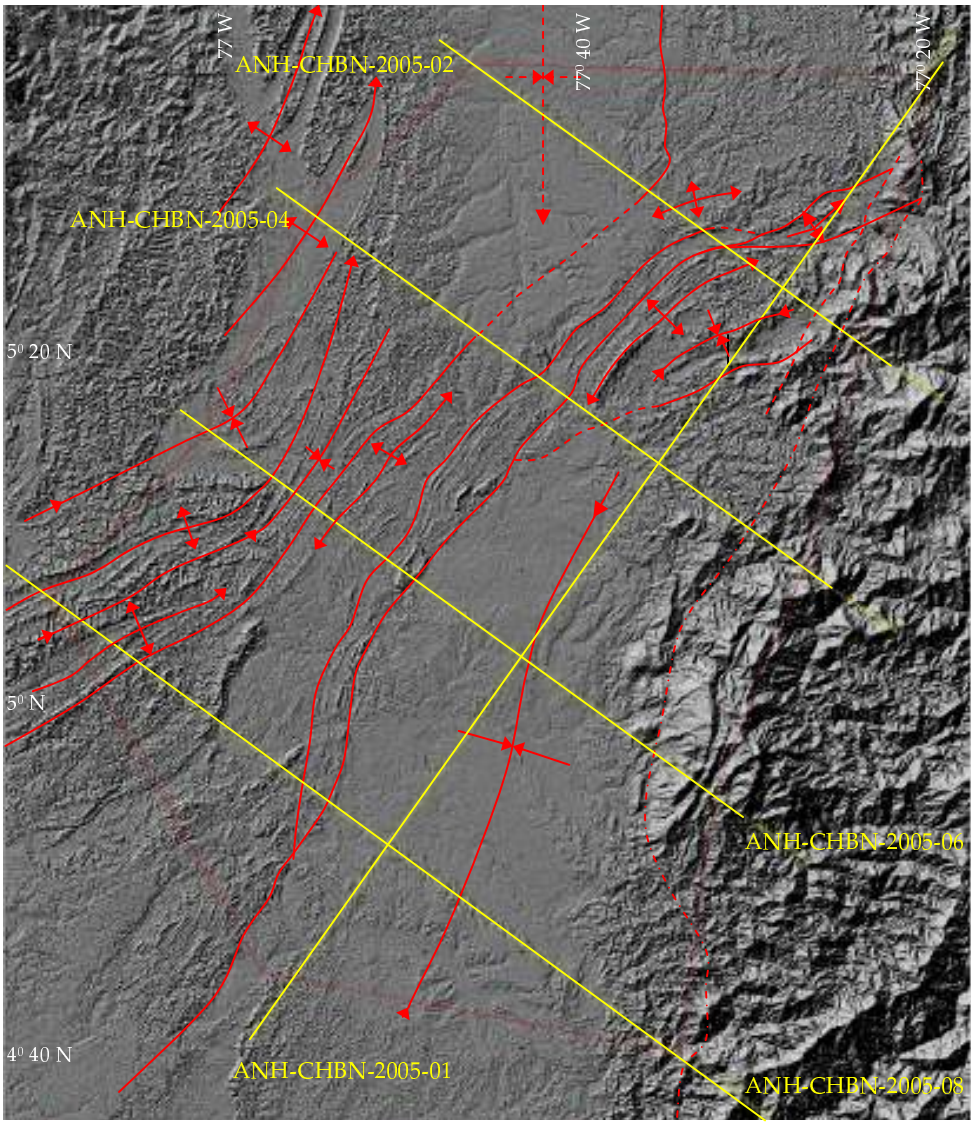


Figura 39. Imagen radar del área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005, sobre la cuenca del Río San Juan, al costado occidental del piedemonte de la Cordillera Occidental. Se resaltan los principales elementos estructurales. Ver Figura 40.

Esta espesa cobertera sedimentaria ha sido el resultado de múltiples y complejos procesos tectónicos que han afectado el extremo NW de Sur América. Esta región se caracteriza por la convergencia de las placas Nazca, Caribe y Suramericana, formando un complejo estructural de terrenos acrecentados a lo largo de varios sistemas de fallas. Específicamente, en la cuenca del San Juan, se observa un

prisma de acreción como producto de un proceso de subducción que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste – Noroeste; esto abanico imbricado pueden tener un componente de rumbo importante en dirección N a NE, como resultado de un posible proceso de subducción oblicua, llevando al desarrollo de megafallas de rumbo con desplazamiento dextral (Aspden, 1984 *en* Zapata, 2001; Barrero et al., 2006). Ver Figura 38.

Estructuralmente, el área de estudio se puede dividir de manera general en dos regiones principales muy diferentes: En el extremo occidental se encuentra un área de estructuras amplias y suaves que corresponde al extremo sur del Bloque Chocó descrito por Duque-Caro (1990 a) y que Cossio (2003) interpreta como perteneciente estructuralmente a la cuenca del Atrato. Al Oriente se presenta un área estructuralmente muy interesante, en el que se desarrolla un abanico imbricado con vergencia Oeste, que cruza por la Zona Deformada de Istmina (Duque-Caro, 1990) hasta el piedemonte de la Cordillera Occidental.

Los elementos estructurales observados en campo permiten identificar la existencia de varios estilos estructurales presentes en el área de estudio. Dado que el reconocimiento geológico se realizó sobre las líneas sísmicas, cada una de ellas fue subdividida en varias *zonas* las cuales corresponden a estilos estructurales con características específicas. Para las líneas NW-SE (líneas ANH-CHBN-2005-02 / 04 / 06 / y 08), se describieron 3 zonas estructurales: una externa u occidental, una central que corresponde a la "Zona Deformada de Istmina" (Duque-Caro 1990 a), y una oriental en la que se incluye el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental. Para la línea de amarre, línea ANH-CHBN-2005-01, de dirección NE-SW y cruza el eje de la zona oriental, se describieron 2 zonas estructurales: una norte que incluye la "Zona Deformada de Istmina" y una sur con presencia de pocos elementos estructurales. Figuras 39 y 40.

3.1. ZONA OCCIDENTAL.

La *zona occidental*, corresponde desde el extremo occidental del área hasta la Falla del Río Pepe en las líneas ANH-CHBN-2005-04 / 06 / y 08 y la Falla de la Quebrada

Santa Bárbara en la línea ANH-CHBN-2005-02, las cuales corresponden al frente de cabalgamiento con vergencia W a NW del piedemonte de la Cordillera Occidental.

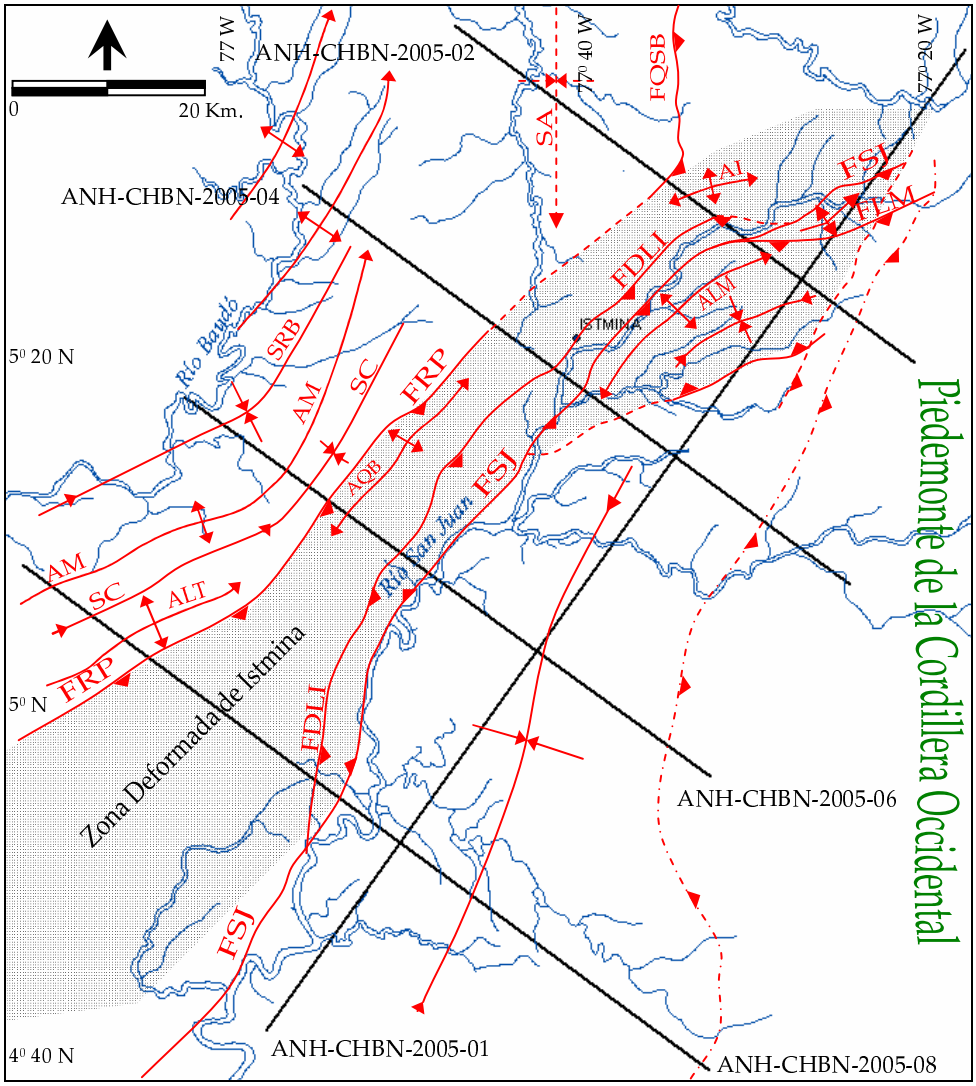


Figura 40. Imagen esquemática resaltando los principales elementos estructurales en el área del Programa Sísmico Chocó – 2D 2005. FRP: Falla del Río Pepe, FQBS: Falla de la Quebrada Santa Bárbara, FDLI: Falla Dipurdú de Los Indios, FSJ: Falla del San Juan, FLM: Falla Las Mojarras, SRB: Sinclinal del Río Baudó, AM: Anticlinal de Mísara, SC: Sinclinal de Capiró, ALT: Anticlinal de La Trojita, AQB: Anticlinal de la Quebrada Beriguadó, AI: Anticlinal de Ibordó, SA: Sinclinal del Atrato, ALM: Anticlinal de La Mojarra. En color gris se resalta la "Zona Deformada de Istmina".

Esta zona presenta en general estructuras amplias y largas de flancos suaves y varios kilómetros de extensión, con ejes de dirección N-S a NE-SW, como por ejemplo, el Sinclinal del Atrato en la parte norte (Plancha 184 – Lloró, Zapata, 2002; línea ANH-CHBN-2005-02, Anexo 2.4), la secuencia de estructuras sinclinales y anticlinales en la parte central (Sinclinal del Río Baudó, Anticlinal de Mísara y Sinclinal de Capiró; Plancha 203 – Istmina, Cossio, 2002; línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3), y el Sinclinal de Capiró y Anticlinal de la Trojita en la parte sur (Plancha 221 – Pizarro, Salazar, 2002 y Plancha 222 – Sipí, Cossio, 2002; línea ANH-CHBN-2005-08, Anexo 2.4) Figuras 39 y 40.

En esta zona no se evidencian fallas que lleguen a superficie, pero se interpreta una vergencia de plegamiento hacia el Este (ver informes líneas ANH-CHBN-2005-06 y 08, Anexos 2.3 y 2.4) dada la concavidad que presentan estas estructuras en vista de planta (ver Figuras 39 y 40, y planchas de Ingeominas, Cossio, 2002; Salazar, 2002 y Zapata, 2002), y los ligeros buzamientos mayores en los flancos orientales (frontales) de los anticlinales (e. g. ver Anticlinal de Mísara, Anexo 2.3; Anticlinales de Calahora, El Salado y del Baudó, Plancha 163, y Anticlinal de la Quebrada Agua Caliente, Plancha 183, Zapata 2003) Esta tectónica con vergencia al Este, puede ser interpretada por la acreción y levantamiento de la Serranía del Baudó. Esta zona corresponde estructuralmente a la cuenca del Atrato (Cossio, 2003)

3.2. ZONA CENTRAL ("Zona Deformada de Istmina")

La *zona central* corresponde al área entre la falla del frente de cabalgamiento con vergencia al W-NW al occidente, y la Falla del Río San Juan al oriente. Esta franja, de aproximadamente 10 Km. de ancho en el extremo Norte, y que alcanza aproximadamente 20 Km. al Sur (ver Figuras 39 y 40), se caracteriza por presentar múltiples pliegues, cortos, apretados y fallados, con una dirección preferencial NE-SW. Entre estos pliegues se destacan el Anticlinal de Ibordó (línea ANH-CHBN-2005-02, Anexo 2.1) asociado al desplazamiento sobre la Falla de la Quebrada Santa Bárbara y el Anticlinal de la Quebrada Beriguadó (línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3) asociado a la Falla del Río Pepe. De igual manera, las líneas NW-SE cortan múltiples pliegues asociados a fallas en profundidad que pueden o no llegar a superficie, principalmente a manera de fallas de propagación.



Figura 41. Afloramiento de capas casi verticales de la Formación Istmina, evidenciando la cercanía a la Falla Dipurdú de los Indios. Línea ANH-CHBN-2005-04, Estaca 2132, Estación L04-43, Anexo 2.

La falla del frente de cabalgamiento corresponde a la Falla del Río Pepe, la cual tiene una dirección N30E y más de 50 Km. de longitud en el área sur y central (líneas ANH-CHBN-2005-04 / 06 / y 08), desapareciendo hacia el norte bajo los sedimentos cuaternarios del Río Quito, y aparentemente continuando en el extremo norte (línea ANH-CHBN-2005-02) donde recibe el nombre de Falla de la Quebrada Santa Bárbara, la cual cambia su dirección, pasando a un rumbo N-S. Esta falla se ha descrito como el límite entre las cuencas del río Atrato, al noroeste, y del Río San Juan al sureste (Cossio, 2003), poniendo en contacto las rocas de la Formación Istmina al Este con las de la Formación Condoto (Napipí *sensu* cuenca del Atrato) en la Falla del Río Pepe, y con las rocas de la Formación Atrato en la Falla de la Quebrada Santa Bárbara.

Hacia el oriente, se presentan múltiples fallas, paralelas a sub-paralelas con dirección NE, las cuales se comportan como cabalgamientos con vergencia W-NW o como retrocabalgamientos con vergencia E-SE. Por ejemplo, la Falla de Docampadó se interpreta como un retrocabalgamiento de la Falla del Río Pepe

(línea ANH-CHBN-2005-06, Anexo 2.3), la cual hacia el norte se verticaliza y cambia de dirección de buzamiento para unirse a la Falla Dipurdú de Los Indios, con vergencia W-NW (Plancha 203 – Istmina, Cossio, 2003).

La Falla Dipurdú de Los Indios corresponde a otra falla importante, de gran continuidad a lo largo de todas las líneas (ver Figura 41); se interpreta como un cabalgamiento de alto ángulo con vergencia W-NW, que disminuye gradualmente hacia el sur, levantando de manera general, las rocas de la Formación Istmina sobre la Formación Condoto.

Estas fallas principales, así como las fallas menores, se interpretan principalmente con un alto buzamiento hacia el SE en superficie, horizontalizándose en profundidad, llegando posiblemente a uno o varios despegues profundos en las capas de lodolitas de las formaciones Sierra o Iró.

3.3. ZONA ORIENTAL



Figura 42. Afloramiento rocas muy foliadas asociadas al basamento. La dirección de foliación medida es 160/35. Estaca 3282, Estación L04-53, Anexo 3.2.

La Falla del Río San Juan es el límite entre la zona central y la oriental, y se comporta de manera general como un cabalgamiento de alto ángulo con vergencia al W-NW, desplazando en la zona norte rocas tan antiguas como del Eoceno (Formación Iró) mientras que hacia el sur de la línea ANH-CHBN-2005-04, la falla se verticaliza, cambiando la dirección de buzamiento, y convirtiéndose en un retrocabalgamiento de la Falla Dipurdú de Los Indios, poniendo en contacto a las rocas del Grupo San Juan con los depósitos recientes del relleno aluvial del río.

En el extremo oriental se presenta el piedemonte de la Cordillera Occidental, el cual se comporta como el núcleo del abanico imbricado con vergencia W-NW, caracterizado por la presencia de fallas inversas de alto ángulo las cuales levantan bloques del basamento. La acción de estas fallas se hace más evidente en el extremo norte del área, donde se interpreta un contacto fallado entre las rocas de la Formación Iró y el basamento, que en este segmento corresponde al Complejo Santa Cecilia – La Equis. Hacia el sur, aunque se hace evidente la existencia de fallas de alto ángulo, se interpreta un contacto discordante entre las unidades del Grupo San Juan y las rocas del basamento (Grupo Cañasgordas). Como resultado del desplazamiento sobre estas fallas, en varios sectores las rocas del basamento se ven intensamente fracturadas y en ocasiones foliadas (Figura 42). Estas fallas inversas de alto ángulo pueden tener un componente de rumbo dextral muy marcado, evidenciado por el "apilamiento" de rocas más antiguas en el extremo norte del área.

Dada la ubicación y dirección de la línea ANH-CHBN-2005-01, la *zona oriental* puede ser subdivida en dos zonas: una Zona Norte y una Zona Sur.

3.3.1. Zona Norte ("Zona Deformada de Istmina")

En el extremo norte del área de estudio (cruce de las líneas ANH-CHBN-2005-02 y 01), afloran las rocas de la Formación Iró como producto del cabalgamiento con vergencia W-NW de la Falla del San Juan sobre las rocas de la Formación Istmina. Esta área corresponde al extremo Noreste de la llamada "Zona Deformada de Istmina", descrita por Duque-Caro (1990 a)

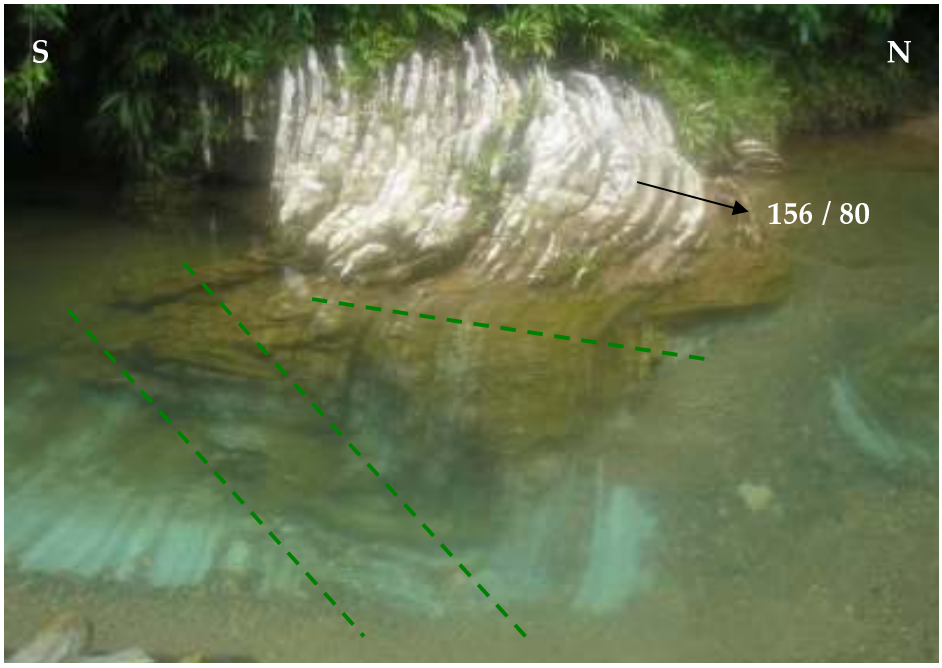


Figura 43. Afloramiento de calizas plegadas y fracturadas de la Formación Iró sobre la Quebrada Tadocito (Estación L01-29, Anexo 2.1). Se observa un buzamiento hacia el Sur y replegamientos con vergencia NW.

Como resultado de la vergencia hacia el W-NW, las rocas de la Formación Iró son plegadas, formando el Anticlinal de La Mojarra (Figuras 39 y 40, y Anexos 2.1 y 2.2), la cual es una estructura alargada, con eje en dirección N40^{0}E, con un flanco frontal occidental de alto grado (60^0) y un flanco trasero oriental de ángulo moderado (30^0), indicando así la vergencia del pliegue.

Las rocas de la Formación Iró, dada la reología del material y los intensos esfuerzos a los que se vieron expuestas, presentan un patrón de fracturamiento muy denso, con lodolitas y cherts con partición en lidita, calizas con fracturas en dos direcciones y silos dioríticos muy fracturados y ligera foliación (Figura 43). De igual manera, presentan múltiples plegamientos asociados a fallas a escala de afloramiento, en los que se puede evidenciar una vergencia hacia el W-NW y un buzamiento regional hacia el Sur (Figura 44).

Este bloque levantado tiene un límite hacia el sur correspondiente a una falla de cabalgamiento con vergencia S-SE, que pone en contacto a las rocas de la

Formación Iró con la Formación Conglomerados de La Mojarra (ver Línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5). Esta falla puede prolongarse hacia el SW uniéndose con la Falla del San Juan (al sur de la Línea ANH-CHBN-2005-04) a manera de un retrocabalgamiento profundo, siguiendo el lineamiento interpretado como la Falla Las Mojarras por Cossio, 2002, en la Plancha 203 – Istmina. Ver Figuras 39 y 40.

Hacia el Norte, se evidencia una zona de falla con vergencia al N-NW debido al buzamiento regional de la Formación Iró hacia el Sur en el bloque colgante, y por la presencia de un cambio litológico de silos dioríticos ligeramente foliados de la Formación Iró a las rocas de la Formación Istmina al norte. Esta falla alcanza un rumbo de N80^{0}E, y se ha interpretado como una falla satélite de la Falla del San Juan, correspondiente a parte del lineamiento de la Falla Las Mojarras interpretada por Cossio, 2002, y Zapata y Cossio, 1999 (planchas de Ingeominas 203 y 204, respectivamente). Ver Figuras 39 y 40.

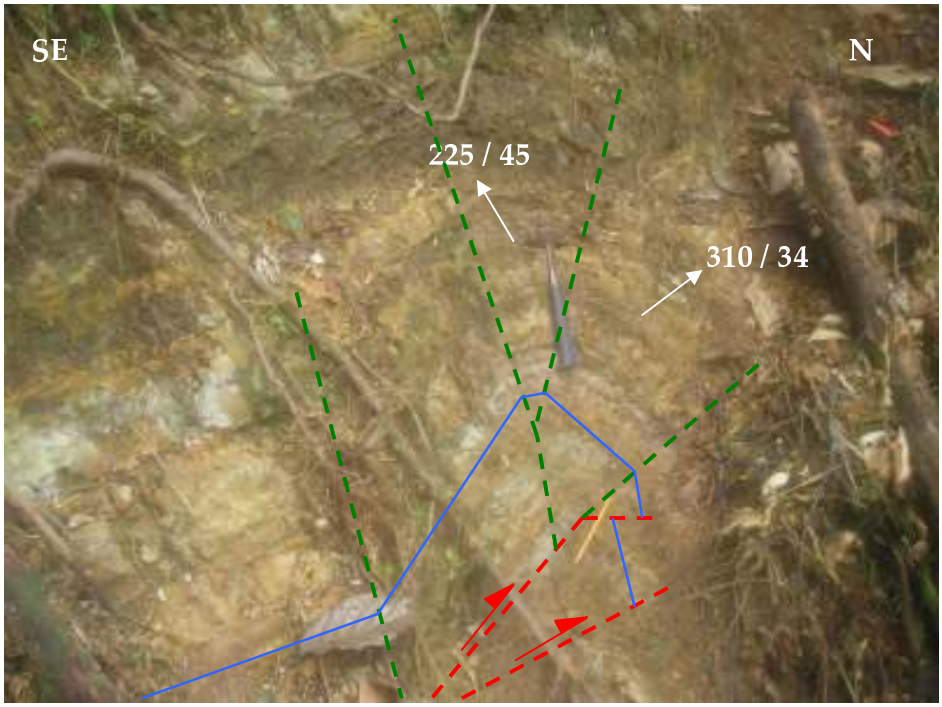


Figura 44. Afloramiento típico de la Formación Iró, con intercalaciones de chert y lodolitas con partición en lidita, mostrando un replegamiento local por una falla de propagación con vergencia NW. (Estación L02-34, Anexo 2.1).

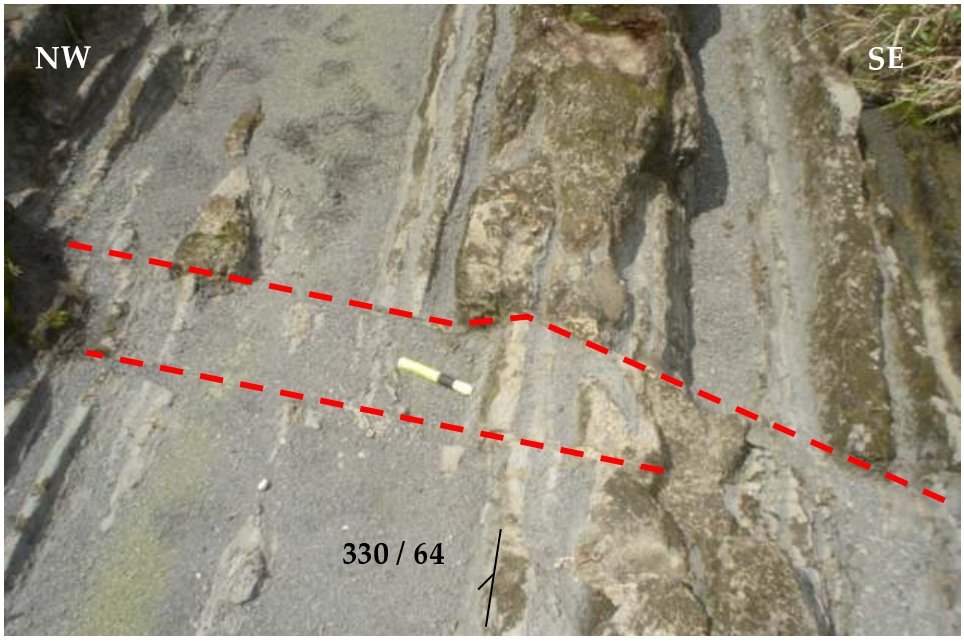


Figura 45. Fallas sintéticas y antitéticas perpendiculares a la estratificación, asociadas a una zona de falla de rumbo presente en el extremo norte del área de estudio. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-78, Anexo 2.1

Como resultado de este "sistema de fallas", con tres direcciones de desplazamiento, al extremo SE del bloque se forma una estructura sinclinal con eje en dirección NE-SW, en cuyo núcleo aflora la Formación Sierra (ver Línea ANH-CHBN-2005-01, Anexo 2.5); este sinclinal cabecea hacia el Norte por la acción de la Falla del San Juan, y se profundiza hacia el SW, teniendo una posible continuidad hacia la *zona sur*, dependiendo de la cantidad de desplazamiento a lo largo del retrocabalgamiento con vergencia S-SE (Figuras 39 y 40).

En el bloque yacente, hacia el norte de la Falla del San Juan, aflora la Formación Istmina, la cual se caracteriza por presentar buzamientos moderados a altos evidenciando la existencia de pliegues y fallas. Al costado sur del Río San Juan se encuentra un anticlinal ligeramente apretado, cuyo eje pasa casi paralelo a la línea ANH-CHBN-2005-01, el cual se puede interpretar a partir de imágenes satelitales (Figura 39) y cuyo cabeceo hacia el NE se puede identificar a partir de los datos tomados en campo (Estaciones L01-14 y L01-78, ver Anexo 2.5 - Mapa geológico), los cuales evidencian la existencia de un flanco noroccidental frontal de alto ángulo indicando la relación del pliegue con una falla de cabalgamiento en profundidad

con vergencia al NW, que puede continuar hacia el NE marcando el cambio topográfico del final de la llanura de inundación del Río San Juan (Estación L01-127 – Anexo 3.5).

Este cabalgamiento se interpreta como una continuación de la Falla del San Juan (El Tapón – Planchas 204 Zapata y Cossio, 1999, y 185 Calle y Salazar, 1999), después de unirse con la Falla Dipurdú de Los Indios (ver Figuras 39 y 40). Este anticlinal puede ser la continuación norte del Anticlinal de La Mojarra, el cual fue cortado por la acción de la Falla Las Mojarras.

En el cabeceo de este anticlinal, las rocas de la Formación Istmina se ven afectadas por una zona de falla de rumbo (estructura en flor, Estación L01-78, Anexo 2.5 y 3.5.4), en la que aunque no es posible identificar el sentido de movimiento, presenta planos de falla casi verticales con respecto a la estratificación (Figura 45), con fallas antitéticas y sintéticas y desplazamientos menores relativos en sentido normal e inverso. Se puede evidenciar que el desplazamiento de rumbo es más antiguo que el proceso de cabalgamiento, dado que la disposición actual de las capas con un alto ángulo de buzamiento permite observar el desplazamiento de rumbo desarrollado previamente cuando las capas se encontraban subhorizontales.

Finalmente, en el extremo norte de la zona, La Formación Istmina descansa discordantemente sobre la Formación Sierra, la cual cerca al contacto con el Batolito de Mandé, presenta replegamientos a escala de afloramiento al igual que un alto diaclasamiento. Sobre las rocas del Batolito de Mandé, se observa el desarrollo de 3 familias de diaclasas (Figura 46), la principal con buzamiento hacia el NE, la segunda hacia el SE, y la tercera hacia el NW, lo cual puede ser evidencia de una zona de falla la cual podría ser el límite con la Formación Sierra, aunque se ha interpretado un contacto inconforme, como fue propuesto por Taylor (1965 *en* Rodríguez, 1990).

3.3.2. Zona Sur

Corresponde a un sinclinorio amplio que se profundiza hacia el sur desde la "Zona Deformada de Istmina"; los flancos son levantados por la Falla del San Juan al Occidente y las fallas de basamento al Oriente.

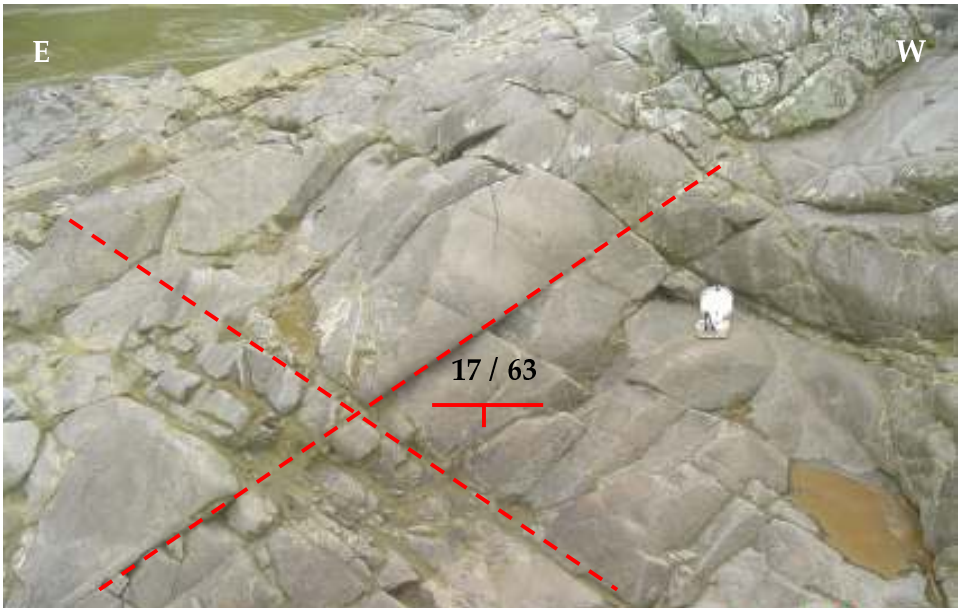


Figura 46. Tres familias de diaclasas y observadas sobre dioritas del Batolito de Mandé que afloran sobre el río Andágueda. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-12, Anexo 3.5.4.

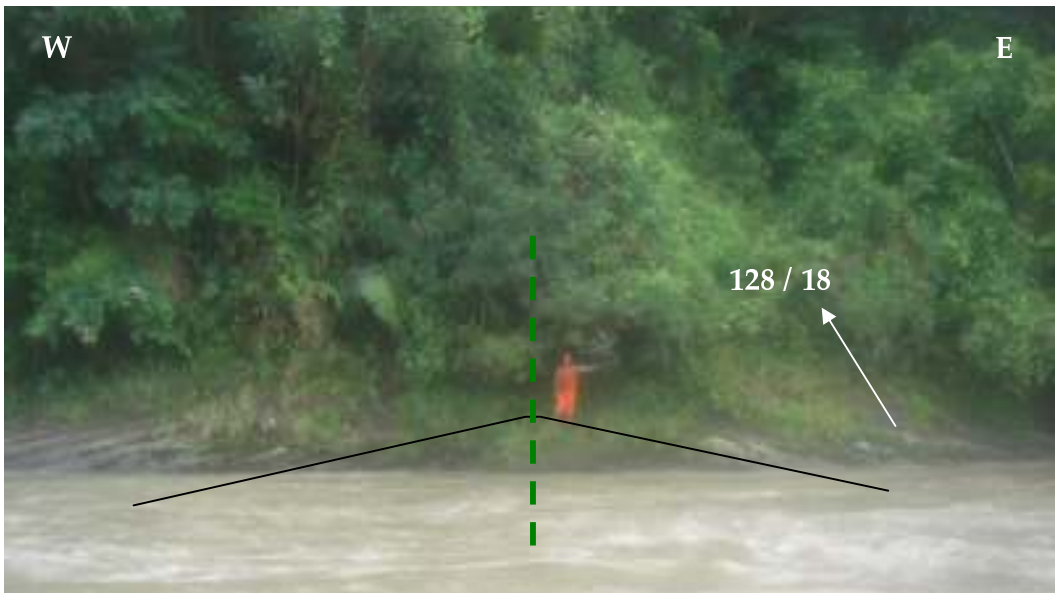


Figura 47. Replegamientos amplios a escala de afloramiento presentes en la Formación Condoto, con un buzamiento regional hacia el S. Línea ANH-CHBN-2005-01, Estación L01-109, Anexo 3.5.4.

Esta zona se caracteriza por el desarrollo en general de estructuras suaves con buzamientos constantes de bajo ángulo, entre 10^0 y 30^0, conformado por las formaciones Condoto y Munguidó, el cual es suprayacido discordantemente por un nivel de terraza antiguo que de igual manera esta buzando ligeramente hacia el Sur, el cual corresponde a la Formación Atrato.

No se evidencia algún tipo de fallamiento o lineamiento mayor; localmente se presentan replegamientos amplios de bajo ángulo, entre los que se destacan los anticlinales con eje N-S de las estaciones L01-138 y L01-100 (Anexo 3.5.4) para la Formación Munguidó, y en las estaciones L01-108 y L01-109 sobre el Río Tamaná para la Formación Condoto, ver Figura 47. (Anexo 3.5.4).

Hacia el extremo norte del área se destaca una zona ligeramente plegada, aunque manteniendo una tendencia de buzamientos hacia el SE, en la que se intercalan las formaciones Condoto y Conglomerados de La Mojarra, en una secuencia de estructuras sinclinales y anticlinales amplias con ángulos suaves a moderados (ver Anexo 2.5), los cuales pueden ser evidencia de estructuras hacia el sur bajo el relleno sedimentario de las formaciones Munguidó y Condoto.

3.4. DISCUSIÓN

Dado el ambiente tectónico de la Cuenca del San Juan, y las observaciones realizadas en campo a lo largo de las 5 líneas sísmicas, se propone un modelo de un abanico imbricado con fallas de cabalgamiento de dirección N-NE y una vergencia hacia el W-NW. Este abanico imbricado se extiende desde la falla de cabalgamiento frontal correspondiente a la Falla del Río Pepe y su continuación hacia el norte en la Falla de la Quebrada Santa Bárbara, hasta las fallas inversas de alto ángulo del piedemonte de la Cordillera Occidental.

De igual manera, se propone la existencia de un componente de desplazamiento de rumbo dextral sobre las fallas de alto ángulo del piedemonte de la Cordillera Occidental, el cual se ve reflejado en el apilamiento de rocas en el extremo norte contra el Sistema de Fallas del San Juan, llevando a levantar un bloque en el que afloran las rocas más antiguas del relleno sedimentario (Formación Iró).

Este desplazamiento de rumbo se evidencia también por el adelgazamiento de la *zona central* hacia el NNE, así como por el desarrollo de fallas de cabalgamiento de alto ángulo las cuales se entrecruzan entre ellas llevando al cambio en la dirección de buzamiento y el desarrollo de retrocabalgamientos (e. g. Falla de Docampadó).

De igual manera, el desplazamiento de material hacia el norte lleva a una disminución de esfuerzos en la parte sur, lo cual se expresado como el desarrollo de una depresión a manera de sinclinorio entre la Falla del San Juan y el piedemonte de la Cordillera Occidental, y al ensanchamiento de la *zona central* en dirección Oeste.

Estos esfuerzos compresivos con desplazamiento de rumbo dan como resultado la "Zona Deformada de Istmina" (Duque-Caro, 1990 a), la cual afecta rocas más antiguas al Mioceno Medio (Formación Iró, Formación Sierra, y Grupo San Juan), indicando un proceso tectónico que no afectó a las rocas posteriores al Mioceno Medio (formaciones Munguidó y Atrato, y depósitos recientes).

Es de resaltar que se omite la continuación de la Falla Las Mojarras hacia el sur, tal como lo interpretan estudios anteriores (e. g. Cossio, 2002 y 2003) debido a que sólo se evidencia el cambio litológico entre las formaciones Iró e Istmina en el norte del área de estudio, donde la falla presenta una vergencia hacia el NNW.

4. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

En la Cuenca del San Juan no se han perforado pozos exploratorios, por lo cual todavía no se tiene la certeza de la existencia de yacimientos en profundidad; sin embargo, se han realizado varios estudios preliminares que indican la existencia de todos los elementos necesarios para que la cuenca presente un buen potencial para la generación y acumulación de hidrocarburos.

A continuación se describen los principales elementos del sistema petrolífero, integrando las observaciones realizadas en campo y los estudio realizados previamente (e. g. Rodríguez, 1990; Suárez, 1990; Peña, 1996; Mera y Piragua, 2001)

4.1. ROCA GENERADORA

Las lodolitas negras físiles *(shales)* y calizas de la Formación Iró se han considerado las rocas generadoras de petróleo en la Cuenca del San Juan, las cuales según estudios geoquímicos indican que la cantidad de materia orgánica es apropiada para la generación de petróleo (Peña, 1996).

4.2. ROCA ALMACENADORA

El principal objetivo exploratorio se debe centrar en los cherts y calizas fracturadas de la Formación Iró. Dada la reología de esta unidad, y los intensos procesos tectónicos a los que se ha visto expuesta, las rocas de la Formación Iró desarrollan un amplio sistema de fracturas las cuales pueden llegar a representar un valor relativamente alto de porosidad y permeabilidad secundaria.

El único rezumadero inactivo observado en el área de estudio se presenta sobre la línea ANH-CHBN-2005-02 (estacas 2472 a 2474, Estación L02-37, Anexos 2.1 y 3.1), el cual esta compuesto cherts de color rosado claro a blanco, muy fracturados, con manchas de petróleo seco entre las fracturas y sobre la superficie de la roca desarrollando una textura terrosa de color negro, con rastros de burbujas (?) evidenciando una previa migración de hidrocarburo a superficie; ver Figuras 13 y 48.



Figura 48. Afloramiento de cherts de la Formación Iró, con fracturas rellenas de petróleo. Línea ANH-CHBN-2005-02, Estación L02-37, Anexos 2.1 y 3.1.

Otras rocas con potencial como almacenadoras de hidrocarburos, corresponden a los niveles de areniscas y conglomerados intercalados en las formaciones Sierra, Istmina, Condoto y Munguidó, y principalmente la espesa secuencia de conglomerados de la Formación Conglomerados de la Mojarra. Sin embargo, según las observaciones en campo, es de resaltar el alto contenido de matriz tamaño lodo en las areniscas, lo cual reduciría los valores de porosidad y permeabilidad.

Rodríguez (1990) y Peña (1997) describen la existencia de areniscas con porosidades primarias superiores al 10% dentro de la Formación Iró, y aunque se presentan bajos valores de permeabilidad estos pueden ser aumentados con el fracturamiento de esta unidad.

4.3. ROCA SELLO

Las rocas sello corresponden a los niveles de lodolitas, lodolitas arenosas y lodolitas calcáreas presentes en las formaciones Sierra, Istmina, Condoto y Munguidó.

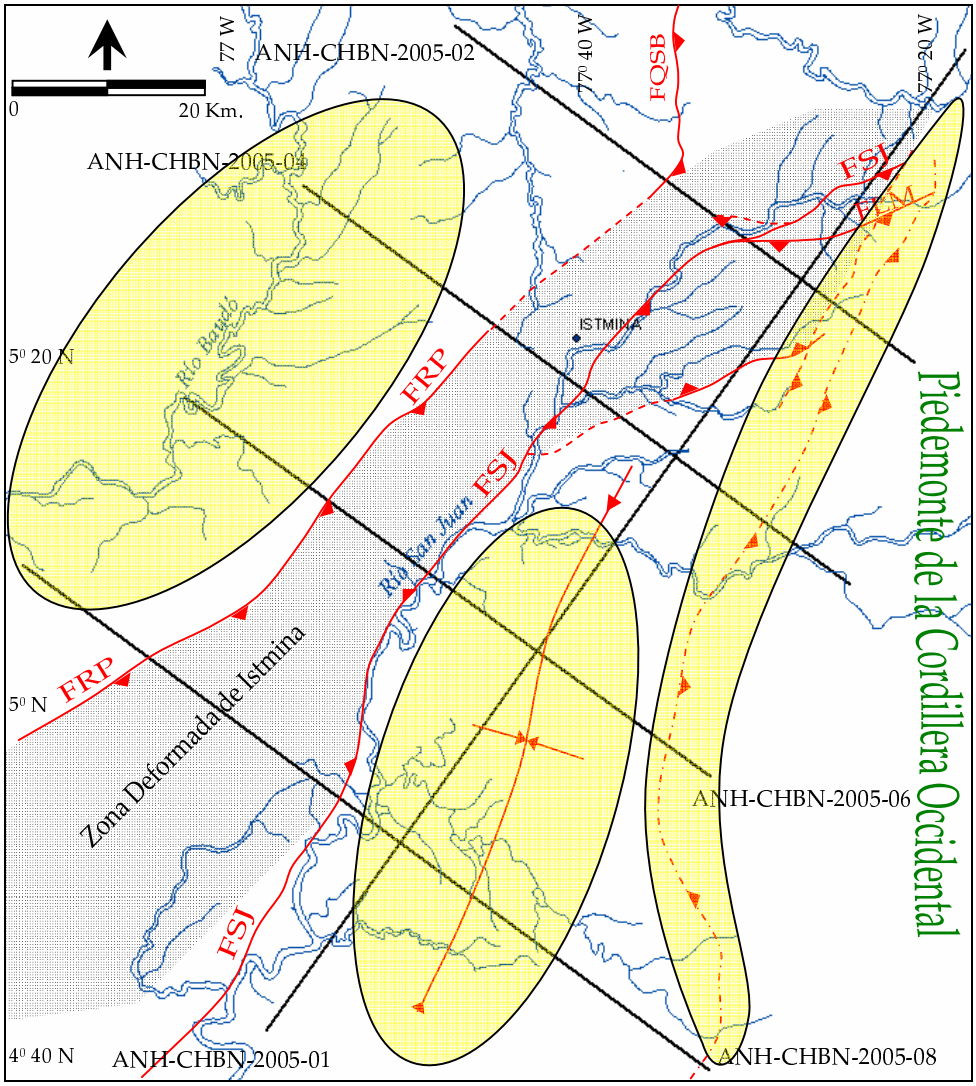


Figura 49. Principales *plays* exploratorios presentes en el área de estudio, asociados a cada *zona estructural*. FRP: Falla del Río Pepe, FQBS: Falla de la Quebrada Santa Bárbara, FDLI: Falla Dipurdú de Los Indios, FSJ: Falla del San Juan, FLM: Falla Las Mojarras. En gris se resalta la "Zona Deformada de Istmina".

4.4. ENTRAMPAMIENTO

La existencia de un abanico imbricado con vergencia al Oeste, el principal tipo de trampa que se espera encontrar es de carácter estructural, con el desarrollo de anticlinales a diferentes escalas asociados al desplazamiento sobre fallas de

cabalgamiento y retrocabalgamiento en profundidad. Localmente se puede esperar la existencia de trampas estratigráficas asociadas especialmente a las secuencias de conglomerados depositadas en el Piedemonte de la Cordillera Occidental.

De esta manera, se pueden presentar tres *plays* exploratorios interesantes. El principal corresponde a la *región sur* de la *zona estructural* orienta (ver Figura 49), en donde se presenta un gran sincliorio que se profundiza hacia el Sur, el cual esta cubierto por la depositación discordante de la Formación Atrato, y que en profundidad debe mantener la tendencia estructural de la cuenca, presentando un abanico imbricado compuesto por fallas de cabalgamiento con vergencia W-NW, el cual replega toda la secuencia sedimentaria. El potencial de este *play* se mantiene teniendo en cuenta que el bloque de la "zona norte", en que aflora la Formación Iró, se encuentra estructuralmente separado de la "zona sur", deteniendo la migración y posible pérdida de hidrocarburos por la exposición en superficie de la Formación Iró.

El segundo *play* exploratorio corresponde a la *zona estructural occidental* (ver Figura 49), la cual esta compuesta por estructuras amplias, continuas, las cuales no se ven afectadas por fallas o sistemas de fracturas importantes que lleven a la migración y posible pérdida de hidrocarburos. Esta zona debe presentar en profundidad un registro sedimentario continuo, y acompañado con la existencia de estructuras amplias con cabeceos al N-NE, se sugiere la existencia de buenas trampas en profundidad para la Formación Iró.

Como tercer *play* exploratorio se presenta la zona de *subthrust* del piedemonte de la Cordillera Occidental, en el cual la Formación Iró se debe encontrar por debajo de las fallas de cabalgamiento de alto ángulo que levantan el basamento (ver Figura 49). Debido a la zona de falla, las rocas de la Formación Iró deben presentar un alto fracturamiento, aumentando la porosidad secundaria y la permeabilidad; en contraposición, se presenta la dificultad de definir las zonas de falla en profundidad y la posible necesidad de perforar rocas del basamento.

Es de resaltar que se omite la llamada "Zona Deformada de Istmina" debido a que al norte se encuentra aflorando la Formación Iró, mientras que hacia el sur, a lo

largo de la *zona estructural central* (ver Figura 49), se presentan estructuras pequeñas de poca continuidad, las cuales se encuentran atravesadas por gran cantidad de fallas y sistemas de fracturas, las cuales facilitan la posible migración y pérdida de hidrocarburos.

5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El área de estudio, se encuentra en el extremo NW de Suramérica, en una zona de convergencia de varias placas tectónicas y una compleja evolución geológica que todavía actualmente es objeto de discusión.

5.1. Cretácico

Se presentan condiciones de mar abierto, con depósitos pelágicos, hemipelágicos y de turbitas, con microfósiles que dan una edad Cretácico Tardío (Albiano – Maestrichtiano; e. g. Barrero, 1979) Estos depósitos descansan sobre una corteza oceánica de tipo *plateau* de edad 90 Ma. resultado de la fusión parcial de una pluma de manto generada en el punto caliente de Galápagos (Nivia, 1996; Kerr et al., 1997; Kerr et al., 1998, Kerr y Tarney, 2005). Estas unidades corresponden en el área de estudio al Grupo Cañasgordas (formaciones Penderisco y Barroso) y a parte del Complejo Santa Cecilia – La Equis, las cuales pudieron empezar la etapa de acreción y obducción hace 80 Ma, al desplazarse sobre la placa de Farallones en dirección SW-NE, en un proceso de subducción bajo la Placa Suramericana (Kerr y Tarney, 2005).

5.2. Paleógeno

Durante el Paleógeno continúa el proceso de subducción de la Placa de Farallones bajo la Placa Suramericana en dirección NE (ver Figura XX, e. g. Barrero et al., 2006), el cual lleva a la acreción y obducción del *plateau* oceánico de Gorgona (en el que se incluye la Serranía del Baudó, y originada hace 90 Ma en el punto caliente de Sala y Gómez en el Pacífico Sur; Kerr y Tarney, 2005) y los sedimentos depositados en ella (Nivia, 1996; Kerr et al., 1997; Kerr et al., 1998,) Este proceso de subducción lleva al desarrollo de un arco magmático que da origen al Batolito de Mandé (Arco de Dabeiba, Duque-Caro, 1990, a, b) y a otros cuerpos intrusivos de edad Paleoceno a Eoceno (Toussaint, 1999; Zapata, 2001).

En condiciones abisales de mar abierto, desde finales del Paleoceno, se deposita la Formación Iró, la cual va siendo transportada hacia el E-NE debido al proceso de subducción. Hacia el Oligoceno, se evidencia la existencia de un prisma de

acreción que lleva al descenso del nivel del mar, exponiendo en superficie segmentos de la Formación Iró, y depositando los sedimentos de la Formación Sierra en un ambiente regresivo.

5.3. Neógeno

Durante el Mioceno Temprano, continuando el proceso de subducción y acreción, se evidencia una transición a ambientes más someros que se profundizan hacia el Occidente, llevando a la depositación de la Formación Istmina en condiciones continentales en el extremo oriental, debido a la emergente Cordillera Occidental, que pasan gradualmente a condiciones marinas hacia el Occidente (Formación Uva, Duque-Caro, 1990 a, b).

A finales del Mioceno Temprano y comienzos del Mioceno Medio, se presenta el primer pulso de levantamiento de la Cordillera Occidental y el Istmo de Panamá, como producto de un proceso de subducción oblicua que lleva a la acreción y obducción del *plateau* oceánico, levantando y llevando a superficie en el extremo NE del área de estudio, la parte interna del prisma de acreción, en el que afloran las rocas del Grupo Cañasgordas y el Complejo Santa Cecilia – La Equis, y las rocas depositadas en ellas correspondientes a las formaciones Iró y Sierra.

Debido a este levantamiento se deposita discordantemente sobre la Formación Istmina, la Formación Conglomerados de La Mojarra, la cual corresponde a extensos abanicos aluviales de continuidad lateral irregular en un área deprimida cercana a la costa. Dada la distribución de esta unidad en el extremo oriental de la cuenca a manera de lente que se adelgaza hacia el Occidente y hacia el Sur, se evidencia que esta unidad fue depositada en un depocentro local durante una época de levantamiento, mientras que hacia el Oriente y al Norte en la cuenca del Atrato se registra una discordancia (i. e. Hiato NH 2 de edad 16.1 – 15.1 Ma., Duque-Caro, 1990 a, b).

Durante el Mioceno Medio y Tardío se depositan las formaciones Condoto y Munguidó, las cuales responden a una sedimentación en un ambiente transicional que se profundiza hacia el Occidente, presentando variaciones del nivel del mar que pueden responder a cambios eustáticos o a pulsos de levantamiento como

respuesta al constante proceso de acreción oblicua, que llevan a depositar los lentes de conglomerados y areniscas que se intercalan en estas unidades.

Hacia el Plioceno Temprano se evidencia un cambio de ambiente sedimentario, pasando a condiciones netamente continentales que llevan a la depositación de la Formación Atrato, la cual corresponde a los depósitos aluviales antiguos del Río San Juan. Este descenso relativo del nivel del mar se atribuye a un pulso de acreción y levantamiento de la Serranía del Baudó, la cual genera plegamientos con vergencia Este que afectan las unidades de la cuenca del Atrato en el extremo occidental del área de estudio. Este límite entre las formaciones Munguidó y Atrato corresponde a la discordancia del Plioceno Temprano que coincide con el hiato NH 8 de edad 3.7 a 3.1 Ma. (Duque-Caro, 1990 a, b).

Desde finales del Plioceno hasta el Reciente se mantiene un ambiente aluvial en el que se depositan arenas y gravas sobre rocas neógenas que forman terrazas aluviales compactadas y llanuras de inundación. Localmente, en las laderas del piedemonte de la Cordillera Occidental se presentan depósitos coluviales semiconsolidados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, y los estudios geológicos realizados previamente, se interpreta que el área de estudio se ubica sobre un abanico imbricado con vergencia W-NW correspondiente al piedemonte de la Cordillera Occidental, el cual también evidencia un componente de rumbo importante, el cual se atribuye a un proceso de subducción oblicua.

- El área del Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005 se ubica sobre el extremo norte de la cuenca del San Juan, la cual corresponde a una depresión alargada y profunda, rellena por una espesa secuencia sedimentaria de edad Cenozoico, la cual empieza en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental al sur del Arco de Dabeiba (e. g. Duque-Caro, 1990 a, b) ensanchándose en dirección NNE-SSW, y prolongándose hacia el Océano Pacífico.

- La ubicación del área de estudio en la Cuenca del San Juan, permite la identificación de distintos tipos de litologías, entre las que se encuentran las rocas del basamento, las cuales afloran en el piedemonte de la Cordillera Occidental, y corresponden a las unidades Complejo Santa Cecilia – La Equis, Grupo Cañasgordas y Batolito de Mandé.

    - El Complejo Santa Cecilia – La Equis, de edad Cretácico Tardío, esta compuesto principalmente por aglomerados, basaltos, y localmente intercalaciones de rocas sedimentarias.

    - El Grupo Cañasgordas, de edad Cretácico Tardío, se divide en las formaciones Barroso y Penderisco. La Formación Barroso esta conformada principalmente por diabasas, aunque también se observan basaltos, brechas, aglomerados, y rocas intrusivas. De la Formación Penderisco aflora el Miembro Urrao, el cual se compone principalmente por lodolitas negras, que muestran incipiente foliación, y localmente se encuentran areniscas tobáceas masivas.

- El Batolito de Mandé, de edad Paleoceno a Eoceno, esta compuesto por principalmente por dioritas, y localmente se presentan diques de basaltos porfiríticos y/o andesitas.

- Entre las rocas del relleno sedimentario de la cuenca, se identifican las formaciones Iró y Sierra, el Grupo San Juan (conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto), las formaciones Munguidó y Atrato, y finalmente los depósitos cuaternarios.

  - La Formación Iró, de edad Paleoceno a Eoceno, esta constituida por intercalaciones de calizas, chert, lodolitas silíceas grises claras a negras y esporádicamente violáceas, depositadas en un ambiente de mar abierto. Se comporta como la roca generadora de la Cuenca del San Juan, y como la principal roca almacenadora debido a una alta porosidad secundaria. Presenta el único rezumadero inactivo, correspondiente a un afloramiento de cherts rosado claro con manchas de petróleo seco rellenando las fracturas.

  - La Formación Sierra, de edad Oligoceno, esta compuesta por una intercalación de lodolitas calcáreas, areniscas calcáreas, calizas, y areniscas y conglomerados polimícticos matriz soportados hacia la base (?)

  - El Grupo San Juan, de edad Mioceno Temprano a Tardío, está conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. Se depositó en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, que se profundiza hacia el occidente, presentando un ambiente costero más marcado y fácilmente afectable por las variaciones del nivel del mar, presentando aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de niveles de calizas.

  - la Formación Istmina, de edad Mioceno Temprano, se compone por una secuencia monótona de areniscas lodosas, lodolitas arenosas y conglomerados polimícticos bien consolidados, con presencia de abundante material carbonoso y capas delgadas de carbón, que disminuyen al

- A partir de las observaciones realizadas en campo, y con la ayuda de la interpretación de imágenes satelitales y estudios previos (e. g. planchas de Ingeominas), el área de estudio puede se divide en tres *zonas estructurales* principales:

  - *Zona Occidental*. Corresponde al área al occidente de la Falla del Río Pepe y su continuación hacia el norte en la Falla de la Quebrada Santa Bárbara, las cuales corresponden al frente de cabalgamiento con vergencia W-NW que caracteriza la cuenca del San Juan. En esta zona se observa un relleno sedimentario afectado por estructuras amplias, con buzamientos suaves y sin evidencia de fallas en superficie. La geometría interpretada de los pliegues sugiere el desplazamiento sobre fallas en profundidad con vergencia al Este, atribuido a la obducción y levantamiento de la Serranía del Baudó.

  - *Zona Central*. Corresponde a la "Zona Deformada de Istmina", en el área entre la falla del frente de cabalgamiento con vergencia al W-NW al occidente, y la Falla del Río San Juan al oriente. Se comporta como un abanico imbricado con vergencia Oeste, caracterizado por presentar pliegues relativamente cortos y apretados como resultado de fallas de cabalgamiento en profundidad con vergencia Oeste y retrocabalgamientos con vergencia Este, de fuertes buzamientos y una dirección predominante de N-NE.

  - *Zona Oriental*. Corresponde al área al Oriente de la Falla del San Juan, incluyendo el piedemonte la Cordillera Occidental. Se divide a su vez en dos zonas: La *Zona Norte*, corresponde a la extensión NE de la "Zona Deformada de Istmina", en la cual se evidencia un desplazamiento de rumbo dextral sobre las fallas de basamento que lleva al "apilamiento" y levantamiento de un bloque en el que aflora la Formación Iró. La *Zona Sur*, corresponde a un sinclinorio amplio que se profundiza hacia el sur desde la "Zona Deformada de Istmina", se caracteriza por el desarrollo en general de estructuras suaves con buzamientos constantes de bajo ángulo, entre 10^0 y 30^0

occidente a medida que aumenta el contenido calcáreo, llegando a niveles de calizas y desarrollo de concreciones calcáreas.

- La Formación Conglomerados de La Mojarra, de edad Mioceno Temprano tardío a Mioceno Medio, se comporta como una gran lente que se adelgaza hacia el Occidente, conformadado por una sucesión monótona de gran espesor de conglomerados bien consolidados, con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de chert, calizas, areniscas, limolitas, cuarzodioritas y rocas volcánicas, que flotan en una matriz arenosa de grano medio a grueso con esporádica cementación calcárea.

- La Formación Condoto, de edad Mioceno Medio, se caracteriza por una intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas grises, con paquetes de conglomerados polimícticos bien consolidados los cuales disminuyen hacia el Occidente, e intercalaciones de calizas que aumentan hacia el Oriente. Localmente fósiles de plantas.

- La Formación Munguidó, de edad Mioceno Tardío, esta constituida por intercalaciones de paquetes de lodolitas arenosas grises, areniscas lodosas grises amarillentas, areniscas conglomeráticas y conglomerados polimícticos matrizsoportados. Localmente presenta de fósiles de plantas, bivalvos y gasterópodos.

- La Formación Atrato, de edad Plioceno, correspondiente a un antiguo nivel de terraza conformado por rocas poco consolidadas que van de lodolitas a conglomerados polimícticos matrizsoportados, localmente con presencia de troncos parcialmente carbonizados.

- Se presentan tres cuerpos intrusivos correspondientes a gabros, los cuales se asocian al Complejo Ultramáfico del Alto Condoto, de edad Mioceno Temprano, el cual puede ser evidencia del proceso de subducción de la Placa Farallones bajo la Suramericana, y de la alta actividad tectónica ocurrida a finales del Mioceno Temprano.

- La Formación Conglomerados de La Mojarra puede corresponder a una unidad sintectónica depositada como resultado del levantamiento de la Formación Iró, explicando así su litología, ambiente de formación, y su ubicación en la zona de transición entre las zonas Sur y Norte. De igual manera, la depositación y distribución de esta unidad, adelgazándose hacia el S-SW del bloque levantado de la Formación Iró, es coherente con la existencia de un componente rumbo dextral en el piedemonte de la Cordillera Occidental.

- De esta manera, la cuenca del San Juan y en especial el área correspondiente al piedemonte de la Cordillera Occidental, ha sido afectada por un tectónica compresiva como resultado de un proceso de subducción, con un evento muy importante ocurrido entre finales del Mioceno Temprano y comienzos del Mioceno Medio, el cual pudo haber empezado con un desplazamiento de rumbo dextral sobre una falla en la base del piedemonte (e. g. Falla Tadocito?, Línea ANH-CH-2005-02), seguido (y tal vez de manera sincrónica) por desplazamientos inversos que dieron lugar a un abanico imbricado con vergencia al NW, el cual se "apila" en el extremo Norte del área formando la denominada *"Zona Deformada de Istmina"*. Como resultado del levantamiento producido en la Zona Norte, y sintectónicamente (?), se deposita la Formación Conglomerados de la Mojarra a manera de un gran abanico aluvial.

- Se presentan todos los elementos del sistema petrolífero. La Formación Iró corresponde a la roca generadora y a la principal roca almacenadora debido al alto fracturamiento de esta unidad; de igual manera se presentan rocas almacenadoras secundarias asociadas a los niveles de conglomerados y areniscas presentes en la Formación Sierra, Grupo San Juan y Formación Munguidó. Se presentan múltiples niveles de roca sello, debido al abundante contenido de matriz tamaño lodo presente en la secuencia sedimentaria del Neógeno. Y finalmente, se presentan posibilidades de entrampamiento asociadas principalmente a trampas estructurales como desarrollo de una tectónica compresiva.

- De esta manera, se recomiendan tres *plays* exploratorios: El primero en la región *sur* de la *zona estructural oriental*, en la cual se pueden presentar estructuras en profundidad asociadas al abanico imbricado con vergencia al W. El segundo en

la *zona estructural occidental*, en donde se espera que las estructuras amplias y continuas en superficie, sean continuas en profundidad llegando a la Formación Iró. Y finalmente, se propone el *subthrust* del basamento en el piedemonte de la Cordillera Occidental, en el que la Formación Iró se encuentra debajo de las fallas de alto ángulo del basamento.

- Es importante recalcar que dadas las condiciones geográficas del proyecto, el reconocimiento geológico del Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005 se realizó a partir de afloramientos puntuales y relativamente aislados a lo largo de las 5 líneas símicas, lo cual impide desarrollar un levantamiento geológico de gran detalle, donde se puedan realizar secciones tipo de las unidades y mediciones aproximadas de los espesores las mismas.

- La Formación Sierra (en la nomenclatura de la ANH), corresponde a una unidad de transición entre las formaciones Iró e Istmina, presentando una gran similitud litológica en distintos segmentos con ambas unidades, por tal razón se sugiere omitir el uso de la unidad, evitando de igual manera problemas por homonimia con la Formación Sierra descrita por otros autores (Duque-Caro 1990), adoptando la división realizada por Ingeominas, en donde no se describe alguna unidad entre los depósitos marinos profundos de la Formación Iró (formaciones Tadó o Salaqui para Ingeominas) y los depósitos continentales a marino someros de la Formación Istmina (Formación Uva), donde la Formación Sierra puede corresponder a un segmento inferior de la Formación Uva.

- Se recomienda realizar análisis de datación bioestratigráfica para revalidar la información recogida en campo, principalmente entre aquellas unidades que presentan una gran similitud litológica, como entre las formaciones Sierra, Istmina, Conglomerados de La Mojarra, Condoto y Munguidó, así como entre las formaciones Iró y Sierra.

- De igual manera, se recomienda realizar análisis petrográficos detallados para la descripción de cada una de las unidades, con el apoyo de análisis geoquímicos para definir áreas fuente, y de esta manera entender mejor la evolución de esta cuenca y los procesos que afectaron su desarrollo.

- Debido a las condiciones geográficas del proyecto, la mayoría de los pozos se perforó con taladros de agua, por lo que para los análisis geoquímicos sugeridos de las muestras de pozo se debe tener en cuenta que se utilizaron *bentonita y cydril* como aditivos para la perforación.

REFERENCIAS

- Barrero, D.; Laverde, F.; Ruiz, C. y Alfonso, C. 2006. Oblique Collision and Basin Formation in Western Colombia: The Origin, Evolution and Petroleum Potential of Cauca – Patía Basin. IX Simposio Bolivariano. Exploración petrolera en cuencas subandinas. Cartagena, Colombia.

- Calle, B. y Salazar, G. 1999. Geología de la plancha 185 – Bagadó. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Calle, B. y Salazar, G. 1999. Geología de la plancha 185 Bagadó. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Case, J.; Durán, L.; López, A. y Moore, W. 1971. Tectionic Investigations in Western Colombia and Eastern Panama. Geologycal Society of America Bulletin. V. 82, p. 2685 – 2712.

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 222 Sipí. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Duque-Caro, H. 1990 a. The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1, pp. 71 – 84.

- Duque-Caro, H. 1990 b. Neogene stratigraphy, paleocenography and paleobiogeography in the northwest South America and the evolution of the Panama seaway. Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, No. 77, pp. 203 – 234.

- Kerr, A.; Marriner, G.; Tarney, J.; Nivia, A.; Saunders, A.; Thirlwall, M. y Sinton, C. 1997. Cretaceous basaltic terranes in western Colombia: Elemental, chronological and Sr-Nd constraints on petrogenesis. Journal of Petrology, v. 38, p. 677–702.

- Kerr, A.; Marriner, G.; Tarney, J.; Nivia,A.; Marriner, G. y Saunders, A. 1998. The internal structure of oceanic plateaus: inferences from obducted Cretaceous terranes in western Colombia and the Caribbean. Tectonophysics 292, p. 173 – 188.

- Kerr, A. y Tarney, J. 2005. Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: The case for accretion of two Late Cretaceous oceanic plateaus. Geology, v. 33; no. 4; p. 269–272.

- Mera, R. y Piragua, A. 2001. Sección estratigráfica de la Quebrada Suruco, análisis estructural de fracturas. Área del Río San Juan, Chocó. Petrobrás Internacional S. A. Asesorías Técnicas Geológicas Ltda.

- Montoya, D. 2000. Geología de las planchas 240 Pichimá, 241 Cucurrupí, 259 Malaguita y 260 Aguas Claras. Departamentos de Chocó y Valle del Cauca. Escala 1:200.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 241 Cucurrupí. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Nivia, A. 1996. Evidence for obduction in the Bolívar Ultramafic Complex, SW Colombia. Journal of South American Earth Sciences. 9, p. 59 – 68.

- Peña, J. H. 1996. Informe Técnico Anual (1995); Contrato de Asociación Chocó Central. Repsol Exploración Colombia. ECOPETROL. Bogotá.

- Rodríguez, E. 1990. Informe geológico: Área de asociación Istmina. TEXAS PETROLEUM CO. Informe 2352, ECOPETROL. Bogotá.

- Salazar, G. 2002. Geología de la Plancha 221 Pizarro. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Suárez, M. 1990. Estado actual del conocimiento geológico de la Provincia del Pacífico. ECOPETROL. Bogotá.

- Toussaint, J. 1999. Evolución Geológica de Colombia. Cenozoico. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

- Zapata, G. 2000. Geología de las planchas 163 Nuquí, 164 Quibdó, 183 Coquí, 184 Lloró. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2002. Geología de la Plancha 184 Lloró. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. y Cossio, U. 1999. Geología de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-02

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-02

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

CNPC BGP

BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:

ESAG

ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E. S. A. G.)

Geólogos: Pedro A. Galindo A.
Camilo F. Dávila

Alejandro Patiño
Jair Sarmiento

Jefe de Departamento: Rafael López

Julio de 2006

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS....4

INTRODUCCIÓN....6

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-02. 8

2. ESTRATIGRAFÍA 10
- Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas (KPgse) 11
- Formación Iró (Ngpei)....13
- Formación Istmina (Ngmi) 19
- Formación Atrato (Ngpa) 23
- Depósitos Cuaternarios (Qal)....26

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 28

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....38

REFERENCIAS....40

ANEXOS....41
1. Listado de estaciones de campo....42
2. Listado de muestras de campo....45
3. Listado de muestras de pozo....48

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para la cuenca del San Juan.

Figura 2. Afloramiento de aglomerados basálticos del basamento económico.

Figura 3. Afloramiento de calizas replegadas de la Formación Iró.

Figura 4. Afloramiento de calizas de la Formación Iró.

Figura 5. Intercalaciones de calizas *(Mudstone-Wackestone)* blancas a gris claras, y *grainstone* de color gris verdoso de la Formación Iró.

Figura 6. Intercalación de chert blanco y negro, lodolitas violáceas claras y *shales* negros, de la Formación Iró.

Figura 7. Cherts de la Formación Iró, con petróleo seco rellenando fracturas y en la superficie de la roca.

Figura 8. Intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas grises de la Formación Istmina.

Figura 9. Capa delgada lenticular de carbón, en medio de areniscas lodosas grises de la Formación Istmina.

Figura 10. Conglomerados polimícticos a areniscas lodosas de la Formación Istmina.

Figura 11. Afloramiento de conglomerados de la Formación Istmina.

Figura 12. Arcillositas gris azulosas de la Formación Atrato.

Figura 13. Aforamiento de la Formación Atrato.

Figura 14. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato.

Figura 15. Depósitos recientes de la llanura aluvial del Río San Juan.

Figura 16. Capas horizontales en el eje de un Anticlinal.

Figura 17. Replegamiento con vergencia al NW en la Formación Iró.

Figura 18. Replegamiento con vergencia E, en la Formación Iró.

Figura 19. Afloramiento con plano de falla buzando hacia el SSW.

Figura 20. Anticlinal apretado con vergencia al Oeste.

Figura 21. Anticlinal por falla de despegue, con vergencia al Oeste.

Figura 22. Fallas y replegamientos menores en la Formación Iró.

Figura 23. Replegamiento en las calizas de la Formación Iró.

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH=CHBN=2005=02.

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo durante el Programa Sísmico CHOCÓ - 2D 2005 a lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-02.

Estas observaciones se realizaron durante las etapas de perforación y registro del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes a lo largo de la línea, identificando sus relaciones temporales y estructurales, para definir un modelo geológico general.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por Ingeominas y la Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan.

La información de Ingeominas corresponde a los mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 184 – Lloró (2002), 203 – Istmina (2002) y 204 – Pueblo Rico (1999)

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por la línea sísmica, y en un rango 500 m a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas, en los cuales se realizaron "Estaciones de Campo", en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología formulada por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y demás observaciones pertinentes.

El informe es subdividido en cuatro segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de la línea, realizando comparaciones con la información presentada por Ingeominas y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo la localización de fallas y pliegues a lo largo de la línea; finalmente, se anexa el mapa geológico y el perfil geológico de la línea sísmica, descripción de

estaciones de campo (incluyendo fotografías y descripción de muestras), listado de muestras de mano, y listado de muestras de pozo.

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-02.

La línea ANH-CHBN-2005-02, tiene una dirección N53^{0}W – S53^{0}E, empezando en la estaca 821 (E: 1031364.85, N: 1095611.01), y terminando en la estaca 3185 (E: 1079249.06, N: 1060971.26), para un total de 59.125 Km.

La línea ANH-CHBN-2005-02, se localiza en el sur del Departamento de Chocó, de NW a SE, cruza por los municipios Río Quito, Cantón de San Pablo, Unión Panamericana, Cértegui, Tadó y Río Iró. Existen dos vías de acceso principales: la carretera que conduce de Istmina a Quibdo (que cruza la línea aproximadamente en la estaca 1747) y la carretera que se bifurca de la anterior en el municipio de Unión Panamericana, vía a Tadó, y conduce a Pereira (cruzando la línea aproximadamente en la estaca 2270) Estas carreteras se encuentran en mal estado, parcialmente pavimentadas, y constituyen las principales vías de comunicación de la región; a parte de estas carreteras no se presentan carreteables que faciliten el ingreso a la línea.

Adicionalmente, se presentan caminos, que comunican los municipios con caseríos a sus alrededores, y zonas de minería; estos caminos se comportan como las principales vías de acceso a la línea sísmica.

El área presenta un amplia red hidrográfica, con ríos y quebradas que se convierten en importantes vías de comunicación. Los principales ríos son: Río Quito (Stk 1190), Río Cértegui (Stk 1510), Quebrada Candelaria (Stk 1869), Río San Juan (Stk 2249), Río Mungarrá (Stk 2350), Río Chato (Stk 2586), Quebrada Tadocito (Stk 2715) y Río Iró (Stk 2739) Adicionalmente, dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan pendientes abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas.

El área presenta en una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque húmedo tropical. Se presentan algunas zonas intervenidas alrededor de las vías de

comunicación (ríos y carreteras), utilizadas principalmente para minería y explotación de madera, y en menor medida cultivos y pastizales.

El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan lluvias copiosas durante todo el día y principalmente en horas de la noche; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

Fisiográficamente, el área de recorrido de la línea 02 se puede subdividir en 2 regiones principales: Valle del Río San Juan y piedemonte de la Cordillera Occidental. En el Valle del Río San Juan se incluye el Istmo de San Pablo y la llanura aluvial del río San Juan. El Istmo de San Pablo corresponde a una zona elevada 100 m sobre el nivel del río San Juan (hasta aproximadamente 200 m. s. n. m.), que se extiende desde el municipio de Tadó hacia el suroeste alcanzando varios kilómetros de extensión; esta elevación es suficiente para separar las cuencas de los ríos Atrato (al Norte) y el San Juan (al Sur); su geomorfología corresponde a un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes. La llanura aluvial del río San Juan, está conformada por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 100 m sobre el nivel del mar.

En el extremo oriental se presenta el piedemonte de la Cordillera Occidental, donde se presenta un cambio muy fuerte de relieve, pasando de un relieve ondulado de colinas a montañoso, con pendientes fuertes de mayor continuidad, disminuyendo la cantidad de valles menores, y presentando alturas entre 150 y 670 m. s. n. m.. Esta zona se encuentra hacia estacas mayores de la línea, a partir del área del Río Iró.

En general, los afloramientos a lo largo de la línea son muy escasos, asociados principalmente a pequeños caños y quebradas que disectan el terreno; localmente se presentan buenos afloramientos asociados a quebradas mayores que cortan la secuencia estratigráfica como es el caso de la Quebrada Candelaria.

2. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-02 se observan rocas sedimentarias del Paleógeno y Neógeno, y rocas ígneas y sedimentarias del Cretáceo (y pre-Cretáceo?) correspondientes al basamento económico de la cuenca.

EDAD			ANH		INGEOMINAS	
			Cuenca del Río San Juan		Plancha 203 (Istmina)	Plancha 204 (Pueblo Rico)
NEÓGENO	Plioceno		Fm. Atrato		Fm. Quibdó Fm. Sierra	Fm. Sierra
	Mioceno	Tardío	Fm. Munguidó			
		Medio	Grupo San Juan	Fm. Condoto	Fm. Condoto	Fm. Napipí
				Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Conglomerados de la Mojarra	
		Temp.		Fm. Istmina	Fm. Istmina	Fm. Uva
PALEÓGENO	Oligoceno		Fm. Sierra			
	Eoceno	Tardío	Fm. Iró	Miembro Superior	Fm. Tadó	Fm. Salaqui
		Medio		Miembro Medio		
		Temp.		Miembro Inferior		
	Paleoceno	Tardío				
CRETÁCEO TARDÍO			Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas		Grupo Cañasgordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)	Complejo Santa Cecilia – La Equis
PRE – CRETÁCEO						

Figura 1. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de estudio, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.

Dada el área en que se ubica la línea, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH correspondiente a la cuenca del Valle del Río San Juan. De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de Ingeominas (Planchas 203 y 204) Ver Figura 1.

- **Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas (KPgse)**

Constituye el basamento económico de la cuenca, aflorando en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental. Se observa hacia el extremo oriental de la línea, a partir de la estaca 2730, en el costado occidental del valle del Río Iró, hacia estacas mayores. De igual manera, se presenta una repetición tectónica del basamento hacia estacas menores, entre las estacas 2638 y 2690 (ver Anexo 1), como producto de las fallas con vergencia Oeste del piedemonte de la Cordillera Occidental (ver Geología Estructural)

En este sector, la unidad está compuesta principalmente por aglomerados, basaltos, y localmente intercalaciones de rocas sedimentarias. Buenos afloramientos se encuentran en las quebradas de las estacas 2638 y 2823.

Se caracteriza por un relieve montañoso, con pendientes fuertes y continuas, con un rango de elevación entre 100 m en el valle del Río Iró, y 656 msnm. No se identifican buzamientos fuertes.

Litología. Los aglomerados afloran bien en la quebrada localizada en la estaca 2823 (Figura 2; ver Estación L02-27 – Anexo 2) Está constituido por bombas-bloques subangulares a subredondeados de 15 a 20 cm de diámetro de basaltos porfiríticos color verde grisáceo, compuestos por cristales de clinoperoxenos, olivino, hornblenda (?), granates (?), en una matriz cloritizada, de color gris claro verdoso.

Los basaltos son de color gris oscuro, afaníticos, muy diaclasados; se observan en la estaca 2791. De igual manera, se observa un gran afloramiento hacia la estaca 2638 (Estación L02-31 – Anexo 2) de basaltos andesíticos (?), de color gris verdoso, textura afanítica a porfirítica, con diaclasas en múltiples direcciones de hasta 2 cms de espesor, rellenas de calcita y cuarzo.



Figura 2. Afloramiento de aglomerados basálticos en la quebrada de la estaca 2823. Complejo Santa Cecilia – La Equis.

Las rocas sedimentarias se observan localmente en distintos segmentos, aparentemente entre los flujos basálticos y de aglomerados. Corresponden a lodolitas negras silíceas, con laminación fina, ondulosa paralela discontinua, y a areniscas de grano fino a medio de color crema intercaladas con lodolitas silíceas grises claras. En las estacas 2667 y 2682, se observan pequeños afloramientos de lodolitas silíceas grises, con partición en lápiz (*pencil clevage*), las cuales se interpretan como pertenecientes al basamento.

Ambiente. El ambiente tectónico de formación de estas rocas ha sido objeto de gran controversia. Hacia el Cretáceo, se presentan depósitos marinos profundos, secuencias de pelitas y turbiditas, intercalados con flujos basálticos, descansando sobre una secuencia ofiolítica. Como resultado de la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Suramericana, se crea un prisma de acreción incipiente, con el desarrollo de fallas de cabalgamiento con vergencia al Oeste, lo cual crea un *melange* tectónico, que determina la Formación de la Cordillera Occidental.

Discordantemente, hacia el Paleoceno-Eoceno, se presentan una nueva depositación en una cuenca de *forearc* llegando a profundidades abisales, el cual ha sido continuamente acrecionado, formando el piedemonte de la Cordillera.

Edad. A las rocas de esta unidad se les ha asignado un amplio rango de edad, desde Cretácico Superior (de manera indirecta *en* Cossio, 2003), correlacionándolas con el Grupo Cañasgordas, hasta Eoceno, en algunos segmentos sedimentarios del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001)

Correlaciones. Esta unidad corresponde al basamento económico de la cuenca; en la Plancha 204 de INGEOMINAS, este segmento de la línea 02 corresponde al Complejo Santa Cecilia – La Equis, el cual agrupa las formaciones Santa Cecilia, La Equis, los complejos El Paso y Viravira, y las rocas volcano-sedimentarias en la cuenca del Río Tamaná.

De manera general, la Plancha 204 de INGEOMINAS (Zapata y Cossio, 1999) pone el contacto del basamento con rocas sedimentarias cenozoicas en el valle del Río Iró, coincidiendo con las observaciones realizadas en campo, aunque los autores proponen un contacto erosivo (discordante) mientras que en este trabajo se propone un contacto fallado, en el que las rocas del basamento están cabalgando sobre las rocas del Terciario.

Entre las estacas 2638 y 2690, se encuentran afloramientos con litología similar a la observada hacia el Oriente de la estaca 2730, por lo cual este segmento se ha incluido entre las rocas del basamento, y se explica por la acción de fallas de cabalgamiento de alto ángulo con vergencia Oeste que involucran basamento e incluyen segmentos sedimentarios del Eoceno (Cretáceo Superior?) como se describe dentro del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001, p. 38-40)

- **Formación Iró (Ngpei)**

Unidad sedimentaria que aflora hacia el Oriente del Río San Juan, hasta el basamento económico, en el costado occidental del Río Iró. Se observa a lo largo de

aproximadamente 400 estacas (10 Km.) entre las estacas 2265 y 2638, y luego entre las estacas 2690 y 2729 por repetición tectónica (ver Anexo 1)
Esta unidad se compone por intercalaciones de calizas, chert, lodolitas silíceas grises claras a negras y esporádicamente violáceas; localmente se observan manchas de petróleo seco en chert rosado claro muy fracturado. Se presentan buenos afloramientos a lo largo del Río Chato, de la estaca 2586 hacia menores, en la quebrada de la estaca 2622, y en la Quebrada Tadocito, en la estaca 2718.

Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación entre 100 y 200 msnm. En general, las capas se observan buzando hacia el S-SW, presentando bastantes replegamientos y fallas a escala de afloramiento con vergencia W-NW.

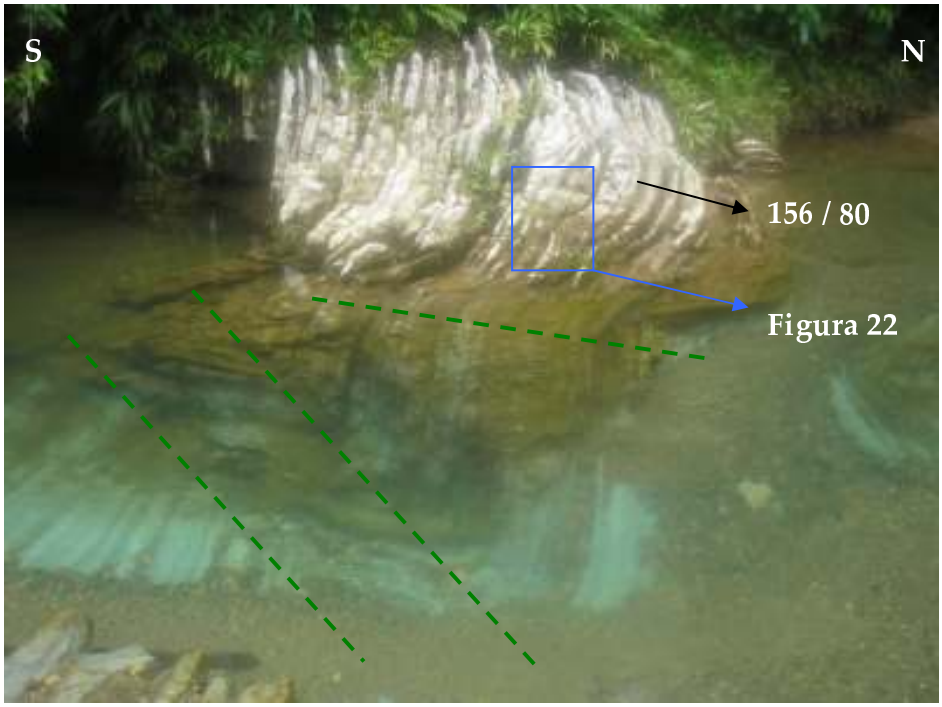


Figura 3. Afloramiento de la Formación Iró sobre la Quebrada Tadocito, aproximadamente a 100 m de la línea (Estación L02-29 – Anexo 2). Intercalación de calizas (mudstone) con lodolitas grises en capas delgadas a medias. (Recuadro en azul, ver Figura 22)

Litología. Las calizas (*mudstone* a *wackestone* y esporádicamente *packestone* a *grainstone*) se presentan en capas delgadas a medias (5 a 20 cms), tabulares, paralelas, continuas, masivas a finamente laminadas, de color blanco a gris verdoso claro (ver Figuras 3, 4 y 5); presentan venillas muy delgadas de calcita.

Los cherts son de color gris claro a negro, en capas delgadas a medias (5 a 20 cms), masivas a finamente laminadas, con laminación delgada a gruesa de chert gris claro blancuzco y negro (Figura 6). Generalmente se presentan muy fracturados, con partición de lidita.

Localmente, entre las estacas 2472 a 2474 (ver Estación L02-37 – Anexo 2), se observa chert rosado claro a blanco, muy fracturado, con manchas de petróleo seco entre las fracturas y sobre la superficie de la roca desarrollando una textura terrosa de color negro, con rastros de burbujas (?) evidenciando una migración de hidrocarburo a superficie (rezumadero inactivo); ver Figura 7.

Las lodolitas son grises claras a oscuras, masivas, en capas delgadas a medias, silíceas, muy compactas, con partición de lidita. Localmente se presentan lodolitas violáceas, masivas, muy compactas, con fracturas muy finas rellenas de calcita. De igual manera, localmente se observan capas delgadas de *shales* negros, con alto contenido carbonoso, bituminosos (?), muy compactos, finamente laminados (Figura 6)

Ambiente. La Formación Iró, corresponde a unidades sedimentarias depositadas en una cuenca de *forearc*, en un ambiente marino tranquilo de costa afuera, donde la presencia de chert se explica por procesos diagenéticos, donde el carbonato de calcio de las calizas es reemplazado por sílice proveniente de zonas emergidas aledañas, y ocasionalmente por radiolarios y diatomeas. Se presentan variaciones del nivel del mar preservando las intercalaciones de calizas.

Edad. A la Formación Iró se le ha asignado una edad Paleoceno Tardío a Eoceno Tardío, la cual es comparable con las edades dadas para la Formación Tadó (Plancha 203 Istmina, Cossio 2002 y 2003) y la Formación Salaqui (Plancha 204 Pueblo Rico, Zapata y Cossio ,1999 y Zapata ,2001)

Sin embargo, Cossio (2003) y Zapata (2001), han resaltado la existencia de estudios que asignan una edad Cretácico Tardío, correlacionable con el Miembro Nutibara de la Formación Penderisco (Grupo Cañasgordas), lo cual se explica como pequeños bloques tectónico entre la Formación Iró.

Correlaciones. Dado que la Formación Iró aflora en el área entre las planchas 203 y 204 de INGEOMINAS, la litología ha sido descrita por Cossio (2002 y 2003) asignándole el nombre de Formación Tadó (Plancha 203 Istmina), mientras que Zapata y Cossio (1999) y Zapata (2001) describen estas rocas como pertenecientes a la Formación Salaqui (Plancha 204 Pueblo Rico) Ver Figura 1.

La litología descrita en ambas planchas es muy similar, y las dos unidades son fácilmente correlacionables con la descripción realizada por la ANH de la Formación Iró.



Figura 4. Afloramiento de las calizas de la Formación Iró, aproximadamente a 100 m al W (aguas arriba) de la estaca 2622 (Estación L02-32 – Anexo 2) Dirección de la foto 105^0.



Figura 5. Calizas de la Formación Iró, 100 m al NNE (aguas arriba) de la estaca 2601. Calizas *(Mudstone-Wackestone)* blancas a gris claras, con delgadas intercalaciones de *grainstone* de color gris verdoso.



Figura 6. Intercalación de chert blanco y negro, lodolitas violáceas claras y *shales* negros. Afloramiento sobre la Quebrada Tadocito, estaca 2718 (Estación L02-28 – Anexo 2)



Figura 7. Petróleo seco rellenando fracturas y en la superficie de chert color rosado claro a blanco. Afloramiento muy diaclasado entre las estacas 2472 a 2474 (Estación L02-37 – Anexo 2); no es posible tomar dato estructural.

En la Plancha 204 Pueblo Rico (Zapata y Cossio, 1999), la Formación Salaqui (*léase* Formación Iró) aparece como un bloque tectónico entre la Falla El Tapón (con vergencia NW; Falla San Juan en la Plancha 203) a estacas menores, y la Falla Las Mojarras (con vergencia E) a estacas mayores, cabalgando sobre unidades más jóvenes (Oligoceno – Mioceno) correspondientes a las formaciones Istmina (Plancha 203) y Uva (Plancha 204) las cuales son correlacionables. Sin embargo, las observaciones realizadas en campo no confirman este cambio litológico, determinando la existencia de una litología homogénea correspondiente a la Formación Iró desde el valle del Río San Juan en el Occidente hasta el basamento económico de la cuenca al Oriente.

En el extremo Oriental, el primer cambio litológico se presenta entre las estacas 2638 y 2690 donde se observan rocas correlacionables con el basamento (Complejo Santa Cecilia – La Equis); sin embargo, sobre este segmento se observan depósitos coluviales con fragmentos de roca con la misma litología observada entre las

estacas 2690 y 2730, donde se observa una secuencia sedimentaria de origen marino que se ha correlacionado con la Formación Iró, que de igual manera puede correlacionarse con las unidades sedimentarias de edad Eoceno descritas dentro del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001)

- **Formación Istmina (Ngmi)**

Unidad sedimentaria que aflora al Occidente del Río San Juan hasta los depósitos Plio-Pleistocenos de los valles del ríos Cértegui y Quito, pertenecientes a la cuenca del Río Atrato. Aflora a lo largo de aprox. 452 estacas (11 Km.) entre las estacas 1813 al Occidente (Falla Quebrada Santa Bárbara) y 2265 al Oriente (Falla San Juan). Ver Anexo 1.

Esta unidad se compone por una sucesión monótona de intercalaciones de areniscas lodosas grises, lodolitas arenosas grises y niveles de conglomerados bien consolidados. Se presentan buenos afloramientos a lo largo de la Quebrada Candelaria, en la estaca 1868, en la Quebrada Tadó hacia la estaca 2139 y en el costado occidental del Río San Juan.

Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación medio entre 70 y 120 msnm, y un máximo de 200 m hacia la estaca 2177. Se presentan pocos afloramientos asociados a pequeñas quebradas, y una vegetación selvática densa.

Litología. Las areniscas lodosas son de color gris oscuro a gris verdoso, principalmente de grano muy fino a fino, hasta medio, en una matriz de lodo que puede variar en porcentaje llegando a lodolitas arenosas. Composicionalmente corresponden a litoarenitas con un porcentaje de cuarzo de hasta el 30%, con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, chert, cuarzo, micas y fragmentos de conchas. Se presentan en capas tabulares delgadas a medias, compactas, masivas a finamente laminadas, con segmentos altamente bioturbados (Figura 8). En general, presentan laminillas de material carbonoso, llegando localmente a capas lenticulares de carbón de hasta 3 cms de espesor (Figura 9); se presentan fósiles de hojas.



Figura 8. Lodolitas arenosas intercaladas con areniscas lodosas, en capas delgadas tabulares, finamente laminadas. Quebrada Candelaria, estaca 1868 (Estación L02-18 – Anexo 2)

Localmente se presenta un aumento de contenido calcáreo, con presencia de fósiles (e.g. foraminíferos, bivalvos, gasterópodos), llegando a areniscas calcáreas, e inclusive capas muy puntuales de calizas (*mudstone – packestone?*) con granos de terrígenos.

Los conglomerados se presentan como consecuencia de secuencias regresivas, presentando granocrecimiento, disminuyendo las capas de lodolitas arenosas y aumentando gradualmente el contenido de arena tamaño medio a grueso, llegando a intercalaciones de niveles lenticulares de conglomerados de gránulos hasta cantos, con predominio de guijos (Figura 10). De igual manera, se presentan contactos erosivos en la base de los conglomerados (Figura 11), con granodecrecimiento hasta las capas de lodolitas arenosas. Los clastos son principalmente líticos (areniscas, lodolitas, chert) redondeados a subangulares, en una matriz de arena lítica de grano grueso a medio.



Figura 9. Capa lenticular de carbón, en medio de una intercalación de areniscas lodosas grises y lodolitas arenosas grises. Estaca 1972 (Estación L02-22 – Anexo 2)



Figura 10. Contacto erosivo entre los conglomerados polimícticos matriz soportados, de gránulos a guijos, y las areniscas lodosas grises. Quebrada Candelaria, aproximadamente a 150m estaca 1868 (Estación L02-18 – Anexo 2)



Figura 11. Afloramiento de conglomerados en capas gruesas a muy gruesas. Quebrada Candelaria, a 200 m aguas debajo de la estaca 1868 (Estación L02-18 – Anexo 2)

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, así como por la presencia de foraminíferos, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría, los fósiles de gasterópodos, la alta bioturbación, la aparición de material carbonoso y fósiles de hojas, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003, y Zapata, 2000 y 2001)

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca del Río Atrato (planchas 203 y 204 de INGEOMINAS) La litología descrita es muy

similar en ambas unidades (Cossio, 2003, Plancha 203 y Zapata, 2001, Plancha 204) y es correlacionable con la litología observada en campo.
Este segmento de la línea (1813 – 2265) abarca una pequeña área al SE de la Plancha 184 Lloró, y el extremo NE de la Plancha 203 Istmina; sin embargo, las observaciones realizadas en campo presentan una diferencia marcada, ya que Cossio (2003, Plancha 203) asigna a la Formación Istmina sólo una pequeña franja en el extremo SE del segmento, entre la Falla San Juan al Este y la Falla Dipordú de Los Indios al Oeste; aunque ésta última falla separa a la Formación Istmina al Este de la Formación Sierra (de edad más joven) al Oeste, nuestras observaciones realizadas en campo no evidencian algún cambio litológico en esta zona; sin embargo, esto no desmiente la existencia de la Falla Dipordú de Los Indios, ya que a partir de esta zona (estaca 2150) hacia el Oriente se presentan capas con muy alto buzamiento, casi verticales, evidenciando esfuerzos compresivos con vergencia W (ver Geología Estructural), aunque sin un cambio de unidad litológica.

- **Formación Atrato (Ngpa)**

Está conformada por rocas sedimentarias, las cuales afloran hacia noreste de la línea sísmica, entre las estacas 821 y 1095, y de la 1258 a la 1813. Geomorfológicamente se caracteriza por presentarse como un nivel de terraza con topografía plana, ligeramente disectada y ligeramente ondulada. Esta formación fue observada en la carretera de Istmina a Quibdo y a través de la línea sísmica en afloramientos pequeños y esporádicos asociados a pequeñas quebradas. Se observa un buen afloramiento de esta Formación unos 500 m al norte del punto denominado "La Y", ubicada dentro de la cabecera municipal de Unión Panamericana (o las Ánimas)

Litología. De acuerdo a las observaciones de campo, la Formación Atrato está conformada por intercalaciones de conglomerados y arcillolitas masivas de color gris azuloso.

Las arcillolitas fueron observadas en afloramientos minúsculos y esporádicos asociados a quebradas que cortan la línea símica; se disponen en capas medias y gruesas, masivas, plano paralelas y continuas; son de naturaleza plástica, su

tonalidad es gris azuloso y poseen un bajo grado de consolidación (Figura 12). Su contacto superior es erosivo respecto a los depósitos cuaternarios suprayacentes, su contacto inferior no se observó.

Los conglomerados son polimícticos, poseen bajo grado de consolidación, son masivos, clasto soportados y presentan matriz arenosa (Figura 13). Los clastos son redondeados y mal seleccionados, su tamaño predominante va desde guijos muy finos hasta guijos gruesos. La composición de los clastos es chert, cuarzo lechoso, lodolitas y areniscas. Su contacto superior está representado por un suelo residual generado a partir del mismo depósito, su contacto basal no fue observado. El espesor visto en campo es variable y no concluyente, debido a que no se observo su contacto basal. En el punto "La Y" tiene un espesor de 2,50 m (Figura 14). Hacia la parte media de este depósito se observó en el punto "La Y", una capa tabular ondulosa de 40 cm de espesor, conformada por conglomerados polimícticos, con matriz arcillosa y tonalidad rojiza, esta intercalación marca un evento con características diferentes y puede representar un horizonte guía.

En términos generales, la Formación Atrato presenta un contacto erosivo con los depósitos cuaternarios suprayacentes; mientras que, de acuerdo con las relaciones estructurales y litoestratigráficas observadas en campo se presenta en contacto fallado con la Formación Istmina (Estaca 1813)

Ambiente. El ambiente sugerido por la litología observada es continental fluvio lacustre. El predominio de conglomerados sugiere un ambiente fluvial de alta energía, mientras que las arcillolitas sugieren un ambiente fluviolacustre de baja energía.

Edad. La edad de la Formación Atrato se ha asignado al Mioceno tardío – Plioceno. Duque Caro en INGEOMINAS (2003) consideran que la Formación Atrato no es más antigua que el Plioceno.

Correlaciones. La Formación Atrato es tratada en la plancha 184 Lloró (INGEOMINAS, 2003) como Formación Quibdo; tanto la Formación Quibdo de INGEOMINAS y la Formación Atrato de la ANH correlacionan espacial y temporalmente.



Figura 12. Arcillolitas masivas de color gris azuloso de la Formación Atrato. Estaca 1813, Estación L02-15 – Anexo 2.



Figura 13. Afloramiento en el punto "La Y", municipio de Unión Panamericana. Obsérvese el nivel intermedio de conglomerado con tonalidad rojiza. Estación L02-1 – Anexo 2.



Figura 14. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato.

- **Depósitos Cuaternarios (Qal)**

Durante el reconocimiento geológico a través de la línea sísmica se observaron depósitos cuaternarios formando aluviones asociados a los principales drenajes del área: entre las estacas 1096 a 1258 (Río Quito), 2215 a 2263 (Río San Juan), 2303 a 2369 (Río Mungarrá) y 2732 a 2781 (Río Iró). Estos depósitos aluviales conforman llanuras de inundación aluvial y en algunos casos terrazas aluviales y representan 8.15 Km de la línea sísmica.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones de poco a no consolidadas de gravas, arenas y limos, en general con abundante materia orgánica. Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y

forman áreas pantanosas o chucuas, las cuales están conformadas por depósitos no compactados. Hacia el NW del Río Quito se presenta un nivel de terraza con sedimentos con bajo grado de compactación, que representan un antiguo nivel del fondo del valle o llanura de inundación, la cual fue cortada posteriormente por el río. En los afloramientos observados sobre el río San Juan, los depósitos aluviales de llanura de inundación, se encontraron dispuestos discordantemente sobre las rocas neógenas de la Formación Istmina. Los depósitos aluviales asociados al Río Iró, se encontraron en contacto basal discordante con las rocas de la Formación Iró.



Figura 15. Depósitos recientes de la llanura aluvial del Río San Juan, correspondientes a conglomerados polimícticos no consolidados. Estaca 2217, Estación L02-10 – Anexo 2.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional está enmarcado, de manera general, por la convergencia de las placas Nazca y Suramericana. La subducción de la Placa Nazca crea un prisma de acreción que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste. Estos abanicos imbricados pueden ser afectados fallas de rumbo de dirección N a NW, como resultado de un proceso de subducción oblicua.

Estructuralmente, el área de la línea 02 se divide en dos zonas principales muy diferentes: Al Occidente se encuentra una zona de topografía plana en la cual no se realizaron muchas observaciones estructurales, correspondiente al extremo sur del Bloque Chocó (Duque-Caro, 1990 *en* Cossio, 2003) Al Oriente se presenta un área estructuralmente muy interesante, en el que se desarrolla un abanico imbricado con vergencia Oeste, que cruza por la Zona Deformada de Istmina (Duque-Caro, 1990 *en* Cossio, 2003) hasta el piedemonte de la Cordillera Occidental.

Para facilitar la descripción estructural del área de estudio, la zona oriental puede a su vez ser subdividida en dos segmentos: una "Zona Central", entre la Falla Quebrada Santa Bárbara al occidente y la Falla San Juan al oriente, donde se describen los elementos estructurales que afectan la Formación Istmina; y la "Zona Oriental", al oriente de la Falla San Juan, donde se describen los elementos estructurales que afectan la Formación Iró y el basamento económico (Tabla 1)

Zona Central. Presenta la Formación Istmina, en general con una deformación frágil como producto de un abanico imbricado con vergencia Oeste, con desarrollo de secuencias de pliegues (anticlinales – sinclinales) a escala de kilómetros, asociados a fallas en profundidad; se desarrollan anticlinales con flancos frontales de buzamientos altos (indicando la vergencia de la falla), y sinclinales traseros amplios, fijos a la flexión de la falla en profundidad, o sinclinales frontales apretados por las terminaciones (*tips*) de las fallas de propagación en profundidad (ver Anexo 1)

ZONA ESTRUCTURAL		ESTACA	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Occidental		821 - 1813	Ninguno
Central	Formación Istmina	1813	Falla Quebrada Santa Bárbara
		1850 – 1870	Anticlinal de Ibordó
		1870 – 1910	Sinclinal
		2020 – 2060	Anticlinal
		2145 – 2162	Sinclinal
		2150	Falla de Dipurdú de Los Indios
		2165	Anticlinal
Oriental	Formación Iró	2220	Falla San Juan (Falla El Tapón)
		2328	Anticlinal de La Mojarra
		2457	Anticlinal vergencia NW
		2487	Anticlinales vergencia E
		2606	Falla buzando al SSW
		2622	Replegamientos con vergencia NW
	Basamento	2638	Falla inferida con vergencia al NW
		2666	Falla de basamento con vergencia NW
	Formación Iró	2722	Fallas con pliegues menores
		Est. L02-29	Replegamientos con vergencia NW
		2730	Falla Tadocito (?)

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea 02 observados en cada formación (Zona Estructural); las estacas indican la localización de cada elemento.

Puede empezar a partir de la Falla Quebrada Santa Bárbara (Estaca 1813), la cual funcionaría como el cabalgamiento frontal del abanico imbricado con vergencia W del piedemonte de la Cordillera Occidental, y pone en contacto a la Formación Atrato (Estación L02-15 – Anexo 2) la cual presenta buzamientos suaves hacia el SW, con la Formación Istmina, con cambio a buzamientos altos (60^0 – 76^0 NW, estaciones 16 y 17 – Anexo 2)



Figura 16. Capas horizontales en el eje de un Anticlinal, Estaca 2041, Estación L02-25 – Anexo 2. Formación Istmina.

Asociado a esta falla se presenta el Anticlinal de Ibordó, entre las estacas 1850 a 1870, con un flanco frontal muy parado (60^0 – 76^0 NW), y un flanco trasero suave (20^0 SE, Estación 18 – Anexo 2), que corresponde un sinclinal por flexión de falla que se ve truncado por un nuevo anticlinal con un flanco frontal de alto ángulo (70^0 - 73^0 NW, estaciones 20, 21 y 22 – Anexo 2) que se va suavizando hacia el eje de la estructura, llegando a capas horizontales (Estaca 2041, Estación L02-25 – Anexo 2), ver Figura 16. Al igual como se describe en la Plancha 184, (Zapata 2000, Zapata, 2002), los afloramientos aguas abajo por la Quebrada Candelaria (Estaca 1868, Estación L02-18 – Anexo 2) evidencian un cabeceo hacia el NE de esta estructura.

Hacia estacas mayores (SE) se presentan buzamientos hacia el SE, inicialmente altos en la estaca 2059 (61^0 SE, Estación L02-24 – Anexo 2) disminuyendo a buzamientos suaves de hasta 10^0 en la estaca 2145 (Estación L02-26 – Anexo 2) Posteriormente, a partir de la estaca 2152 hacia mayores, se presenta un cambio de buzamiento abrupto, con capas casi verticales buzando hacia el NW (67^0 – 84^0 NW) Este cambio de buzamientos evidencia la existencia de una falla, la cual se correlaciona con la Falla de Dipurdú de Los Indios presentada por Cossio (2002), la

cual se comporta como una falla de propagación con vergencia al Oeste cuya terminación (*tip*) marca el eje del sinclinal frontal, ver Anexo 1; puede que esta falla tenga un desplazamiento mayor y se propague hasta superficie, pero no se evidencia el cabalgamiento de una unidad infrayacente ya que no se observa un cambio litológico en este sector.

Zona Oriental. Presenta en general a la Formación Iró, con una deformación frágil de una secuencia sedimentaria espesa buzando hacia el SW, con desarrollo de múltiples replegamientos a escala de afloramiento con rocas muy fracturadas como producto de un abanico imbricado con vergencia al NW.

Empieza a partir de Falla San Juan (Plancha 203, o Falla El Tapón – Plancha 204) la cual pasa en esta zona por debajo de los depósitos cuaternarios del Río San Juan, y debe corresponder a una falla de cabalgamiento de gran desplazamiento con vergencia NW, poniendo en contacto a la Formación Istmina (al Oeste) con la Formación Iró (al Este) Ver Anexo 1.

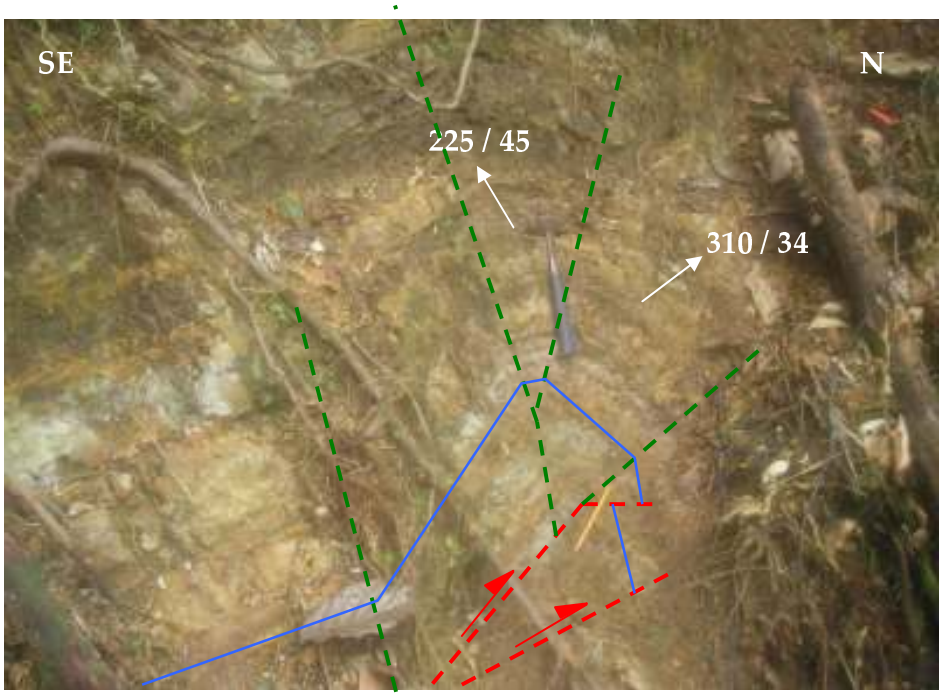


Figura 17. Replegamiento local por una falla de propagación con vergencia NW. Estaca 2457 (Estación L02-34 – Anexo 2) Las líneas punteadas en verde indican las superficies axiales de los pliegues y las líneas en rojo los posibles planos de falla.

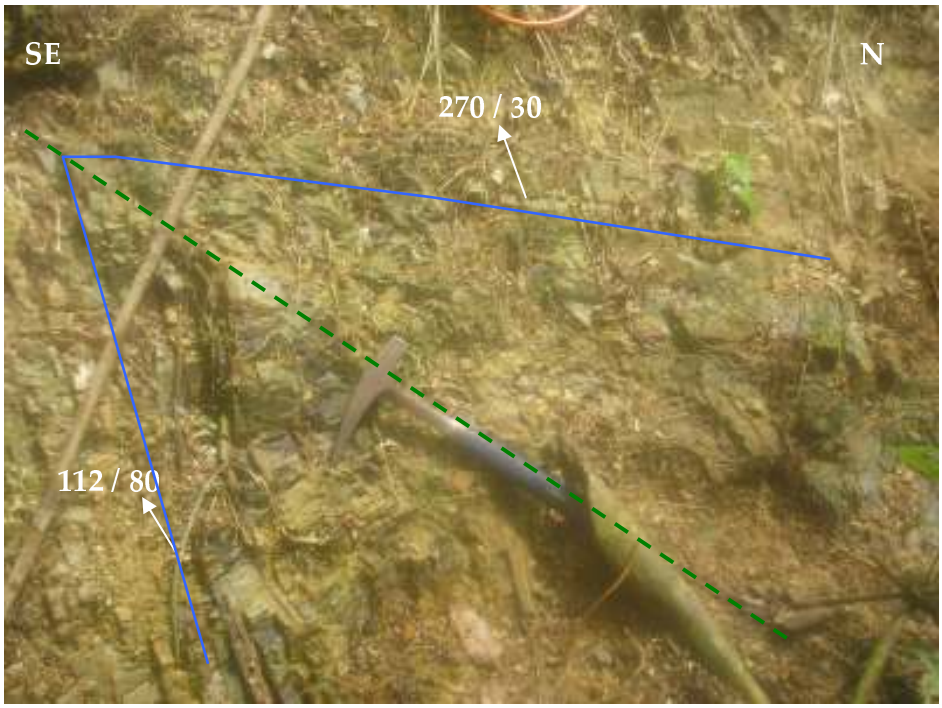


Figura 18. Afloramiento en la ladera de una colina, Estaca 2487. Se observa un anticlinal apretado con vergencia al Este. La línea verde punteada (así como la inclinación del martillo) muestran la superficie axial del pliegue, indicando la vergencia del pliegue.

Debido a la ausencia de afloramientos y datos estructurales confiables, no es posible identificar claramente el Anticlinal de La Mojarra en esta zona, el cual, a partir de la información de la Plancha 204 (Zapata y Cossio, 1999) e imágenes de radar, se puede localizar aproximadamente hacia la estaca 2328, con buzamientos altos en el costado occidental (80^0 NW) y suaves al oriental (30^0 SE)

Así mismo, hacia el SE (estacas mayores), dada la presencia de afloramientos aislados y las características de las rocas, que determinan un alto plegamiento y fracturamiento de las mismas, no es posible identificar estructuras principales a gran escala (de kilómetros o centenas de metros), por lo cual, a medida que se observan a lo largo de la línea, se describen replegamientos menores (a escala de centímetros a metros) que de igual manera son el resultado de los procesos estructurales dados a mayor escala.

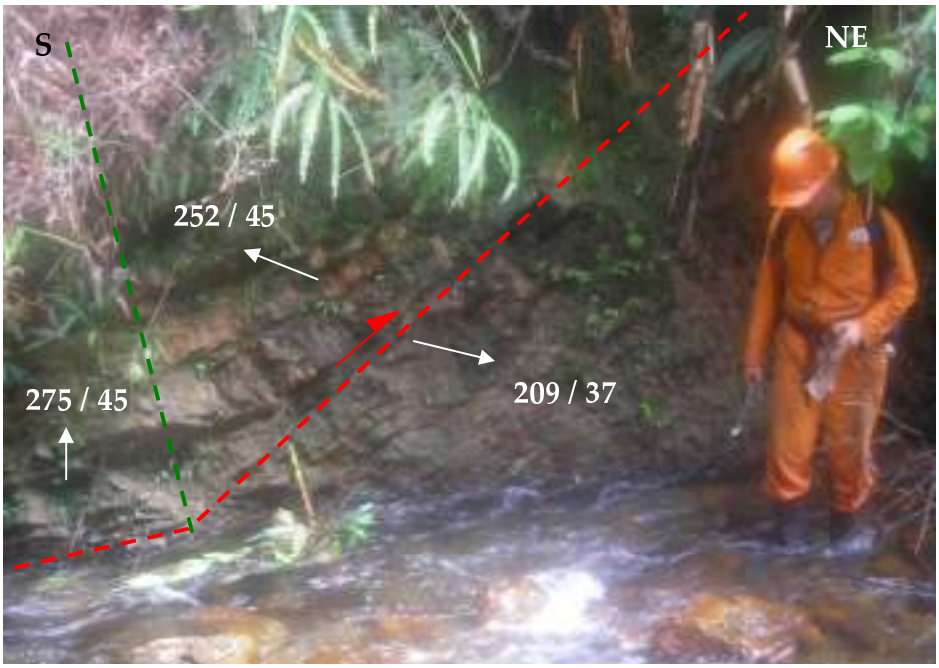


Figura 19. Afloramiento en la Estaca 2606, en donde se observa un plano de falla buzando hacia el SSW.

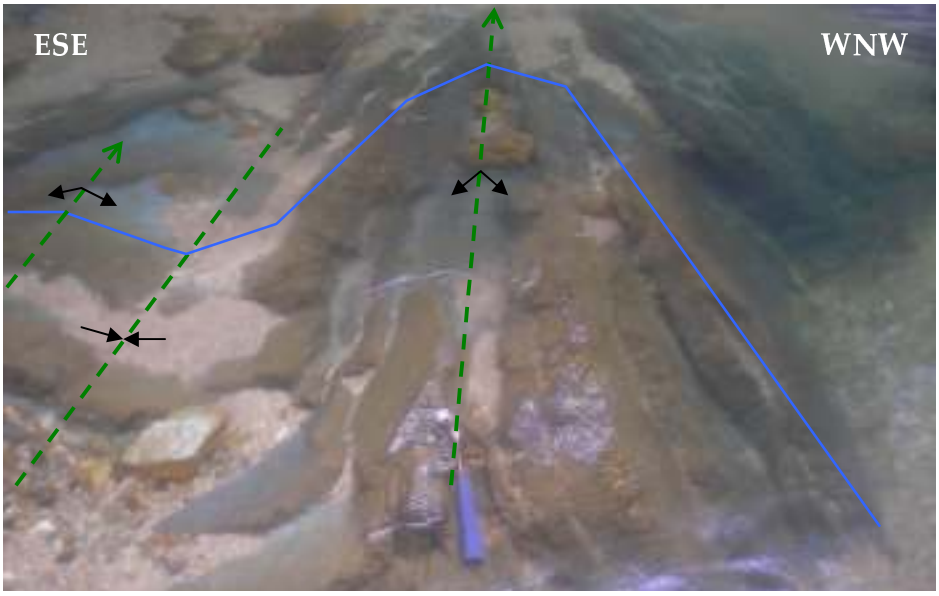


Figura 20. Afloramiento en el lecho de una quebrada, aproximadamente 300 m al WNW (aguas arriba) de la Estaca 2622. Se observa un anticlinal apretado cabeceando al SW, con un sinclinal trasero amplio, evidenciando una vergencia al Oeste.

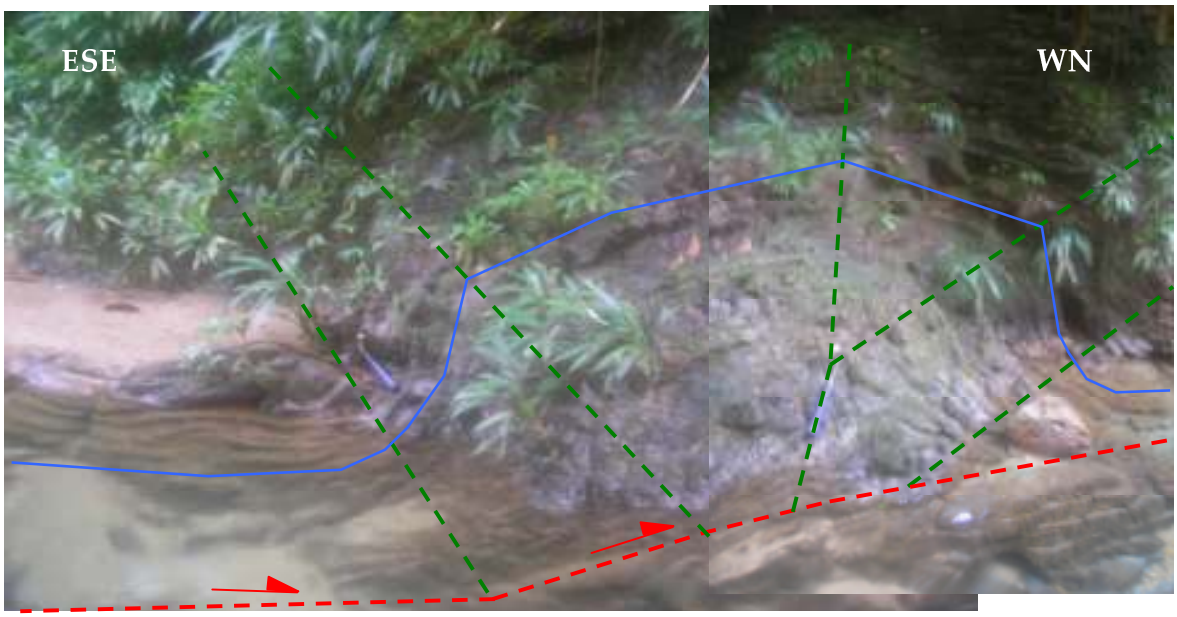


Figura 21. Afloramiento aproximadamente 300 m al WNW (aguas arriba) de la Estaca 2622 (Estación L02-22 – Anexo 2), sobre un despegue superior al pliegue de la Figura 20. Se observa un anticlinal asimétrico aparentemente por una falla de despegue con vergencia W.

De esta manera, hacia la estaca 2457 (Estación L02-34 – Anexo 2), se presenta el núcleo de un anticlinal apretado (Figura 17), con un flanco frontal (NW) de alto ángulo, que sigue a un sinclinal muy apretado (no observable en la Figura 17); el flanco trasero presenta un sinclinal más amplio que puede ser fijo a la flexión entre el plano de despegue y la rampa. Este pliegue puede ser el resultado de una falla de propagación con vergencia al NW, con procesos de rompimiento y reactivación de la falla (*breakthrough*) llegando a un despegue horizontal superior. El buzamiento regional es hacia el SW, como lo demuestra el dato estructural en la cresta del pliegue.

La Figura 18 muestra un afloramiento similar al anterior, un anticlinal apretado, pero en este caso se evidencia una vergencia del pliegue hacia el SE, dados los altos buzamientos del flanco frontal, los buzamientos suaves del flanco trasero y una superficie axial inclinada hacia la dirección de plegamiento. Pocos metros (< 5m) al NW se presenta otro anticlinal con iguales características, indicando la presencia de un abanico imbricado con vergencia al Este, posiblemente como resultado de

fallas de retrocabalgamiento de las fallas con vergencia Oeste características del frente de cabalgamiento del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental.

En la Estaca 2606 (Figura 19) se observa la única falla con vergencia al Norte, posible evidencia del sistema de fallas que levanta la Formación Iró, y crea un buzamiento regional hacia el S – SW.

Sobre la quebrada que cruza en la Estaca 2622 en dirección 105^0 (aguas abajo) se observa una secuencia de la Formación Iró con buzamiento regional hacia el S – SW, con múltiples replegamientos a escala de afloramiento con vergencia W – NW, y varias superficies de despegue asociadas a las intercalaciones de lodolitas. La Figura 20 muestra un anticlinal apretado con cabeceo hacia el SSW, con un sinclinal trasero amplio, indicando una vergencia del pliegue hacia el WNW. Estratigráficamente encima de esta estructura se presenta un plano de despegue sobre el que se desarrolla un anticlinal asimétrico con sinclinales bien desarrollados en ambos flancos del pliegue (ver Figura 21).

El basamento económico aparece por primera vez hacia el Este, a partir del afloramiento de la estaca 2638, por lo cual se infiere la existencia de una primera falla de cabalgamiento de alto ángulo con vergencia al Oeste, que levanta un segmento del basamento cubierto por una secuencia sedimentaria marina correspondiente a la Formacaión Iró, que se observa hacia estacas mayores (estacas 2690 a 2729). Una evidencia de este sistema de fallas con vergencia al Oeste, se observa en la estaca 2666, donde se observa un afloramiento muy meteorizado con rocas fracturadas, aparentemente en una zona de falla, con un plano con estrías, con dato estructural 133 / 75.

Siguiendo hacia el Oriente se presenta el primer afloramiento de la Formación Iró al occidente del basamento de la Cordillera Occidental (Estaca 2722, Figura 22), donde se observa otro ejemplo de pliegues a pequeña escala formados por desplazamiento sobre fallas. Este afloramiento se presenta muy fracturado y meteorizado, bajando por una vertical (ver manila en la foto), dificultando la toma de un dato estructural válido. Sin embargo, se pueden identificar múltiples replegamientos asociados a fallas a pequeña escala, los cuales son el resultado del

cabalgamiento del basamento (al Oriente), sobre la cobertera sedimentaria (al Occidente).

En la misma área, aproximadamente 100 m al sur de la línea sobre la Quebrada Tadocito (Estación L02-29 – Anexo 2), se observan las calizas de la Formación Iró fuertemente plegadas con vergencia al Oeste (ver Figura 3), con múltiples callamientos y replegamientos a escala de centímetros a metros presentando vergencias al Este y al Oeste, en donde los planos de despegue corresponden a las capas delgadas de lodolitas intercaladas entre las capas de calizas (ver Figura 23)

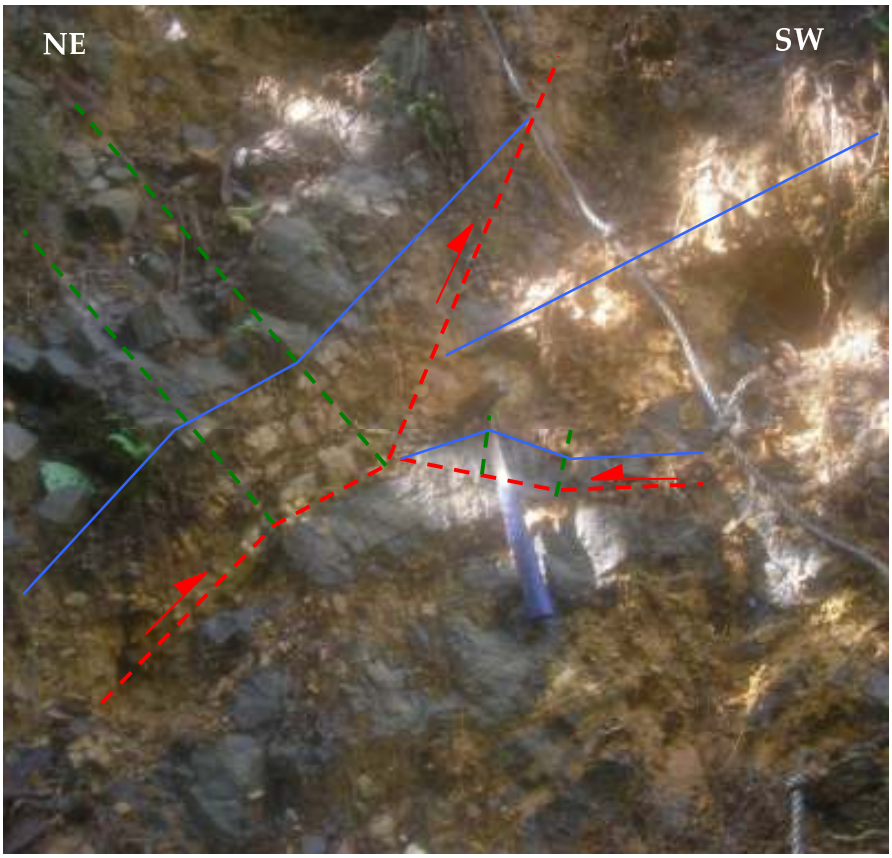


Figura 22. Afloramiento fracturado y meteorizado en la Estaca 2722, correspondientes a intercalaciones de chert blanco y negro y lodolitas.

Finalmente, a partir de la estaca 2730 hacia el Oriente (estacas mayores), se observan las rocas del basamento, las cuales afloran como resultado de un proceso

de acreción tectónica, a partir del cual se infiere la existencia de un sistema de fallas de alto ángulo con vergencia al Occidente. En esta zona, Zapata y Cossio (1999) dibujan la Falla Tadocito, aunque proponen una falla con vergencia Este.

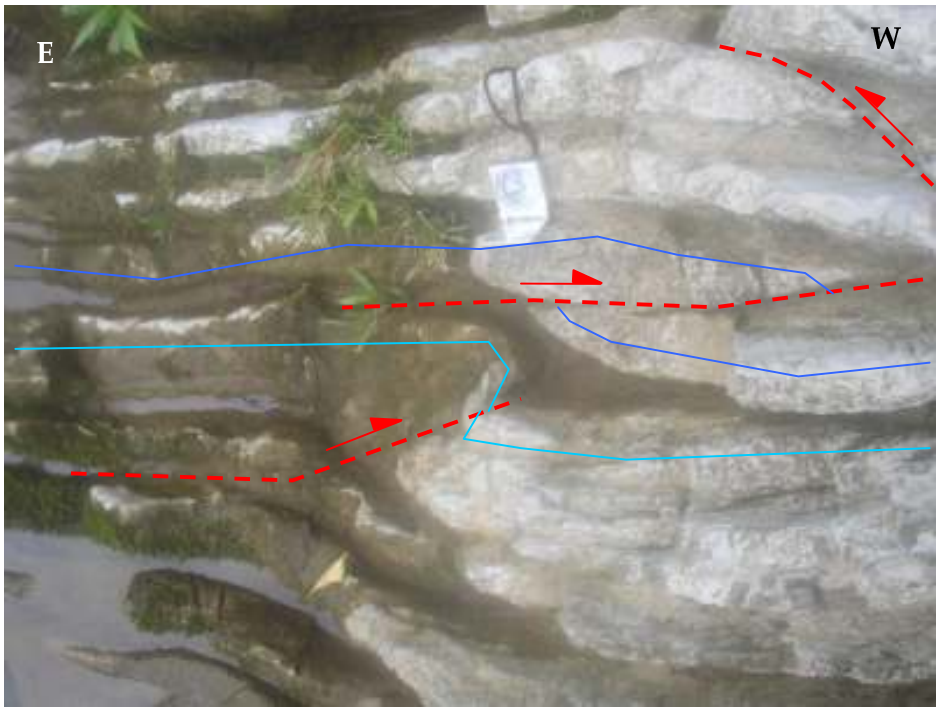


Figura 23. Replegamientos en las calizas de la Formación Iró. Las capas de lodolitas funcionan como superficies de despegue para fallas con vergencia Este y Oeste. Localización en la Figura 3. Quebrada Tadocito, Estación L02-29 – Anexo 2.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A partir de las observaciones realizadas en campo, y apoyándonos en información de estudios geológicos previos (e.g. Ingeominas, ANH), la línea sísmica ANH-CHBN-2005-02, pasa sobre un abanico imbricado con vergencia Noroeste que caracteriza el frente de cabalgamiento del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental colombiana.

- Este frente de cabalgamiento pone en superficie diferentes unidades que corresponden al margen y al relleno sedimentario de una cuenca de *forearc*, aflorando la Formación Istmina (Mioceno Temprano) en el segmento externo, la Formación Iró (Paleoceno – Eoceno) en el segmento central, y el basamento económico (Cretáceo Tardío) en el segmento interno del abanico imbricado.

- Al Occidente del abanico imbricado (a partir de la Falla Quebrada Santa Bárbara, estaca 1813, hacia el Occidente), se observa un relleno sedimentario con buzamientos suaves, aflorando la Formación Atrato y depósitos recientes, lo cual evidencia el fin de una tectónica compresiva, y la posibilidad de encontrar en el subsuelo un relleno sedimentario continuo y capas casi horizontales.

- Es importante recalcar que dadas las condiciones geográficas del proyecto, el reconocimiento geológico de la línea ANH-CHBN-2005-02 se realizó a partir de afloramientos puntuales y relativamente aislados a lo largo de la línea, lo cual impide desarrollar un levantamiento geológico de gran detalle, donde se puedan realizar mediciones aproximadas de los espesores de las unidades observadas (Fm. Iró, Fm. Istmina, Fm. Atrato)

- El abanico imbricado esta conformado por una gran cantidad de fallas de cabalgamiento y plegamientos con buzamientos altos (muchos de los cuales pueden no haber sido identificados en campo), razón por la cual a partir del frente del abanico imbricado, se puede presentar mala calidad de la información sísmica. Esta situación se puede aumentar hacia el extremo oriental

de la cuenca, donde se empiezan a presentar cuñas del basamento, las cuales pueden empobrecer la calidad de la información sísmica.

- En una extensión de aproximadamente 10 Km. a lo largo de la línea sísmica aflora la Formación Iró, la cual ha sido descrita (ANH) como la principal unidad generadora y almacenadora de hidrocarburos para la cuenca de San Juan (Chocó) Litológicamente esta compuesta por intercalaciones de calizas, chert y lodolitas, aunque sólo localmente se observan las rocas típicamente generadoras, correspondientes a *shales* (lodolitas negras laminadas) bituminosos. Sin embargo, las rocas presentan un alto grado de fracturamiento, lo cual determina una alta porosidad secundaria, favoreciéndolas como rocas almacenadoras, como se observó localmente en un afloramiento con rocas con petróleo seco en las fracturas.

- A diferencia de los estudios realizados previamente (e.g. Ingeominas, ANH), se observa la Formación Iró aflorando desde la Falla San Juan al Occidente hasta el contacto con el basamento económico al Oriente. Dada la importancia de la Formación Iró como unidad generadora y almacenadora de hidrocarburos, se sugiere un análisis petrográfico y bioestratigráfico detallado de las rocas aflorantes en este sector para validar con certeza las observaciones realizadas en campo.

- Como resultado de la reología de la Formación Iró, las rocas se presentan muy fracturadas y replegadas, como resultado de los grandes eventos compresivos a los que han sido expuestas. La Formación Istmina, por el contrario, permite el desarrollo de pliegues más amplios, con pocos replegamientos a escala de afloramiento, y rocas menos fracturadas.

REFERENCIAS

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2000. Geología de las planchas 163 Nuquí, 164 Quibdó, 183 Coquí, 184 Lloró. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2002. Geología de la Plancha 184 Lloró. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. y Cossio, U. 1999. Geología de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

ANEXOS

1. Listado de estaciones de campo.
2. Listado de muestras de campo
3. Listado de muestras de pozo
4. Formatos de "Estaciones de campo"

1. Listado de estaciones de campo.

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
L02-01		1050079E 1082071N		Formación Atrato
L02-02		1043725E 1063725N	140/63	Formación Iró
L02-03		1058917E 1074130N	145/70	Formación Iró
L02-03A		1059875E 1074484N	110/75	Formación Iró
L02-04		1061251E 1073944N		Formación Atrato
L02-05		1057369E 1074826N		Formación Istmina
L02-06		1063898E 1074898N	154/80	Formación Iró
L02-07		1065920E 1070490N	114/77	Formación Iró
L02-07A		1065911E 1070590N	113/79	Formación Iró
L02-08		1067647E 1069667N	240/17	Formación Iró
L02-08A		1067610E 1069581N	165/56	Formación Iró
L02-08B L02-08C		1067617E 1069561N	230/32 // 160/56	Formación Iró
L02-09		1067643E 1069658N		Formación Iró
L02-09A		1067500E 1069842N		Formación Iró
L02-10	2217			Depósitos Recientes
L02-11	2209			Formación Istmina
L02-12	2205		329/45	Formación Istmina
L02-13	2194		180/80	Formación Istmina

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
L02-14		1059087E 1075278N	165/85	Formación Istmina
L02-15	1813		324/25	Formación Atrato
L02-16	1839			Formación Istmina
L02-17	1849		315/60	Formación Istmina
L02-18A	1868		123/15	Formación Istmina
L02-18B	1868		33/23	Formación Istmina
L02-19			310/68	Formación Istmina
L02-20	1911		323/72	Formación Istmina
L02-21	1943		324/70	Formación Istmina
L02-22	1972		330/73	Formación Istmina
L02-23	2000		345/54	Formación Istmina
L02-24	2059		165/61	Formación Istmina
L02-25	2041		0/0	Formación Istmina
L02-26	2144		158/16	Formación Istmina
L02-27	2823			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-28	2718			Formación Iró
L02-29		1069699E 1067772N	156/80	Formación Iró
L02-30	2666			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-31	2638			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-32	2622		160/55	Formación Iró
L02-33	2612		280/22	Formación Iró
L02-34	2457		170/50, 225/45	Formación Iró
L02-35	2460		200/56	Formación Iró
L02-36		1064045E 1073214N	152/68	Formación Iró
L02-37	2472			Formación Iró
L02-38	2478		194/56	Formación Iró
L02-39	2487		112/80, 270/30	Formación Iró
L02-40	2690			Complejo Santa Cecilia – La Equis

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
L02-41	2791			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-42 A L02-42B	2721		115/25	Formación Iró
L02-43	2647			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-44	2601		180/45	Formación Iró
L02-45	2681			Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-46	2667		280/85	Complejo Santa Cecilia – La Equis
L02-47		1067754E 1069712N		Formación Iró
L02-48	2494			Formación Iró

2. Listado de muestras de campo.

LÍNEA	CÓDIGO	ESTACA	COORDENADAS					MUNICIPIO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	Objetivo de la toma de la muestra *
			GEOGRÁFICAS		PLANAS						
			LATITUD	LONGITUD	N	E	ORIGEN				
ANH-CHBN-2005-02	L02-14		05 16 36.16 N	076 32 40.14 W	1075278	1059087	3 W	Tadó	Formación Istmina	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-17	1849	05 19 27.46 N	076 36 23.85 W	1080534	1052194	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-18 A	1868	05 19 18.85 N	076 36 11.55 W	1080270	1052573	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	Arenisca lodosa con carbón	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-18 B	1868	05 19 18.85 N	076 36 11.55 W	1080270	1052573	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	Mudstone	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-18 C	1868	05 19 18.85 N	076 36 11.55 W	1080270	1052573	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-18 D	1868	05 19 18.85 N	076 36 11.55 W	1080270	1052573	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	Conglomerado polimíctico	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-24	2059	05 17 47.72 N	076 34 06.06 W	1077473	1056439	3 W	Cértegui	Formación Istmina	Arenisca calcárea	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-26	2145	05 17 06.58 N	076 33 09.44 W	1076211	1058184	3 W	Cértegui	Formación Istmina	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-27	2823	05 11 42.67 N	076 25 43.86 W	1066274	1071915	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia-La Equis	Aglomerado basáltico	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-28	2718	05 12 32.89 N	076 26 52.82 W	1067814	1069789	3 W	Río Iró	Formación Iró	Chert, caliza, mudstone y shale bituminoso	PP, B, G
ANH-CHBN-2005-02	L02-29		05 12 31.50 N	076 26 55.77 W	1067772	1069699	3 W	Río Iró	Formación Iró	Mudstone	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-30	2666	05 12 57.74 N	076 27 26.97 W	1068577	1068737	3 W	Tadó	Complejo Santa Cecilia-La Equis	Andesita Basáltica	PP

			COORDENADAS								
ANH-CHBN-2005-02	L02-31	2638	05 13 11.07 N	076 27 45.39 W	1068986	1068169	3 W	Tadó	Complejo Santa Cecilia-La Equis	Basalto	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-32 A	2622	05 13 18.78 N	076 27 55.89 W	1069222	1067845	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-32 B	2622	05 13 18.78 N	076 27 55.89 W	1069222	1067845	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-32 C	2622	05 13 18.78 N	076 27 55.89 W	1069222	1067845	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-32 D	2622	05 13 18.78 N	076 27 55.89 W	1069222	1067845	3 W	Tadó	Formación Iró	Limonita silícea	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-32 E	2622	05 13 18.78 N	076 27 55.89 W	1069222	1067845	3 W	Tadó	Formación Iró	Lodolita silícea	PP, B
ANH-CHBN-2005-02	L02-33 A	2612	05 13 23.50 N	076 28 02.49 W	1069367	1067642	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-33 B	2612	05 13 23.50 N	076 28 02.49 W	1069367	1067642	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-34	2457	05 14 37.51 N	076 29 44.38 W	1071638	1064502	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-35	2460	05 14 36.09 N	076 29 42.41 W	1071594	1064563	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-37	2472	05 14 30.37 N	076 29 34.51 W	1071418	1064806	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert con petróleo seco	B, G
ANH-CHBN-2005-02	L02-38	2478	05 14 27.51 N	076 29 30.57 W	1071331	1064928	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-39 A	2487	05 14 23.20 N	076 29 24.65 W	1071198	1065110	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-39 B	2487	05 14 23.20 N	076 29 24.65 W	1071198	1065110	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-40	2690	05 12 46.27 N	076 27 11.20 W	1068225	1069223	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	Basalto	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-41	2791	05 11 58.00 N	076 26 04.84 W	1066744	1071268	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia -	Basalto porfiritico	PP

			COORDENADAS								
									La Equis		
ANH-CHBN-2005-02	L02-42 A	2721	05 12 31.45 N	076 26 50.84 W	1067770	1069850	3 W	Río Iró	Formación Iró	Chert	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-42 B	2721	05 12 31.45 N	076 26 50.84 W	1067770	1069850	3 W	Río Iró	Formación Iró	Chert	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-43	2647	05 13 06.82 N	076 27 39.45 W	1068855	1068352	3 W	Tadó	Complejo Santa Cecilia - La Equis	Basalto	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-44	2601	05 13 28.75 N	076 28 09.72 W	1069528	1067419	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	PP
ANH-CHBN-2005-02	L02-45	2681	05 12 50.57 N	076 27 17.11 W	1068357	1069041	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	Lodolitas fisiles	B
ANH-CHBN-2005-02	L02 -46	2667	05 12 57.26 N	076 27 26.31 W	1068562	1068757	3 W	Tadó	Complejo Santa Cecilia - La Equis	Lodolita silicea	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-47		05 13 34.72 N	076 27 58.86 W	1069712	1067754	3 W	Tadó	Formación Iró	Mudstone	B
ANH-CHBN-2005-02	L02-48	2494	05 14 19.87 N	076 29 20.05 W	1071096	1065252	3 W	Tadó	Formación Iró	Chert	B

* PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica

3. Listado de muestras de pozo.

LÍNEA	CÓDIGO	COORDENADAS					MUNICIPIO	FORMACIÓN	Objetivo de la toma de la muestra *
		GEOGRÁFICAS		PLANAS					
		LATITUD	LONGITUD	N	E	ORIGEN			
ANH-CHBN-2005-02	SP. 913,5	05 26 54.51 N	076 46 39.30 W	1094255	1033237	3 W	Río Quito	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1041,5	05 25 53.42 N	076 45 15.08 W	1092380	1035831	3 W	Río Quito	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1081,5	05 25 34.33 N	076 44 48.77 W	1091793	1036641	3 W	Río Quito	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1160,5	05 24 56.60 N	076 43 56.82 W	1090635	1038241	3 W	Río Quito	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1175,5	05 24 49.41 N	076 43 46.98 W	1090415	1038544	3 W	El Cantón de San Pablo	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1206,5	05 24 34.63 N	076 43 26.59 W	1089961	1039172	3 W	El Cantón de San Pablo	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1241,5	05 24 17.92 N	076 43 03.55 W	1089448	1039882	3 W	El Cantón de San Pablo	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1503,5	05 22 13.35 N	076 40 10.89 W	1085625	1045200	3 W	El Cantón de San Pablo	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1678,5	05 20 49.26 N	076 38 16.14 W	1083044	1048735	3 W	Unión Panamericana	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1717,5	05 20 30.69 N	076 37 50.55 W	1082474	1049523	3 W	Unión Panamericana	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1729,5	05 20 24.95 N	076 37 42.65 W	1082298	1049766	3 W	Unión Panamericana	Formación Atrato	B, G

		COORDENADAS							
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1760,5	05 20 10.16 N	076 37 22.25 W	1081844	1050395	3 W	Unión Panamericana	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1802,5	05 19 50.11 N	076 36 54.63 W	1081229	1051246	3 W	Unión Panamericana	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1843,5	05 19 30.54 N	076 36 27.67 W	1080628	1052076	3 W	Unión Panamericana	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1882,5	05 19 11.83 N	076 36 02.08 W	1080054	1052864	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1905,5	05 19 00.93 N	076 35 46.90 W	1079720	1053332	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 1961,5	05 18 34.16 N	076 35 10.10 W	1078898	1054466	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2042,5	05 17 55.50 N	076 34 16.84 W	1077712	1056107	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2082,5	05 17 36.42 N	076 33 50.52 W	1077127	1056918	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2082,5	05 17 36.42 N	076 33 50.52 W	1077127	1056918	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2158,5	05 16 59.89 N	076 33 00.74 W	1076006	1058452	3 W	Cértegui	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2215,5	05 16 32.92 N	076 32 23.09 W	1075178	1059612	3 W	Tadó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2240,5	05 16 20.98 N	076 32 06.67 W	1074812	1060118	3 W	Tadó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2281,5	05 16 01.35 N	076 31 39.73 W	1074210	1060948	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G

		COORDENADAS							
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2321,5	05 15 41.96 N	076 31 13.64 W	1073615	1061752	3 W	Tadó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2361,5	05 15 23.53 N	076 30 46.87 W	1073049	1062577	3 W	Tadó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2441,5	05 14 44.85 N	076 29 54.64 W	1071863	1064186	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2471,5	05 14 30.61 N	076 29 34.85 W	1071426	1064796	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2521,5	05 14 06.73 N	076 29 01.98 W	1070693	1065809	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2562,5	05 13 47.16 N	076 28 35.02 W	1070093	1066640	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2590,5	05 13 33.80 N	076 28 16.66 W	1069683	1067205	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2602,5	05 13 28.07 N	076 28 08.71 W	1069507	1067450	3 W	Tadó	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2651,5	05 13 04.68 N	076 27 36.50 W	1068789	1068443	3 W	Tadó	Complejo Santa Cecilia - La Equis	PP
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2716,5	05 12 33.60 N	076 26 53.80 W	1067836	1069759	3 W	Río Iró	Formación Iró	B, G
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2804,5	05 11 51.55 N	076 25 55.98 W	1066546	1071541	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	PP
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2881,5	05 11 14.78 N	076 25 05.34 W	1065418	1073102	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	PP
ANH-CHBN-2005-02	SP. 2961,5	05 10 36.56 N	076 24 12.79 W	1064246	1074721	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	PP

		COORDENADAS							
ANH-CHBN-2005-02	SP. 3041,5	05 09 58.34 N	076 23 20.22 W	1063073	1076342	3 W	Río Iró	Complejo Santa Cecilia - La Equis	PP

* PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica

INFORME DE RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-04

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:

ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E S A G)

Geólogos: Alejandro Patiño
Jair Sarmiento
Pedro A. Galindo A.
Camilo F. Dávila

Jefe de Departamento: Rafael López

Agosto de 2006

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6

2 GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CH-2005-04. 7

3. ESTRATIGRAFÍA 10

2.1 Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas (KPgse)..... 10

2.2 Grupo San Juan 15

2.2.1 Formación Istmina (Ngmi) 15
2.2.2 Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)..... 17
2.2.3 Formación Condoto (Ngmc) 20

2.3 Formación Munguido (Ngmm) 21

2.4 Formación Atrato (Ngpa)..... 23

2.5 Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt) 27

3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL..... 28

CONCLUSIONES..... 37

REFERENCIAS..... 39

ANEXOS

ANEXO 1

1. Mapa geológico
2. Corte geológico

ANEXO 2

1. Listado de Estaciones y muestras de campo.
2. Listado de muestras de pozo.
3. Formatos de "Estaciones de Campo"

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-04, con una dirección NW-SE, al sur del Departamento del Chocó, Colombia..... 9

Figura 2. Basaltos tabulares que afloran en la estación L04-54 (estaca 3241).Vista S-N. 12

Ver Anexo 2. 12

Figura 3. Pórfidos con desarrollo de cristales de cuarzo, estación L04-54 (estaca 3241)..... 12

Ver Anexo 2. 12

Figura 4. Foliación observada en areniscas de grano muy fino con desarrollo de esquistosidad, asociada con una zona de falla. Estación L04-52 (Estaca 3303). Dirección de foliación 330/60. Vista S-N..... 13

Figura 5. Lodolitas negras con foliación observadas en la estación L04-53 (estaca 3282). La dirección de foliación medida es 160/35. Vista N-S..... 13

Figura 6. Areniscas lodosas grises y lodolitas arenosas grises localmente calcáreas en afloramiento sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina. Estación L04-34. Vista W-E. 16

Figura 7. Nivel de conglomerados de la Formación Istmina sobre el río San Juan. Estación 26 al sur del cruce de la línea 04 con el río San Juan. Vista N-S. 17

Figura 8. Conglomerados con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de rocas volcánicas, areniscas y limolitas, en una matriz arenosa. Estación L04-106 (estaca 2940). 19

Figura 9. Conglomerados de tamaño clastos hasta cantos, polimíctico. Estación L04-107 (estaca 2983). 19

Figura 10. Areniscas de la Formación Condoto, Estación L04-37 (estaca 2436). 21

Figura 11. Nivel de conglomerados de la Formación Munguidó, con tamaño de clastos de gránulos a guijos en matriz arenosa. Estación L04-57 (estaca 1462). 22

Figura 12. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación plano paralela, poco consolidadas. Estación L04-18 a la izquierda de la estaca 1664, sobre la quebrada Patricio. 24

Figura 13. Conglomerados de la Formación Atrato, poco consolidados, reposando sobre areniscas grises poco consolidadas, con buzamiento 80/5. Estación L04-17 a la izquierda de la estaca 1656 sobre la quebrada Patricio. Vista N -S 24

Figura 14. Afloramiento de lodolitas fracturadas en capas horizontales, estaca 1664, Quebrada Patricio 25

Figura 15. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación plano paralela, poco consolidadas. Presentan estados avanzados de bioturbación. Se encuentran restos de carbón. Estación L04-20 (Estaca 1667) sobre la quebrada Patricio 26

Figura 16. Manto de carbón de muy bajo rango. Estación L04-60 (estaca 1526). 26

Figura 17. Depósitos cuaternarios sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina..... 27

Figura 18. Capas horizontales de lodolitas en el eje del Sinclinal de Capiró. Vista S-N. Estación L04-19 (estaca 1664). 29

Figura 19. Falla normal sobre lodolitas arenosas líticas con capas de carbón. La línea en verde indica el desplazamiento alcanzado y la línea en rojo el plano de falla. Vista W-E. Estación L04-15 (estaca 1806). 31

Figura 20. Afloramiento sobre el río San Juan. Se observan capas casi verticales de hasta 78^0 de inclinación, en la zona deformada asociada a la falla Dipurdú de Los Indios. Vista N-S. Estación L04-25 (estaca 2339)– Caserío San Antonio..... 33

Figura 21. Estrías de falla sobre lodolitas con dirección NW. Estación L04-02 (estaca 2436)..... 34

Figura 22. Desarrollo de foliación y ligera esquistosidad como resultado de metamorfismo dinámico sobre lodolitas del basamento cretácico. Estación L04-53 (estaca 3282). 35

Figura 23. Diaclasamiento y fracturamiento extensivo de basaltos en zona de deformación. Estación L04-54 (Estaca 3241)..... 36

Tabla 1. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de estudio, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS. 11

Tabla 2. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-04 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento. 30

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo durante el proyecto sísmico CHOCÓ-2D a lo largo de la línea ANH-CH-2005-04. Estas observaciones se realizaron durante las etapas de perforación y registro del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes a lo largo de la línea, identificando sus relaciones temporales y estructurales, para definir un modelo geológico general.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por INGEOMMINAS y la Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan. La información de INGEOMINAS corresponde a los mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 203 – Istmina (2002) y 204 – Pueblo Rico (1999).

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por la línea sísmica, y en un rango 500 metros a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas y ríos principales en los cuales se realizaron estaciones de Campo, en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología establecida por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y se realizan las demás observaciones pertinentes.

El informe es subdividido en cuatro segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de la línea, realizando comparaciones con la información presentada por INGEOMINAS y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo la localización de fallas y pliegues a lo largo de la línea; finalmente, se anexa la ubicación de los contactos de unidades y el perfil geológico de la línea sísmica, descripción de estaciones de campo (incluyendo fotografías y descripción de muestras), listado de muestras de mano, y listado de muestras de pozo.

1 GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CH-2005-04.

La línea ANH-CHBN-2005-04, tiene una dirección N53W – S53E, empezando en la estaca 886 (E: 1015578.82, N: 1079025.31), y terminando en la estaca 3697 (E: 1072644.32, N: 1038012.74), para un total de 63.80 Km.

La línea ANH-CHBN-2005-04, se localiza en el sur del Departamento de Chocó, de NW a SE, cruza por las localidades de La Esperanza, El Aguacate, La Soledad, La Encharcazon, Iró y en cercanías a las poblaciones de Istmina y Condoto. Como vía de acceso principal se encuentran la carretera que conduce de Istmina a Condoto (que cruza la línea aproximadamente en la estaca 2370) y como vías secundarias se encuentran: la carretera que de Istmina conduce a Bocas de Pepe y a Basuru siguiendo la corriente de la quebrada Peradó; la carretera que conduce de Istmina a Andagoya y el carreteable que conduce de Condoto a Viroviro. Estas carreteras se encuentran en mal estado, parcialmente pavimentadas y constituyen las principales vías de comunicación de la región y los carreteables que facilitan el ingreso a la línea son escasos. (Ver Figura 1).

Adicionalmente, se presentan caminos, que comunican los municipios con caseríos a sus alrededores, y zonas de minería; estos caminos se comportan como las principales vías de acceso a la línea sísmica.

El área presenta un amplia red hidrográfica, de ríos y quebradas que se convierten en importantes vías de comunicación. Los principales ríos son: Río San Juan (Stk 2240), Río Iró (Stk 2370), Río Condoto (Stks 2570,2590,2700), Río Tamaná (Stk 3410), Quebrada Chigorodó (Stk1635) y Quebrada Tajuato (Stk 3020). Adicionalmente, dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan pendientes abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas.

El área presenta una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque húmedo tropical. Se presentan algunas zonas intervenidas alrededor de las vías de comunicación (ríos y carreteras), utilizadas principalmente para minería y explotación de madera, y en menor medida cultivos y pastizales.

El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan intensas lluvias; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

Fisiográficamente, el área de recorrido de la línea ANH-CHBN-2005-04 se puede subdividir en 2 regiones principales comenzando desde el oeste hacia el este:
1. Llanura de inundación del Río Baudó con geomorfología plana con alturas que no sobrepasan los 25 m.s.n.m. 2. Cuencas de los ríos San Juan, Iró y Condoto que corresponde a un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes. Las llanuras aluviales de estos ríos están conformadas por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado.

En el extremo oriental se presenta el piedemonte de la Cordillera Occidental, donde se presenta un cambio muy fuerte de relieve, pasando de un relieve ondulado de colinas a montañoso, con pendientes fuertes de mayor continuidad, disminuyendo la cantidad de valles menores, y presentando alturas entre 200 y 1150 m.s.n.m. Esta zona se encuentra hacia estacas mayores de la línea, a partir de la estaca 3145. En general, los afloramientos a lo largo de la línea son muy escasos, asociados principalmente a pequeños caños y quebradas que disectan el terreno, y que se encuentran en estados avanzados de meteorización.

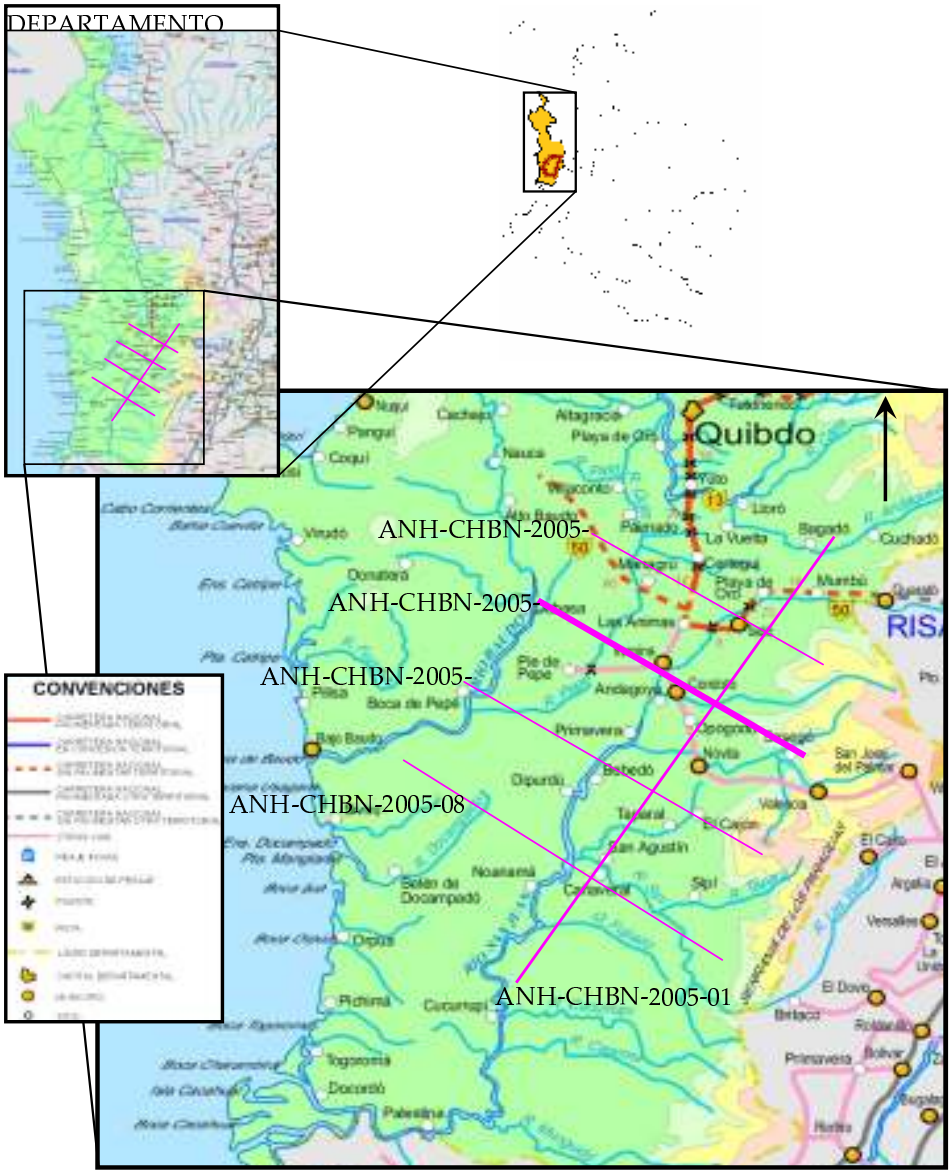


Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-04, con una dirección NW-SE, al sur del Departamento del Chocó, Colombia.

2. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la línea ANH-CH-2005-04 se observan rocas sedimentarias del Paleógeno y Neógeno, y rocas ígneas y sedimentarias del Cretáceo (y pre-Cretáceo?) correspondientes al basamento económico de la cuenca. Dada el área en que se ubica la línea ANH-CHBN-2005-04, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH para la cuenca del Valle del Río San Juan. De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de INGEOMINAS (Planchas 203 y 204). (Ver Tabla 1).

2.1. Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas (KPgse).

Constituye el basamento económico de la cuenca, aflorando en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental. Aflora hacia el extremo oriental de la línea, a partir de la estaca 3110, hacia mayores, en el área está compuesta principalmente por basaltos, y localmente intercalaciones de rocas sedimentarias. Se caracteriza por un relieve montañoso, con pendientes fuertes y continuas, con un rango de elevación entre 200 y 1200 m.s.n.m. Dentro de esta unidad, en las estacas 3303, 3306 y 3311 se identifican rocas sedimentarias correspondientes a areniscas grises de grano fino a muy fino, bioturbadas y muy fracturadas; lo mismo que lodolitas negras foliadas entre las estacas 3282 y 3303, que se ubican en una zona de falla identificada por la existencia de rocas afectadas por metamorfismo dinámico. Se presentan también dentro del complejo, conglomerados bien consolidados de un bloque fallado de la Formación Conglomerados de La Mojarra.

Litología. Basaltos grises oscuros, porfiríticos a microporfiríticos, diaclasados, tabulares, con desarrollo de vetas de cuarzo y cristales, que afloran en la estaca 3241 sobre una quebrada (Figura 2 y Figura 3), areniscas de grano fino a muy fino intercalados con lodolitas, muy fracturadas y bioturbadas, con ligero desarrollo de esquistosidad, en dirección 330/60. También se observan lodolitas foliadas (estacas 3282 a 3303), asociadas posiblemente a una zona de falla (metamorfismo dinámico). (Ver Figuras 4 y 5, Estaciones L04-52 y 53). La dirección de foliación medida es 160/35.

EDAD			A N H		INGEOMINAS	
			Cuenca del Río San Juan		Plancha 203 (Istmina)	Plancha 204 (Pueblo Rico)
NEÓGENO	Plioceno		Fm. Atrato		Fm. Quibdó Fm. Sierra	Fm. Sierra
	Mioceno	Tardío	Fm. Munguidó			
		Medio	Grupo San Juan	Fm. Condoto	Fm. Condoto	Fm. Napipí
				Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Conglomerados de la Mojarra	
		Temp.		Fm. Istmina	Fm. Istmina	Fm. Uva
PALEÓGENO	Oligoceno		Fm. Sierra			
	Eoceno	Tardío	Fm. Iró	Miembro Superior	Fm. Tadó	Fm. Salaqui
		Medio		Miembro Medio		
		Temp.		Miembro Inferior		
	Paleoceno	Tardío				
CRETÁCEO TARDÍO			Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)		Grupo Cañasgordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)	Complejo Santa Cecilia – La Equis
PRE – CRETÁCEO						

Tabla 1. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de estudio, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.



Figura 2. Basaltos tabulares que afloran en la estación L04-54 (estaca 3241).Vista S-N.

Ver Anexo 2.



Figura 3. Pórfidos con desarrollo de cristales de cuarzo, estación L04-54 (estaca 3241).

Ver Anexo 2.



Figura 4. Foliación observada en areniscas de grano muy fino con desarrollo de esquistosidad, asociada con una zona de falla. Estación L04-52 (Estaca 3303). Dirección de foliación 330/60. Vista S-N.



Figura 5. Lodolitas negras con foliación observadas en la estación L04-53 (estaca 3282). La dirección de foliación medida es 160/35. Vista N-S.

Ambiente. El ambiente tectónico de formación de estas rocas ha sido objeto de gran controversia. Hacia el Cretáceo, se presentaron depósitos marinos profundos, secuencias de pelitas y turbiditas, intercalados con flujos basálticos, descansando sobre una secuencia ofiolítica. Como resultado de la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Suramericana, se crea un prisma de acreción incipiente, con el desarrollo de fallas de cabalgamiento con vergencia al Oeste, lo cual crea un *melange* tectónico, que determina la Formación de la Cordillera Occidental. Discordantemente, hacia el Paleoceno-Eoceno, se presenta una nueva deposición en una cuenca de *forearc* llegando a profundidades abisales, el cual ha sido continuamente acrecionado, formando el piedemonte de la Cordillera.

Edad. A las rocas de esta unidad se les ha asignado un amplio rango de edad, desde Cretácico Superior (de manera indirecta *en* Cossio, 2003), correlacionándolas con el Grupo Cañas Gordas, hasta Eoceno, en algunos segmentos sedimentarios del Complejo Santa Cecilia – La Equis (Zapata, 2001)

Correlaciones. Esta unidad corresponde al basamento económico de la cuenca, este segmento de la línea ANH-CHBN-2005-04 corresponde al Complejo Santa Cecilia – La Equis, el cual agrupa las formaciones Santa Cecilia, La Equis, los complejos El Paso y Viravira, y las rocas volcano-sedimentarias en la cuenca del Río Tamaná. De manera general, el contacto del basamento con rocas sedimentarias cenozoicas es propuesto en las planchas del INGEOMINAS como un contacto erosivo (discordante), sin embargo, de acuerdo a las observaciones de campo las rocas del basamento están cabalgando las rocas del Terciario.

Las rocas sedimentarias se observan localmente en distintos segmentos, aparentemente entre los flujos basálticos. Corresponden a lodolitas negras silíceas, con laminación fina, ondulada paralela discontinua, y a areniscas de grano fino a medio.

2.2. Grupo San Juan

Secuencia de edad Mioceno Temprano a Tardío conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. El Grupo San Juan fue depositado en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, con algunos períodos de ligera elevación del nivel del mar, marcado por el aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de algunos niveles de calizas principalmente hacia el tope de la unidad (Formación Condoto) La Formación Conglomerados de La Mojarra se comporta como un gran lente de material más grueso intercalado entre las formaciones Istmina y Condoto, las cuales presentan una litología similar, en ocasiones difícil de diferenciar.

2.2.1 Formación Istmina (Ngmi)

Unidad sedimentaria que aflora al Occidente del Río San Juan hasta el área de la falla de retrocabalgamiento asociada a la falla del San Juan, desde la estaca 2090 hasta la estaca 2425 (aproximadamente 10 km). Ver anexo 1.
Esta unidad esta conformada por una sucesión de intercalaciones de areniscas lodosas grises y lodolitas arenosas grises localmente calcáreas (Ver Figura 6) y niveles de conglomerados bien consolidados (Ver Figura 7). Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación medio entre 50 y 100 msnm. Se presentan pocos afloramientos asociados a pequeñas quebradas, aunque sobre el río San Juan se reconocen afloramientos de gran extensión.

Litología. Las areniscas lodosas son de color gris oscuro a gris verdoso, principalmente de grano muy fino a fino hasta medio, en una matriz de lodo que puede variar en porcentaje llegando a lodolitas arenosas que ocasionalmente mostraban una alta cantidad de materia orgánica. Composicionalmente corresponden a litoarenitas con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, chert, cuarzo, feldespato y micas. Se presentan en capas tabulares delgadas a medias, compactas, masivas a finamente laminadas, con segmentos altamente bioturbados.

Los conglomerados se presentan bien cosolidados con clastos de tamaño gránulos hasta cantos, sin orientación, subangulares a redondeados, lítica, en una matriz arenosa de tamaño medio. Generalmente se observan lentes intercalados de areniscas

líticas en capas medias. Los clastos son principalmente líticos (areniscas, lodolitas, chert)

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría, la alta bioturbación, la aparición de material carbonoso y fósiles de hojas, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003, y Zapata, 2000 y 2001)

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca del Río Atrato (planchas 203 y 204 de INGEOMINAS). La litología descrita es muy similar en ambas unidades (Cossio, 2003, Plancha 203 y Zapata, 2001, Plancha 204) y es correlacionable con la litología observada en campo.



Figura 6. Areniscas lodosas grises y lodolitas arenosas grises localmente calcáreas en afloramiento sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina. Estación L04-34. Vista W-E.



Figura 7. Nivel de conglomerados de la Formación Istmina sobre el río San Juan. Estación 26 al sur del cruce de la línea 04 con el río San Juan. Vista N-S.

2.2.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)

Sucesión monótona que aflora en dos segmentos de la línea, la primera desde la estaca 2888 hasta la estaca 2985 y la segunda desde la estaca 3021 hasta la estaca 3110, cubierta en algunas áreas por la aparición de la Formación Condoto y por depósitos cuaternarios del río Condoto. Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente fuerte, y un rango de elevación medio entre 90 a 230 m.s.n.m. Se presentan buenos afloramientos asociados a cortes profundos de quebradas y algunos observados sobre el río Condoto.

Litología. La unidad está conformada por un conglomerado de gran espesor de color gris a rojizo por oxidación, bien consolidado, con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de rocas volcánicas, cuarzodioritas, chert, areniscas y limolitas, que flotan en una matriz arenosa de grano grueso con esporádica cementación calcárea. Se observan intercalaciones de areniscas de color gris de grano medio a grueso en capas finas a medias lenticulares. La unidad se

presenta en forma masiva y en ocasiones se observan capas tabulares medias a gruesas. Los afloramientos observados presentan fuerte meteorización y alteración a óxidos. (Ver Figura 8 y Figura 9).

Ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas en campo la Formación Conglomerados de La Mojarra indica un ambiente de alta energía evidenciado por el tamaño de los clastos que la componen, así como también una cercanía al área de aporte de sedimentos. Así mismo, teniendo en cuenta la variedad composicional de los clastos, el área fuente de sedimentos fue de gran extensión con presencia de ríos de alta energía y de pendiente fuerte, depositados en forma de grandes abanicos aluviales.

Edad. A la Formación Conglomerados de La Mojarra se le ha asignado, de acuerdo con su posición estratigráfica y su contacto neto con la Formación Condoto la edad de Mioceno medio (Reporte de ECOPETROL 1999)

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la parte inferior de la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2002) en la plancha 203 Istmina – INGEOMINAS.



Figura 8. Conglomerados con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de rocas volcánicas, areniscas y limolitas, en una matriz arenosa. Estación L04-106 (estaca 2940).



Figura 9. Conglomerados de tamaño clastos hasta cantos, polimíctico. Estación L04-107 (estaca 2983).

2.2.3. Formación Condoto (Ngmc)

Esta conformada por rocas sedimentarias que afloran en forma discontínua sobre la línea ANH-CHBN-2005-04 en dos secciones, la primera desde la estaca 2425 hasta la estaca 2660 y la segunda desde la estaca 2720 hasta la estaca 2862 . Esta compuesta principalmente por lodolitas y areniscas de grano fino a medio, grises, además presenta niveles de conglomerados bien consolidados polimícticos. Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente alta, y un rango de elevación medio entre 60 m.s.n.m y 120 m.s.n.m. Se presentan afloramientos asociados a pequeñas quebradas, aunque sobre el río Condoto se reconocen afloramientos de gran extensión.

Litología. Esta unidad muestra una secuencia conformada por areniscas líticas, conglomerados y lodolitas. Las areniscas presentes son líticas, de color gris oscuro a gris verdoso, de grano fino a medio. Los conglomerados están constituidos por gránulos a guijarros de chert, areniscas, calizas, basaltos y cuarzodioritas, subangulares a subredondeados en una matriz de arena media a gruesa de color gris. Las lodolitas son de color gris claro a gris verdosas, medianamente consolidadas y bioturbadas. Localmente las areniscas y lodolitas presentan contenido calcáreo (Mudstone y Wackstone). (Ver Figura 10).

Ambiente. La presencia de areniscas de grano fino a medio, indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía, representado también por la continuidad lateral y la presencia de laminación plana paralela. La presencia de material calcáreo indica también que las condiciones de sedimentación corresponden a un ambiente de baja energía. Los niveles de conglomerados que se encuentran en el río Condoto indicarían un depósito en un medio continental, por acción de corrientes de alta energía, así mismo, actividad tectónica intermitentes que facilitan la actividad erosiva.

Edad. A la Formación Condoto se le ha asignado, de acuerdo con su posición estratigráfica la edad de Mioceno medio (Reporte de ECOPETROL 1999).

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2002) en la plancha 203 Istmina y Zapata (2001) Plancha 2004 Pueblo Rico – INGEOMINAS.



Figura 10. Areniscas de la Formación Condoto, Estación L04-37 (estaca 2436).

2.3. Formación Munguido (Ngmm)

Esta unidad esta conformada por rocas sedimentarias que afloran al oeste de la línea ANH-CHBN-2005-04 desde la estaca 1210 hasta la estaca 1502. Esta compuesta principalmente de lodolitas grises con intercalaciones de arenisca de grano medio con restos de material carbonoso y esporádicamente niveles conglomeráticos. Presenta un relieve poco ondulado, de pendiente suave, y un rango de elevación entre 20 y 200 m.s.n.m. Los afloramientos son escasos y generalmente se encuentran asociados a las quebradas existentes, en donde el grado de meteorización y alteración es alto.

Litología. La unidad esta compuesta por areniscas de grano fino a grueso, frecuentemente con niveles conglomeráticos, arcillosas grises y con abundante material carbonoso, intercaladas con lodolitas arenosas grises en capas muy finas con laminación plana discontínua (Ver Anexo 2 – Estaciones L04-110 a 114). Asimismo se observan niveles de conglomerados consolidados con clastos redondeados a

subredondeados de tamaño gránulo a guijarro con matriz arenosa de tamaño de grano medio a grueso. (Ver Figura 11, Anexo 2 – Estación L04-57).

Ambiente. La intercalación de areniscas y lodolitas indica variación en las condiciones ambientales de depósito desde plataforma somera hasta un frente de playa, con variaciones locales del nivel del mar con un gran aporte de sedimentos siliciclásticos especialmente de tamaño arena y limo. La presencia de niveles de conglomerados indica un retroceso progresivo del nivel del mar.

Edad. A la Formación Munguidó se le ha asignado, de acuerdo con su posición estratigráfica la edad de Mioceno superior Suárez (1990).

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Sierra de Haffer (1967) y Duque (1990).

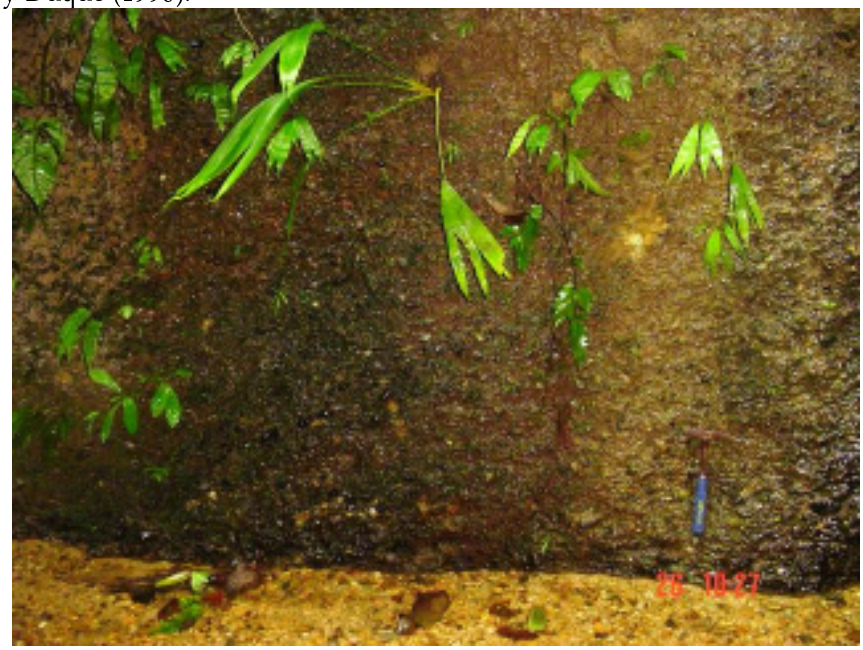


Figura 11. Nivel de conglomerados de la Formación Munguidó, con tamaño de clastos de gránulos a guijos en matriz arenosa. Estación L04-57 (estaca 1462).

2.4. Formación Atrato (Ngpa)

Está formada por rocas sedimentarias, que afloran hacia el noroeste de la línea ANH-CHBN-2005-04, entre las estacas 1502 y 1784. Geomorfológicamente se caracteriza por presentarse con una topografía poco ondulada a plana, ligeramente disectada por quebradas menores, presenta un rango de elevaciones entre 100 msnm y 180 msnm. Esta compuesta por intercalaciones de conglomerados, lodolitas y areniscas, poco consolidados, con materia orgánica parcialmente carbonizada. Los afloramientos encontrados en su mayoría corresponden a exposiciones de roca en pequeñas quebradas, en donde se presentan grados avanzados de meteorización y alteración.

Litología. De acuerdo a las observaciones de campo, la Formación Atrato está conformada por intercalaciones de conglomerados, areniscas líticas, y lodolitas masivas de color gris azuloso. Las areniscas son líticas de color gris, con tamaño de grano muy fino a medio, con láminas muy delgadas de carbón. Las lodolitas son de color gris en capas medias, plano paralelas y continuas; son de naturaleza plástica, su tonalidad es gris azuloso, poseen un bajo grado de consolidación y se presentan bioturbadas. (Ver Figuras 12, 14 y 15, Estaciones L04-16 a 21) . Así mismo, se observan intercalados mantos de carbón de hasta 1 m de espesor. (Ver Figura 16).

Los conglomerados son polimícticos, poseen bajo grado de consolidación, son masivos, clasto soportados y presentan matriz arenosa Los clastos son redondeados y mal seleccionados, su tamaño predominante va desde guijos muy finos hasta guijos gruesos. La composición de los clastos es: chert, cuarzo lechoso, lodolitas y areniscas. (Ver Figura 13, Estación L04-17).



Figura 12. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación plano paralela, poco consolidadas. Estación L04-18 a la izquierda de la estaca 1664, sobre la quebrada Patricio.



Figura 13. Conglomerados de la Formación Atrato, poco consolidados, reposando sobre areniscas grises poco consolidadas, con buzamiento 80/5. Estación L04-17 a la izquierda de la estaca 1656 sobre la quebrada Patricio. Vista N -S

Ambiente. El ambiente sugerido por la litología observada es continental fluviolacustre. El predominio de conglomerados sugiere un ambiente fluvial de alta energía, mientras que las lodolitas sugieren un ambiente fluviolacustre de baja energía.

Edad. A la Formación Atrato se le ha asignado, de acuerdo con su posición estratigráfica la edad de Plioceno - Pleistoceno Suárez (1990).

Correlaciones. La Formación Atrato de la cuenca del río San Juan, es tratada en la plancha 203 Istmina (INGEOMINAS, 2003) como Formación Quibdo, las cuales correlacionan espacial y temporalmente.



Figura 14. Afloramiento de lodolitas fracturadas en capas horizontales, estaca 1664, Quebrada Patricio.



Figura 15. Lodolitas grises azulosas de la Formación Atrato, con estratificación planoparalela, poco consolidadas. Presentan estados avanzados de bioturbación. Se enuentran restos de carbón. Estación L04-20 (Estaca 1667) sobre la quebrada Patricio.



Figura 16. Manto de carbón de muy bajo rango. Estación L04-60 (estaca 1526).

2.5. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt)

Durante el reconocimiento geológico a través de la línea sísmica se observaron depósitos cuaternarios formando aluviones asociados a los principales drenajes del área: entre las estacas 886 a 1210 (Río Baudó), 1784 a 2094 (Quebrada Peradó), 2660 a 2720, 2862 a 2888 y 2985 a 3021 para el Río Condoto). Estos depósitos aluviales conforman llanuras de inundación aluvial y en algunos casos terrazas aluviales.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones de sedimentos de no consolidados a consolidados de gravas, arenas y limos, en general con abundante materia orgánica (Ver **Figura** Anexo 2 – Estaciones L04-16 y L04-22 a 24). Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y forman áreas pantanosas o chucuas, las cuales están conformadas por depósitos no compactados. En los afloramientos observados sobre el río Condoto, los depósitos aluviales de llanura de inundación, se encontraron dispuestos discordantemente sobre las rocas neógenas de la Formación Condoto.



Figura 17. Depósitos cuaternarios sobre el río San Juan, al sur de la población de Istmina.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional, de manera general, se encuentra afectado por la convergencia de las placas Nazca y Suramericana. La subducción de la Placa Nazca crea un prisma de acreción que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste. Estos abanicos imbricados pueden ser afectados por fallas de rumbo de dirección N a NW, como resultado de un proceso de subducción oblicua.

Estructuralmente, el área de la línea ANH-CHBN-2005-04 se divide en dos zonas principales muy diferentes: Al Occidente se encuentra una zona de topografía plana correspondiente al extremo sur del Bloque Chocó (Duque-Caro, 1990 *en* Cossio, 2003), la cual se caracteriza por presentar un relleno sedimentario espeso y pliegues, en su mayoría sinclinales largos y amplios. Al Oriente se presenta una zona mas plegada donde se desarrolla un abanico imbricado con vergencia Oeste, que cruza por la Zona Deformada de Istmina (Duque-Caro, 1990 *en* Cossio, 2003) hasta el piedemonte de la Cordillera Occidental.

Para realizar la descripción estructural del área de estudio, dividimos el área en tres zonas, la zona occidental desde el comienzo de la línea hasta la falla del Río Pepe donde se describen los elementos estructurales que afectan principalmente a las unidades del Terciario tardío (Formaciones Munguidó y Atrato); la zona central también conocida como zona deformada de Istmina, localizada entre la Falla del Río Pepe y la falla de retrocabalgamiento asociada a la Falla del San Juan, donde se refieren los elementos estructurales presentes en las Formaciones del Terciario inferior y medio (Formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto) y finalmente la zona occidental a partir de la última falla mencionada hasta el final de la línea en el basamento económico. (Ver Anexo 1)

Zona occidental. Presenta los rasgos estructurales que afectan principalmente a las Formaciones Munguidó y Atrato, extendiéndose hacia el este desde estacas menores hasta la Falla del Río Pepe. Esta zona se caracteriza por el desarrollo de secuencias de pliegues (anticlinales y sinclinales) a escala de kilómetros, ligeramente apretados, junto con otros amplios y con buzamientos de bajo ángulo; esta zona va desde la estaca 1294 hasta la estaca 1378, donde las estructuras son subverticales, los cuales

estan asociados a la deformación producida por una estructura mayor de carácter regional (Anticlinal de Misará)

Para empezar al oeste de la línea desde la estaca 1294 hasta la estaca 1378 sobre la Formación Munguidó se observa una serie de sinclinales y anticlinales subverticales, abiertos, seguido de un anticlinal asimétrico abierto con vergencia al este, asociados a la deformación producida por el anticlinal de Misará (Plancha 203 – Istmina) (Ver Anexo 2 – Estaciones L04-110 a 114).

Avanzando hacia el este sobre la línea, el principal rasgo estructural identificado sobre la Formación Atrato podría asociarse al sinclinal de Capiró (Plancha 203 – Istmina) cuyo eje se ubicaría aproximadamente en la estaca 1660 (Ver **Figura**), Estaciones L04-17, 18 y 19, Anexo 2), el cual se muestra en el área como un sinclinal amplio con flancos de bajo ángulo (aproximadamente 10^0).

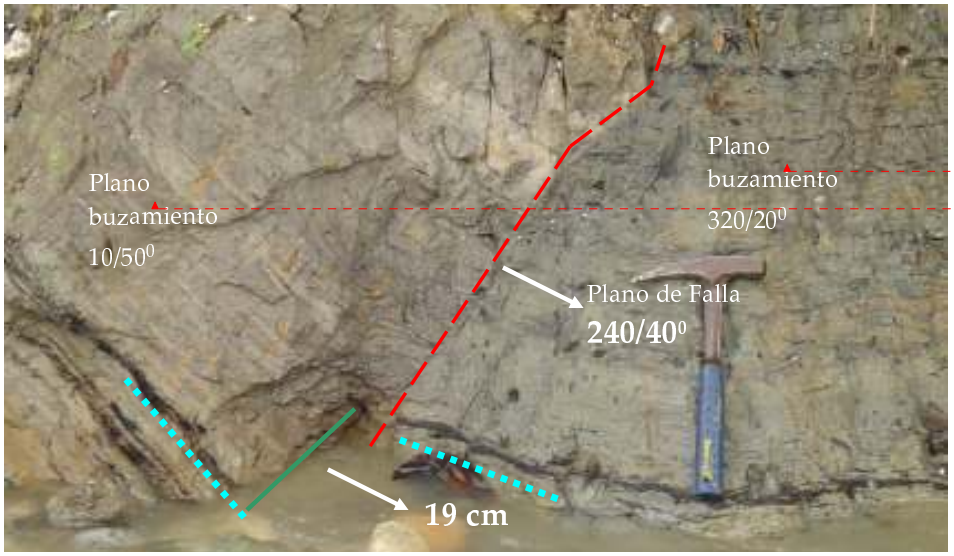


Figura 18. Capas horizontales de lodolitas en el eje del Sinclinal de Capiró. Vista S-N. Estación L04-19 (estaca 1664).

ZONA ESTRUCTURAL		ESTACA	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Occidental	Depósitos cuaternarios aluviales	886-1210	Ninguno
	Formación Munguidó	1294	Sinclinal
		1316	Anticlinal
		1344	Sinclinal
		1378	Anticlinal vergencia NW
	Formación Atrato	1660	Sinclinal de Capiro
Central (Zona deformada de Istmina)	Formación Itsmina	1806	Falla del Río Pepe
		2186	Falla Dipurdú de Los Indios
		2230	Falla inversa (asoc. Falla Dipurdú de Los Indios)
		2335	Sinclinal
		2370	Falla del San Juan
Oriental	Formación Itsmina	2394	Anticlinal de La Mojarra
		2425	Falla de retrocabalgamiento
	Formación Condoto	2596	Sinclinal
	Fm. Congl. de La Mojarra	2693	Anticlinal
	Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañas Gordas (KPgse)	3113	Falla de cabalgamiento
		3281 - 3313	Replegamientos con vergencia al NW

Tabla 2. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-04 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento.

Zona Central ***(Zona deformada de Istmina)***. Afecta principalmente a las unidades del Grupo San Juan, en general con una deformación frágil como producto de un abanico imbricado con vergencia Oeste, comprende desde la Falla del Río Pepe (estaca 1806) hasta la falla de retrocabalgamiento asociada a la Falla del San Juan (estaca 2425) (Ver Perfil Geológico, Anexo 1). Se puede comenzar por la zona de deformación asociada a la Falla inversa de alto ángulo del Río Pepe (Plancha 203 – Istmina) que coloca a la Formación Istmina (Ngmi) aflorando sobre unidades del Mioceno superior. También se observó el desarrollo de fallas normales (Ver Figura Anexo 2 – Estación L04-15) sobre estas fallas inversas lo el cual es explicado como resultado de un proceso de subducción oblicua que afecta estos abanicos imbricados.



Con formato: Fuente: 11 pt, Color de fuente: Blanco

Con formato: Fuente: 11 pt, Color de fuente: Blanco

Figura 19. Falla normal sobre lodolitas arenosas líticas con capas de carbón. La línea en verde indica el desplazamiento alcanzado y la línea en rojo el plano de falla. Vista W-E. Estación L04-15 (estaca 1806).

Continuando hacia el oeste se puede observar el desarrollo de secuencias de pliegues (anticlinales – sinclinales) la mayoría de ellos asociados a fallas en profundidad (e.g Falla del San Juan, Falla Dipurdú de Los Indios); los anticlinales se caracterizan por ser cortos, apretados y asociados a fallas por lo que generalmente exhiben

buzamientos altos (42^0 a 82^0) en sus flancos frontales que indican la vergencia de la falla. Los sinclinales se presentan de dos formas como sinclinales traseros amplios con buzamientos de bajo ángulo (2062), o como sinclinales frontales apretados relacionados a fallas de propagación en profundidad (estaca 2335).

Se evidencian fallas de carácter regional por la presencia de zonas de deformación que muestran un cambio abrupto en la inclinación de las capas y alta fracturación y diaclasamiento en estas zonas; sin embargo no se pudo establecer claramente planos de fallas principales reportadas en estudios anteriores, pero se infiere su ubicación sobre la línea sísmica, teniendo en cuenta que en algunos casos estas fallas sirven de contacto entre dos unidades y que el área en general presenta una tectónica compresiva que se caracteriza por la presencia de fallas inversas de alto ángulo. De esta forma tenemos a la Falla Dipurdú de Los Indios (estaca 2186), la cual es una falla inversa de alto ángulo que levanta bloques de la Formación Istmina sobre esta misma, pero que presenta otra falla asociada de alto ángulo también inversa (estaca 2230), las cuales se unen hacia el norte de la línea, ambas mostrando zonas de deformación a partir de la estaca 2186 (Ver Estación L04-34-Anexo 2) hasta la estaca 2339 aproximadamente (Ver **Figura**, Estaciones L04-25, 30, 31 y 32)), mostrando el cambio a buzamientos de alto ángulo (60^0 a 80^0) con dirección noroeste y alto grado de fracturación y diclasamiento observado en los afloramientos, especialmente en el cruce del río San Juan con la línea ANH-CHBN-2005-04.



Figura 20. Afloramiento sobre el río San Juan. Se observan capas casi verticales de hasta 78^0 de inclinación, en la zona deformada asociada a la falla Dipurdú de Los Indios. Vista N-S. Estación L04-25 (estaca 2339)– Caserío San Antonio.

Continuando hacia el este no es posible definir claramente la Falla del San Juan en el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-04 con el río Iró, debido a que el área esta cubierta por depósitos aluviales del mismo afluente, sin embargo se observan buzamientos altos y la formación de un sinclinal apretado trasero con flancos de alto ángulo debido a la propagación de la falla de cabalgamiento (Ver Estaciones L04-7, 8, 39-Anexo 2). A partir de la deformación producida por esta falla esta reportado el Anticlinal de La Mojarra, pero debido a la ausencia de afloramientos y datos estructurales confiables, no es posible identificar claramente esta estructura en esta zona, la cual a partir de la información de la Plancha 203 - Itsmina (Cossio, 2003) su eje se podría localizar aproximadamente hacia la estaca 2394 con buzamientos altos en el costado occidental (80^0 NW) y suaves al oriental (30^0 SE)

Asociada a esta falla encontramos otra zona de deformación (Ver Estaciones L04-02, 04-Anexo 2) desde la estaca 2419 hasta la estaca 2436 la cual se puede asociar con la deformación producida por la falla asociada a la Falla del San Juan (estaca 2425), evidenciada por el cambio a buzamientos de alto ángulo y vergencia NE, así como la presencia de estrías de falla que buzan hacia el noroeste con un ángulo de 40 grados

(Ver **Figura**, Estación L04-02-Anexo 2), por lo que se comportaría como una falla de retrocabalgamiento de alto ángulo.



Figura 21. Estrías de falla sobre lodolitas con dirección NW. Estación L04-02 (estaca 2436).

Zona Oriental. Hacia estacas mayores desde la Falla del San Juan se extiende esta zona que afecta a las formaciones Condoto y Conglomerados de La Mojarra, observando solamente la presencia de estructuras sinclinales y anticlinales amplias de bajo ángulo (20^0 a 40^0) subverticales con sus ejes axiales generalmente paralelos a las fallas principales; cabe resaltar que a partir de la estaca 2885 hasta el contacto fallado con el basamento cretácico, la Formación Conglomerados de La Mojarra presenta una estructura monoclinal con buzamientos constantes al sureste de bajo ángulo (11^0 a 30^0).

Finalmente, a partir de la estaca 3113 hacia estacas mayores, se observan las rocas del basamento, las cuales afloran como resultado de un proceso de acreción tectónica, a

partir del cual se infiere la existencia de un sistema de fallas de alto ángulo con vergencia al Occidente, encontrándose replegamientos y amplias zonas de deformación, con vergencia al noroeste (Estaciones L04-51 a 53-Ver Anexo 2), observándose lodolitas que desarrollan foliación hasta ligera esquistosidad (**Figura**) por acción de metamorfismo dinámico, así como basaltos muy fracturados y diaclasados (Ver **Figura**).



Figura 22. Desarrollo de foliación y ligera esquistosidad como resultado de metamorfismo dinámico sobre lodolitas del basamento cretácico. Estación L04-53 (estaca 3282).



Figura 23. Diaclasamiento y fracturamiento extensivo de basaltos en zona de deformación. Estación L04-54 (Estaca 3241).

CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, y los estudios geológicos realizados anteriormente en el área (e.g. INGEOMINAS, ANH), la línea sísmica ANH-CHBN-2005-04, corta un abanico imbricado con vergencia Noroeste que caracteriza el frente de cabalgamiento del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental colombiana.

- Este frente de cabalgamiento pone en contacto las unidades que corresponden al margen y al relleno sedimentario de una cuenca de frente de arco, en donde afloran la Formación Istmina (Mioceno Temprano), Formación. Conglomerados de La Mojarra (Mioceno Medio) y Formación Condoto (Mioceno Medio) en el segmento externo, y el basamento económico (Cretáceo Tardío) en el segmento interno del abanico imbricado.

- Al occidente de la línea sísmica afloran las formaciones Munguidó (Mioceno Superior) y Atrato (Plioceno-Pleistoceno) conformada la primera por lodolitas grises con intercalaciones de areniscas de grano medio con restos de carbón y presentando niveles de conglomerados; y la segunda por intercalaciones de conglomerados, lodolitas y areniscas, poco consolidadas, con materia orgánica parcialmente carbonizada.

- Hacia el oriente afloran las formaciones del Grupo San Juan con la siguiente litología: Formación Istmina (Mioceno temprano) conformada por una sucesión de lodolitas arenosas con areniscas de grano fino a medio y paquetes de conglomerados intercalados con areniscas de grano grueso a muy grueso. Localmente presenta niveles de calizas (packstone-grainstone) y niveles carbonosos. Formación Conglomerados de La Mojarra (Mioceno medio) conformada por una sucesión espesa de conglomerados bien consolidados, polimícticos, intercalados con lentes de areniscas de grano medio y Formación Condoto (Mioceno medio) conformada por lodolitas y areniscas de grano fino a medio con niveles de conglomerados bien consolidados polimícticos.

- En el extremo oriental afloran rocas del basamento económico pertenecientes a la unidad Complejo Santa Cecilia – La Equis conformada en el área por basaltos con intercalaciones de limolitas y areniscas.

- Estructuralmente, al Occidente del abanico imbricado a partir de la Falla del Río Pepe al occidente, se observan buzamientos suaves, de las formaciones Munguido y Atrato, que presentan pliegues abiertos indicando una menor incidencia de la tectónica compresiva.

- Al oriente del abanico imbricado, a partir de la falla del Río Pepe hasta la falla del San Juan se observan pliegues cerrados y fallas inversas con vergencia hacia el W, con una topografía abrupta y zonas altamente deformadas que presentan ángulos de buzamientos altos.

- Las unidades del grupo San Juan se depositaron en una época de transición de ambientes marinos someros a condiciones continentales caracterizadas por fuertes períodos de erosión causados por el levantamiento de la cordillera occidental y fluctuaciones en el nivel del mar.

- A diferencia de los estudios realizados previamente (e.g. INGEOMINAS), se observa la Formación Conglomerados de La Mojarra aflorando hacia el oriente hasta el contacto con el basamento económico sobre la línea ANH-CHBN-2005-04.

- El reconocimiento geológico se realizó a partir de afloramientos puntuales dentro y fuera de la línea y aunque no se pudieron realizar mediciones reales de los espesores de las unidades observadas, la gran extensión de la Formación Conglomerados de La Mojarra permite considerarla como una de las rocas almacenadoras presentes en el área.

4. REFERENCIAS

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. y Cossio, U. 1999. Geología de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- TEXAS PETROLEUM COMPANY. 1990. Informe Geológico. Área de Asociación Istmina. Centro de información, GEX, ECOPETROL, Informe Geológico 2352, Bogotá.

ANEXO 1

1. Mapa geológico

2. Corte geológico

ANEXO 2

1. **Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-04.**

2. **Listado de muestras de pozo de la Línea ANH-CHBN-2005-04.**

3. **Formatos de "Estaciones de campo"**

Tabla 2. Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-04.

LISTADO DE ESTACIONES DE CAMPO LINEA ANH-CHBN-2005-04							
ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	FORMACION	MUESTRA*	TIPO DE ROCA	PROPOSITO*
L04-01	2461			Condoto			
L04-02	2436		230/80 // 190/80	Condoto	L-04-02	Lodolita arenosa	B
L04-3	2423			Istmina			
L04-04	2419		219/75	Istmina	L-04-04	Arenisca lodosa lítica	PP, B
L04-5	2430			Condoto			
L04-06	2261		126/60	Istmina			
L04-07	2320		90/75	Istmina	L-04-07	Arenisca lodosa lítica	PP, B
L04-08	2349		215/42	Istmina	L-04-08	Arenisca lodosa lítica	PP, B
L04-09	1052179E 1052521N		150/30	Depósitos recientes			
L04-10	2670	1053052E 1051398N	240/20	Depósitos recientes			
L04-11	2646		255/28	Condoto	L-04-11	Lodolita arcillosa	B
L04-12	2639		120/8	Condoto			
L04-13	2735			Condoto			
L04-14	2742		150/30	Condoto			
L04-15	1806	1034063E 1065291N	320/20	Istmina			
L04-16	1993			Depósitos recientes			
L04-17	1656	1031342E 1057942N	80/5	Atrato	L-04-17	Arenisca	PP, B
L04-18	1663	1031464E 1067827N	80/8	Atrato	L-04-18	Arenisca	PP, B
L04-19	1664	1031493E 1067841N	268/8	Atrato			
L04-20	1667	1031528E 1067740N	100/10	Atrato			
L04-21	1686	1031838E 1067391N	280/10	Atrato			

L04-22	2046	1039123E 1062117N		Condoto	L-04-22	Lodolita	B
L04-23	2055	1038625E 1061263N		Condoto			
L04-24	2082	1037692E 1058924N		Condoto			
L04-25	2339	1042883E 1059167N	290/78	Istmina	L-04-25	Arenisca lodosa	PP, B
L04-26	2270	1042278E 1056306N		Istmina			
L04-27	2265	1042162E 1056514N		Istmina			
L04-28	2260	1042399E 1057050N		Istmina			
L04-29	2240	1042204E 1058197N	180/60 // 190/60	Istmina	L-04-29	Arenisca	PP, B
L04-30	2229	1042144E 1058640N		Istmina			
L04-31	2229	1042161E 1058719N	135/60	Istmina	L-04-31	Lodolita arenosa	B
L04-32	2222	1042134E 1058012N	320/60	Istmina			
L04-33		1043005E 1060529N	340/35	Istmina	L-04-33	Arenisca lítica	PP
L04-34		1042882E 1061415N	265/80	Istmina			
L04-35		1051753E 1055685N	140/40	Condoto			
L04-36		1047699E 1056600N	120/40	Istmina			
L04-37	2436	1047108E 1056448N		Condoto	L-04-37	Arenisca limosa	PP, B
L04-38	2437	1047105E 1056390N	260/80 , 335/50	Condoto	L-04-38	Lodolita arenosa calcárea	PP, B
L04-39	1427	1046878E 1056533N	200/60	Munguidó			
L04-40	1422	1046730E 1056600N	5/90 , 210/80	Condoto			
L04-41		1033670E 1063944N	70/10	Depósitos recientes	L-04-41	Arenisca lodosa	PP, B
L04-42		1033353E 1066798N	35/8	Istmina	L-04-42	Arenisca	PP, B
L04-43	2132		265/80 , 255/78	Istmina		Arenisca	PP, B
L04-44	2149		290/50	Istmina	L-04-44	Arenisca	PP, B

						lodosa	
L04-45	2193			Istmina			
L04-46	2519		90/40	Condoto			
L04-47	2495		150/40 , 160/40	Condoto	L-04-46	Lodolita	B
L04-48	2850		160/30	Condoto	L-04-47	*Mudstone*	B
L04-49	2837			Condoto			
L04-50	3311			Complejo Santa Cecilia La X			
L04-51	3306		310/35	Complejo Santa Cecilia La X	L04-51	Basalto?	PP
L04-52	3303		330/60	Complejo Santa Cecilia La X	L-04-52	Lodolita foliada?	PP, B
L04-53	3282		160/35	Complejo Santa Cecilia La X			
L04-54	3241			Complejo Santa Cecilia La X	L04-54	Basalto?	PP
L04-55	3203			Complejo Santa Cecilia La X			
L04-56	3110			Conglomerados de La Mojarra			
L04-57	1462			Munguidó			
L04-58	1476		115/10	Munguidó	L04-58	Arenisca lodosa	PP, B
L04-59	1521		130/12	Atrato			
L04-60	1526	1028571E 1069694N		Atrato	L-04-60	Lignito	G
L04-101	2575	1050082E 1054736N	145/22	Condoto	L04-101 A	Arenisca lodosa fosilífera	PP, B
					L-04-101 B	Arenisca lodosa fosilífera	PP, B
					L-04-101 C	Arenisca lodosa conglomerática fosilífera	PP, B
L04-102	2566		70/35 , 65/30	Condoto			
L04-103	2552		123/26	Condoto	L04-103	Arenisca lodosa *(wackstone)*	PP, B
L04-104	2531	1049067E 1055202N	130/28	Condoto			
L04-105	2527	1048375E	125/30 // 121/30	Condoto	L04-105 A	Arenisca lodosa	PP, B
		1054507N			L04-105 B	Arenisca lodosa	PP, B

L04-106	2940			Conglomerados de La Mojarra			
L04-107	2976		130/26	Conglomerados de La Mojarra	L04-107 A	lodolita arenosa	PP, B
	2983				L04-107 B	Conglomerado	PP
L04-108	3057			Conglomerados de La Mojarra	L-04-108	Conglomerado	PP
L04-109		1055511E 1053148N	130/26	Condoto			
L04-110	1427		95/21	Munguidó			
L04-111	1400		135/10	Munguidó	L04-111	Arenisca lodosa	PP, B
L04-112	1379		92/6	Munguidó	L04-32	Arenisca conglomerática	PP, B
L04-113	1339		126/14	Munguidó	L04-113 A		PP, B
				Munguidó	L04-113 B		PP, B
L04-114	1326	1024367E 1072508N	114/11	Munguidó			

* PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica

Tabla 3. Listado de muestras de pozo recuperadas de la Línea ANH-CHBN-2005-04

MUESTRA	SP
1	1101.5
2	1161.5
3	1200.5
4	1237.5
5	1261.5
6	1301.5
7	1341.5
8	1383.5
9	1454,5
10	1556.5
11	1601.5
12	1640.5
13	1685.5
14	1721.5
15	1877.5
16	1941.5
17	1981.5
18	2021.,5
19	2061.5
20	2141.5
21	2301.5
22	2347.5
23	2421.5
24	2429.5
25	2501.5
26	2552,5
27	2621,5
28	2743.5
29	2827.5
30	2860.5
31	2941.5
32	3081.5
33	3161.5
34	3221.5
35	3261.5
36	3301.5
37	3441.5
38	3461.5
39	3541.5
40	3581.5
41	3621.5
42	3661.5

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-06

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-06

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:

ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E. S. A. G.)

Geólogos: Pedro A. Galindo A.
Alejandro Patiño
Ariel Barrera

Jefe de Departamento: Rafael López

Noviembre de 2006

TABLA DE CONTENIDO

Listado de Figuras y Tablas 4

INTRODUCCIÓN 7

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHbn-2005-06 9

2. ESTRATIGRAFÍA 13
   2.1. Rocas ígneas. 14
      2.1.1. Formación Barroso (Ksb) 14
   2.2. Rocas Sedimentarias. 16
      2.2.1. Grupo San Juan 16
         2.2.1.1. Formación Istmina (Ngmi) 16
         2.2.1.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm) 20
         2.2.1.3. Formación Condoto (Ngmc) 24
      2.2.2. Formación Munguidó (Ngmm) 29
      2.2.3. Formación Atrato (Ngpa) 31
      2.2.4. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qc) 34

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 37
   3.1. Zona Occidental. 38
   3.2. Zona Central ("Zona Deformada de Istmina") 39
   3.3. Zona Oriental 43

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45

REFERENCIAS 48

ANEXOS 50
1. Listado de estaciones de campo. 51
2. Listado de muestras de campo. 54
3. Listado de muestras de pozo. 57

Listado de Figuras y Tablas

Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-06, a lo largo de la cuenca del Río San Juan, con una dirección NW-SE, al sur del departamento del Chocó, Colombia. 11

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-06, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.....13

Figura 3. Quebrada de piedemonte, con grandes bloques de rocas volcánicas. (Estaca 3293-94, Estación L06-35, Anexo 2). 15

Figura 4. Diabasas verde grisáceas con tonos rojos violáceos por meteorización (Estaca 3274, Estación L06-34, Anexo 2). 15

Figura 5. Concreciones calcáreas en capas de areniscas de grano medio a conglomeráticas de la Formación Istmina. (Estaca 1971, Estación L06-18, Anexo 2). 17

Figura 6. Intercalación en capas delgadas de areniscas lodosas de grano fino y lodolitas calcáreas *(wackestone)*, finamente laminadas. (Estaca 1618, Estación L06-21, Anexo 2).....18

Figura 7. Areniscas tobáceas en capas delgadas a medias. (Estación L06-42, Anexo 2).....18

Figura 8. Areniscas lodosas tobáceas grises con abundante material carbonoso, y laminación fina paralela. (Estación L08-42, Anexo 2).....19

Figura 9. Quebrada típica, de paredes verticales en las que aflora la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2) 21

Figura 10. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Estaca 2035). 22

Figura 11. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Estaca 2023, Estación L06-31, Anexo 2).....22

Figura 12. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2) 23

Figura 13. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2) 23

Figura 14. Afloramiento de la Formación Condoto en la ladera de una colina; intercalación en capas delgadas a medias de areniscas lodosas fosilíferas ligeramente calcáreas y lodolitas arenosas. (Estaca 1352, Estación L06-07, Anexo 2) 26

Figura 15. Lodolitas arenosas intercaladas con capas delgadas lenticulares de areniscas lodosas de grano medio. (Estaca 1767, Estación L06-13, Anexo 2) 27

Figura 16. Lodolitas arenosas grises intercaladas con capas delgadas lenticulares de areniscas de grano fino. (Estaca 1769, Estación L06-11, Anexo 2) ... 27

Figura 17. Areniscas conglomeráticas de gránulos de la Formación Condoto. (Estaca 1370, Estación L06-05, Anexo 2) 28

Figura 18. Conglomerados matriz soportados polimícticos de la Formación Condoto. (Estaca 1372, Estación L06-04, Anexo 2) 28

Figura 19. Intercalación de areniscas lodosas y lodolitas arenosas de color gris azuloso, en capas muy delgadas a láminas gruesas. (Estaca 1011-12, Estación L06-02, Anexo 2) 30

Figura 22. Afloramiento típico de la Formación Atrato como resultado de la erosión desarrollada por la quebrada que disecta la el antiguo nivel de terraza. (Estaca 2605-04, Estación L06-49, Anexo 2) 32

Figura 20. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato. (Estaca 2457-58, Estación L06-52, Anexo 2) 33

Figura 21. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato. (Estaca 2457-58, Estación L06-52, Anexo 2) 33

Figura 23. Arcillas plásticas poco consolidadas de la Formación Atrato. (Estaca 2605-04, Estación L06-49, Anexo 2) 34

Figura 24. Depósitos cuaternarios correspondientes a una pequeña quebrada afluente del Río San Juan. Se observan conglomerados matriz soportados no consolidados en la base y lodolitas al tope. (Estaca 2044) 35

Figura 25. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación de la Quebrada Sandó (Estaca 1292). 36

Figura 26. Afloramiento de la Formación Condoto, evidenciando un buzamiento al SE (Estaca 1363, Estación L06-06). 40

Figura 27. Afloramiento de la Formación Istmina, evidenciando un buzamiento al SE (Estaca 1618, Estación L06-21). 40

Figura 28. Afloramiento de la Formación Condoto, evidenciando un alto buzamiento al NW, correspondiente al flanco frontal de un anticlinal. (Estaca 1760, Estación L06-14). 41

Figura 29. Afloramiento asociado a una posible zona de falla. (Estaca 3250, Estación L06-36, Anexo 2). 44

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-06 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento. 38

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo durante el Programa Sísmico CHOCÓ-2D 2005 a lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-06.

Estas observaciones se realizaron durante la etapa de perforación del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes a lo largo de la línea, identificando sus relaciones temporales y estructurales, para definir un modelo geológico general.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por Ingeominas y la Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan.

La información de Ingeominas corresponde a los mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 203 – Istmina (2002) y 222 – Sipí (2002)

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por la línea sísmica, y en un rango de máximo 500 m a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas, en los cuales se realizaron "Estaciones de Campo", en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología formulada por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y demás observaciones pertinentes. Estos recorridos se realizan con mayor detalle hacia el área occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, ya que este sector presenta un mayor interés geológico debido a su complejidad estructural y la variedad de unidades litológicas, a diferencia de la zona oriental la cual presenta un ambiente geológico más uniforme, con presencia de amplios depósitos recientes, en la que sólo se puede destacar el contacto entre las unidades cenozoicas y el basamento mesozoico en el piedemonte de la Cordillera Occidental.

Dado que la información obtenida en campo es de afloramientos muy puntuales y aislados, cabe destacar que los contactos entre las distintas unidades son inferidos teniendo en cuenta la identificación de un cambio litológico (el cual en ocasiones es difícil de diferenciar) y el modelo geológico regional, apoyado con estudios previamente realizados (e. g. Ingeominas).

El informe es subdividido en cuatro segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de la línea, realizando comparaciones con la información presentada por Ingeominas y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo la localización de fallas y pliegues a lo largo de la línea; finalmente, se anexa el mapa geológico y el perfil geológico de la línea sísmica, descripción de estaciones de campo (incluyendo fotografías y descripción de muestras), listado de muestras de mano, y listado de muestras de pozo.

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-06.

La línea ANH-CHBN-2005-06, tiene un azimut de 125^0 35', desde la estaca 821 (E: 1003522 N: 1057104), hasta la estaca 3508 (E: 1058146, N: 1018007), para un total de 67.175 Km. Se localiza en el sur del Departamento de Chocó, Colombia, al costado occidental de la Cordillera Occidental, atravesando la cuenca del Río San Juan (ver Figura 1). De NW a SE cruza por los municipios Medio Baudó, Istmina, Medio San Juan y Nóvita.

La principal vía de acceso corresponde a varios ríos navegables, así como el acceso en helicóptero el cual se hace muy importante en el toda el área sur del proyecto. En el extremo occidental de la línea la principal vía de acceso corresponde al Río Baudó, el cual corta la línea en dirección S-SW aproximadamente entre las estacas 900 a 1000 (en cercanías al Volante 29). Al Río Baudó se puede llegar por una carretera en mal estado desde Istmina; aproximadamente a dos horas se llega al caserío Puerto Meluk, el cual es un importante puerto para la región sobre el Río Baudó y se encuentra aprox. 20 Km. aguas arriba de la línea ANH-CHBN-2005-06.

Como afluente del Río Baudó se encuentra el Río Pepe, el cual cruza la línea en dirección S-SW aproximadamente entre las estacas 1240 a 1255, lugar en el que desemboca la Quebrada Sandó, la cual a su vez aguas arriba comunica con el Volante 30 (aprox. Estaca 1320). A este segmento de la línea se puede llegar por vía fluvial desde Puerto Meluk, bajando por el Río Baudó, cruzando la línea, y luego aguas arriba por el Río Pepe, o bien, bajando por el Río Pepe desde el caserío Pie de Pepe, el cual se encuentra aproximadamente a mitad de camino entre Istmina y Puerto Meluk.

Hacia estacas mayores, hasta llegar al Río San Juan (estaca 2090), el acceso sólo se puede hacer por vía aérea dada la ausencia de caminos y ríos navegables. En la zona central de la línea ANH-CHBN-2005-06 la principal vía de acceso corresponde al Río San Juan, el cual comunica al municipio de Istmina con el caserío de Bebedó, el cual se encuentra aproximadamente 2 Km. al sur de la línea y el cual funciona como centro de acopio.

Finalmente, la última vía de acceso fluvial para la línea ANH-CHBN-2005-06, corresponde al Río Cajón, el cual cruza la línea aproximadamente en la estaca 3020 (Volante 41), y su afluente la Quebrada Torrá, la cual corta la línea entre las estacas 3070 a 3100. El Río Cajón fluye en dirección SW y S cortando la línea ANH-CHBN-2005-01, hacia el Río Sipí, justo antes de que este desemboque en el Río San Juan.

En los demás segmentos de la línea ANH-CHBN-2005-06 (entre los ríos Pepe y San Juan, San Juan y Cajón, y a mayores del Río Cajón) el acceso sólo se puede hacer por vía aérea con el apoyo de helicóptero, dada la ausencia de caminos, carreteras y ríos navegables.

El área presenta un amplia red hidrográfica, con ríos y quebradas que se convierten en importantes vías de comunicación. Los principales ríos que cruzan la línea ANH-CHBN-2005-06 son: Río Baudó (Estacas 900 – 1000), Río Pepe (Estacas 1240 – 1255), Quebrada Sandó (Estaca 1320), Río San Juan (Estacas 2090 – 2110), Quebrada Bebedó (Estacas 2135 – 2150), Río Cajón (Estaca 3020), Quebrada Torrá (Estacas 3070 – 3100), Quebrada San Dionisio (Estaca 3250) y Río Chopogoró (Estacas 3296 y 3303) Adicionalmente, dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan pendientes desde bajas a abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas.

El área presenta una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque súper húmedo tropical. Se presentan algunas zonas intervenidas alrededor de las vías de comunicación (ríos y carreteras), utilizadas principalmente para minería y explotación de madera, y en menor medida cultivos y pastizales.

El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan lluvias copiosas durante todo el día y principalmente en horas de la noche; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

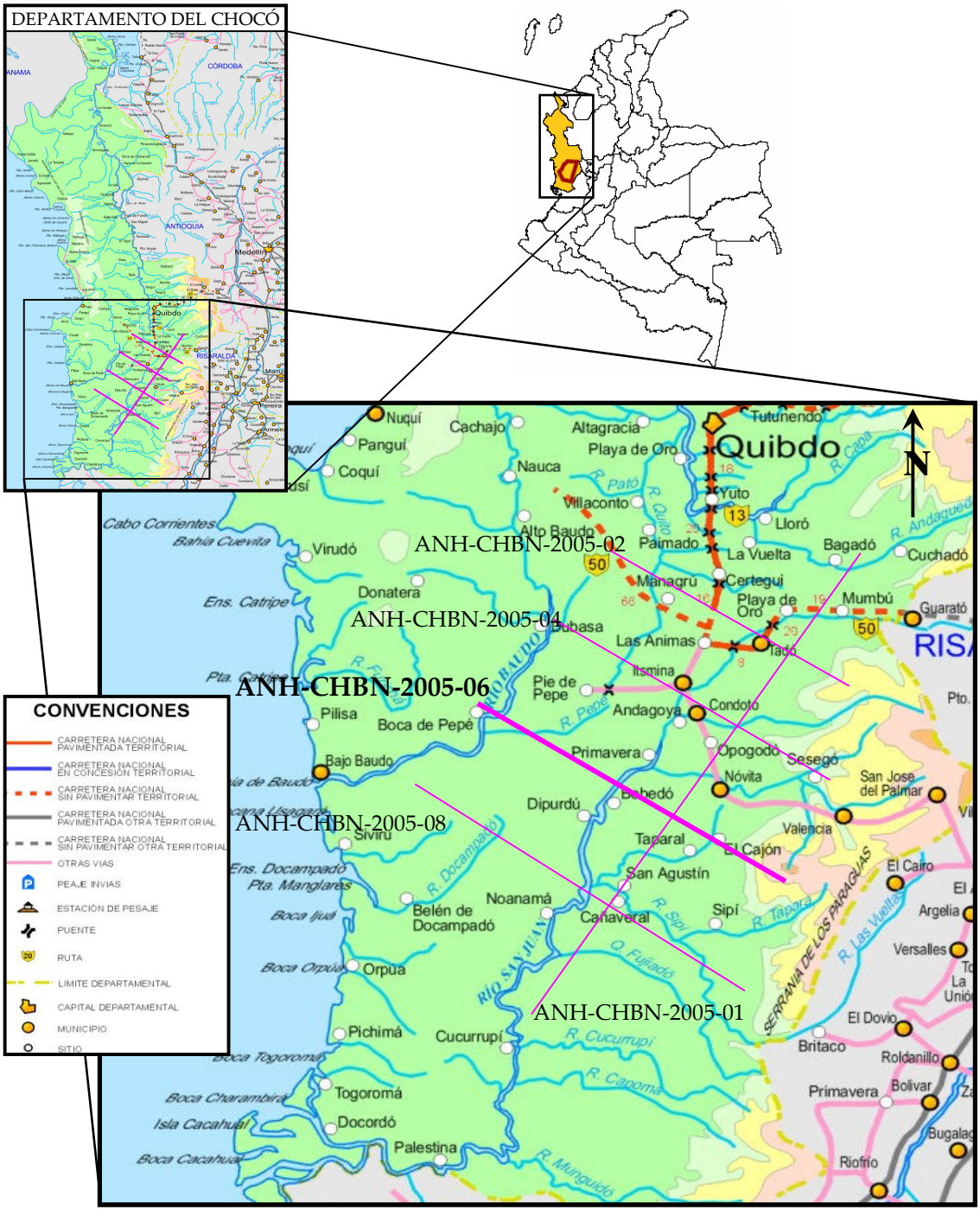


Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-06, a lo largo de la cuenca del Río San Juan, con una dirección NW-SE, al sur del departamento del Chocó, Colombia.

Fisiográficamente, el área de recorrido de la línea ANH-CHBN-2005-06 se puede subdividir en 2 regiones principales: Valles de los ríos Baudó y San Juan, y el piedemonte de la Cordillera Occidental. En la primera, se incluye el Istmo de San Pablo y las llanuras aluviales de los ríos Baudó y San Juan. El Istmo de San Pablo corresponde a una zona elevada 100 m sobre el nivel del río San Juan, que se extiende desde el municipio de Tadó hacia el suroeste alcanzando varios kilómetros de extensión; esta elevación es suficiente para separar las cuencas de los ríos Atrato (al Norte) y San Juan y Baudó (al Sur); su geomorfología corresponde a un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes. Las llanura aluviales de los río Baudó y San Juan, están conformadas por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 50 m sobre el nivel del mar, las cuales son sometidas a inundaciones y desarrollo de pantanos en época de lluvias.

En el extremo oriental se presenta el piedemonte de la Cordillera Occidental, donde se presenta un cambio muy fuerte de relieve, pasando de un relieve ondulado de colinas a montañoso, con pendientes fuertes de mayor continuidad, disminuyendo la cantidad de valles menores, y presentando alturas entre 100 y 1200 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se encuentra hacia estacas mayores de la línea, a partir del área entre la Quebrada Torrá y el Río Chopogoró.

En general, los afloramientos a lo largo de la línea son muy escasos, asociados principalmente a pequeños caños y quebradas que disectan el terreno, y a esporádicos escarpes que se presentan en algunas colinas los cuales no superan los 20 m.

2. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-06 se observan rocas sedimentarias del Neógeno, y rocas ígneas volcánicas que corresponden al basamento económico de la cuenca.

Dada el área en que se ubica la línea, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH correspondiente a la cuenca del Valle del Río San Juan. De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de Ingeominas (Planchas 203 – Istmina y 222 – Sipí) Ver
Figura 2.

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">EDAD</th><th colspan="2">A N H</th><th colspan="2">INGEOMINAS</th></tr>
<tr><th colspan="2">Cuenca del Río San Juan</th><th>Plancha 203 (Istmina)</th><th>Plancha 222 (Sipí)</th></tr>
<tr><td rowspan="8">NEÓGENO</td><td>Plioceno</td><td></td><td colspan="2">Fm. Atrato</td><td rowspan="2">Fm. Raposo</td><td>Fm. Raposo / Fm. Nóvita</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Mioceno</td><td>Tardío</td><td colspan="2">Fm. Munguidó</td><td>Fm. Raposo</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Medio</td><td rowspan="3">Gr. San Juan</td><td>Fm. Condoto</td><td>Fm. Condoto</td><td>Fm. Condoto</td></tr>
<tr><td>Fm. Conglomerados de La Mojarra</td><td>Fm. Conglomerados de La Mojarra</td><td>Fm. Conglomerados de la Mojarra</td></tr>
<tr><td>Temp.</td><td>Fm. Istmina</td><td>Fm. Istmina</td><td>Fm. Istmina</td></tr>
<tr><td rowspan="5">PALEÓGENO</td><td>Oligoceno</td><td></td><td colspan="2">Fm. Sierra</td><td rowspan="4">Fm. Tadó</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Eoceno</td><td>Tardío</td><td rowspan="4">Fm. Iró</td><td>Miembro Superior</td></tr>
<tr><td>Medio</td><td>Miembro Medio</td></tr>
<tr><td>Temp.</td><td rowspan="2">Miembro Inferior</td></tr>
<tr><td>Paleoceno</td><td>Tardío</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRETÁCEO TARDÍO
PRE – CRETÁCEO</td><td colspan="2">Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañas Gordas</td><td>Fm. Penderisco</td><td>Grupo Cañas Gordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)</td></tr>
</table>

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-06, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.

2.1. Rocas ígneas.

2.1.1. Formación Barroso (Ksb)

Rocas volcánicas que afloran en el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-06, en el piedemonte de la Cordillera Occidental, comportándose como el basamento económico de la cuenca. Aflora a partir de la estaca 3177 hacia mayores, determinando un terreno ondulado a montañoso de pendientes moderadas a fuertes (ver Anexo 1).

Los afloramientos de esta unidad se presentan en las laderas de las montañas acompañados de grandes coluviones y a lo largo de los ríos y quebradas típicos de piedemonte, caracterizados por la presencia de grandes bloques de rocas volcánicas. (Figura 3).

Litología. La unidad en este sector esta conformada principalmente por diabasas, aunque también se observan basaltos, brechas, aglomerados, y rocas intrusivas.

Las diabasas son faneríticas, de grano fino, compuestas por plagioclasa y piroxenos, de color verde con tonos grisáceos claros a oscuros en muestra fresca, y de color rojo violáceo por meteorización (Figura 4). Se observan bloques de diabasas color verde grisáceo con venas de cuarzo de hasta 5 cm de espesor.

Los basaltos son masivos, se presentan como grandes bloques, de color gris claro a oscuro, con tonos verdosos correspondientes a una matriz cloritizada. Localmente se observan bloques de brechas, pegmatitas, rocas intrusivas (e. g. granodioritas) y depósitos coluviales semilitificados, lo cual es evidencia de una alta actividad tectónica hasta el reciente. (Ver Anexo 2, Estaciones L06-34 a L06-41)

Edad. Basados en evidencias indirectas, a esta unidad se le ha asignado una edad Cretácico Superior (Álvarez y Gonzáles, 1978, *en* Cossio, 2003)

Correlaciones. Esta unidad concuerda con la descripción realizada de la Formación Barroso para la plancha 222 – Sipí (Cossio, 2002, y Cossio, 2003)



Figura 3. Quebrada de piedemonte, con grandes bloques de rocas volcánicas. (Estaca 3293-94, Estación L06-35, Anexo 2).



Figura 4. Diabasas verde grisáceas con tonos rojos violáceos por meteorización (Estaca 3274, Estación L06-34, Anexo 2).

2.2. Rocas Sedimentarias.

2.2.1. Grupo San Juan

El Grupo San Juan es de edad Mioceno Temprano a Tardío y está conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. De manera general, el Grupo San Juan fue depositado en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, que se profundiza hacia el occidente, de tal manera que mientras al oriente se presenta un bajo contenido de material calcáreo, representado por períodos de ligera elevación del nivel del mar, hacia el occidente se identifica un ambiente costero más marcado y fácilmente afectable por las variaciones del nivel del mar, presentando aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de niveles de calizas y concreciones calcáreas observables tanto en las formaciones Istmina y Condoto haciéndolas muy difíciles de diferenciar, mientras que la Formación Conglomerados de La Mojarra se comporta como un gran lente de material más grueso que se adelgaza hacia el occidente.

De esta manera, en el costado occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, se hace difícil de diferenciar las formaciones Istmina y Condoto del Grupo San Juan, y la suprayaciente Formación Munguidó, por lo cual, los contactos entre estas unidades son marcados teniendo en cuenta la tendencia estructural, con ayuda de imágenes satelitales y la información presentada en las planchas de Ingeominas.

2.2.1.1. Formación Istmina (Ngmi)

Esta unidad aflora en dos segmentos de la zona occidental de la línea, al occidente del Río San Juan, entre las estacas 1510 a 1657 y 1889 a 1992, y en un pequeño segmento en la base del piedemonte de la Cordillera Occidental, entre las estacas 3153 a 3158 interpretado como discordante sobre las rocas del basamento e infrayaciendo la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Ver Anexo 1)

En la zona occidental, esta unidad se compone por una sucesión de areniscas lodosas y lodolitas arenosas, variando el contenido de material calcáreo llegando a niveles de calizas. En el segmento oriental se presentan areniscas tobáceas y conglomerados matriz soportados. Esta unidad presenta un relieve ondulado

conformado por colinas de pendientes moderadas, y un rango de elevación medio de 50 m. s. n. m. En general, dada la poca elevación y una vegetación selvática densa, se observan muy pocos afloramientos asociados a pequeñas quebradas y laderas de colinas.

Litología. Las areniscas son de color gris oscuro a gris verdoso con tonos pardo amarillentos por meteorización, principalmente de grano muy fino a fino, hasta medio y localmente grueso a muy grueso (Estación L06-18, Anexo 2), en una matriz de lodo que puede variar en porcentaje llegando a lodolitas arenosas y lodolitas. Composicionalmente corresponden a litoarenitas con un porcentaje de cuarzo de hasta el 30%, con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, chert, calizas, cuarzo, micas y abundante material carbonoso. La matriz es de tamaño lodo, y puede ser silícea y en ocasiones calcárea, llegando a calizas *(wackestone* a *packstone)*; comúnmente se presentan fragmentos de conchas y peces (Estación L06-16, Anexo 2) y fósiles de hojas y foraminíferos, y localmente concreciones calcáreas de hasta 40 cm de diámetro (Figura 5, Estación L06-18, Anexo 2)



Figura 5. Concreciones calcáreas en capas de areniscas de grano medio a conglomeráticas de la Formación Istmina. (Estaca 1971, Estación L06-18, Anexo 2).



Figura 6. Intercalación en capas delgadas de areniscas lodosas de grano fino y lodolitas calcáreas *(wackestone)*, finamente laminadas. (Estaca 1618, Estación L06-21, Anexo 2)



Figura 7. Areniscas tobáceas en capas delgadas a medias. (Estación L06-42, Anexo 2)

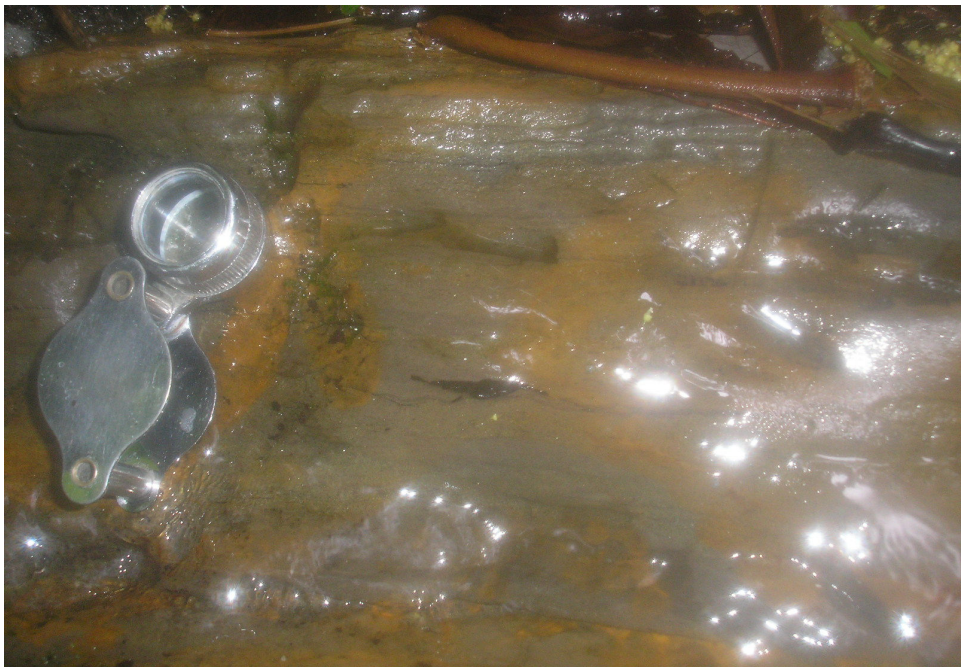


Figura 8. Areniscas lodosas tobáceas grises con abundante material carbonoso, y laminación fina paralela. (Estación L08-42, Anexo 2)

Las areniscas y lodolitas (y calizas) presentan una estratificación en capas tabulares a lenticulares, delgadas a medias, con contactos netos, compactas, masivas a finamente laminadas (Figura 6).

En el sector oriental (Figura 7, Estación L06-42, Anexo 2), se observan areniscas tobáceas de grano fino a medio, color gris oscuro a amarillo ocre con tonos rojizos por meteorización, con abundante contenido de materia orgánica (en laminillas negras) y micas; se presentan en capas tabulares delgadas a medias (3 – 15 cm) con laminación plano paralela continua (Figura 8). Suprayacen conglomerados matriz soportados, compuestos por guijos subangulares a subredondeados de basaltos y cuarzo lechoso.

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, así como por la presencia de fósiles y material calcáreo, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría y la aparición de material carbonoso, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva, que afectó

presumiblemente las rocas de la Formación Iró hacia el centro de la cuenca, y la Formación Barroso en el costado oriental, dado la composición de areniscas y conglomerados.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, (Peña, 1996) la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003; Duque-Caro, 1990 a, b, c)

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca del Río Atrato (Pancha 203 de Ingeominas) La litología descrita es similar en ambas unidades (Cossio, 2003, Plancha 203) y es correlacionable con la litología observada en campo. Sin embargo es de resaltar, que en el extremo occidental de la línea Cossio (2003) ubica la Formación Uva, como unidad de la cuenca del Atrato, mientras que al oriente utiliza la Formación Istmina, como unidad de la cuenca del San Juan; en este informe se utiliza sólo el nombre Formación Istmina para las rocas de esta edad.

2.2.1.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)

Sucesión monótona de conglomerados polimícticos bien consolidados con algunas intercalaciones de areniscas lodosas, y en la zona oriental de areniscas tobáceas. En la zona occidental afloran entre las estacas 1992 a 2067, suprayaciendo la Formación Istmina, y en contacto fallado al oriente con depósitos recientes de la llanura aluvial del río San Juan (ver Anexo 1); en la zona oriental, aflora entre las estacas 3101 y 3141, suprayaciendo en contacto erosivo a la Formación Istmina, este contacto es cubierto por depósitos coluviales. Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente fuerte, y un rango de elevación medio entre 50 m.s.n.m y 120 m.s.n.m. Se presentan buenos afloramientos asociados a cortes profundos de quebradas (Figura 9).

Litología. La unidad está conformada por una sucesión monótona de gran espesor de conglomerados de color gris con tonos rojizos por oxidación, bien consolidados, con estratificación masiva indiferenciable, en ocasiones en capas tabulares medias

a muy gruesas, con clastos de tamaño gránulos a cantos con predominio de guijos, subredondeados a redondeados de chert, calizas, areniscas, limolitas, cuarzodioritas y rocas volcánicas, que flotan en una matriz arenosa de grano medio a grueso con esporádica cementación calcárea (Figuras 10 y 11). En la zona oriental, en la base del piedemonte de la Cordillera Occidental, se destaca la presencia de un alto porcentaje de clastos volcánicos, correspondientes a basaltos y diabasas, con una gradual aparición de clastos de chert hacia el oriente (Figuras 12 y 13). En general, los afloramientos observados presentan fuerte meteorización y alteración a óxidos con tonos ocres y pardo-rojizos.

En la zona occidental, se presentan algunas intercalaciones de lodolitas arenosas y areniscas líticas de color gris, de grano medio a grueso, en capas tabulares a lenticulares finas a gruesas (Figura 21), en especial en cercanías al contacto con la Formación Istmina. En la zona oriental, se observan intercalaciones de areniscas lodosas (tobáceas?) en capas delgadas, con presencia de micas y minerales máficos.



Figura 9. Quebrada típica, de paredes verticales en las que aflora la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2)



Figura 10. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Estaca 2035).

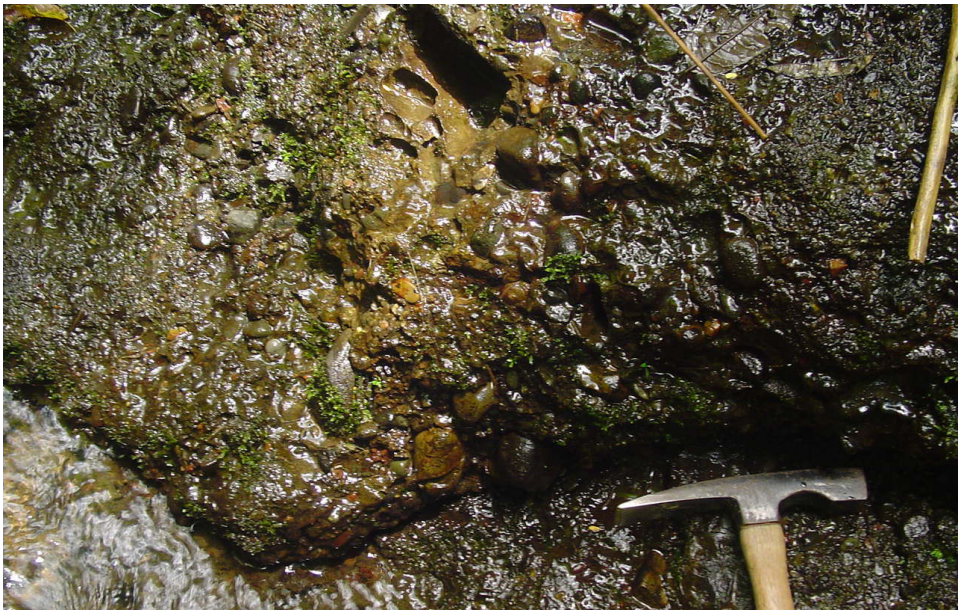


Figura 11. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. (Estaca 2023, Estación L06-31, Anexo 2)



Figura 12. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2)

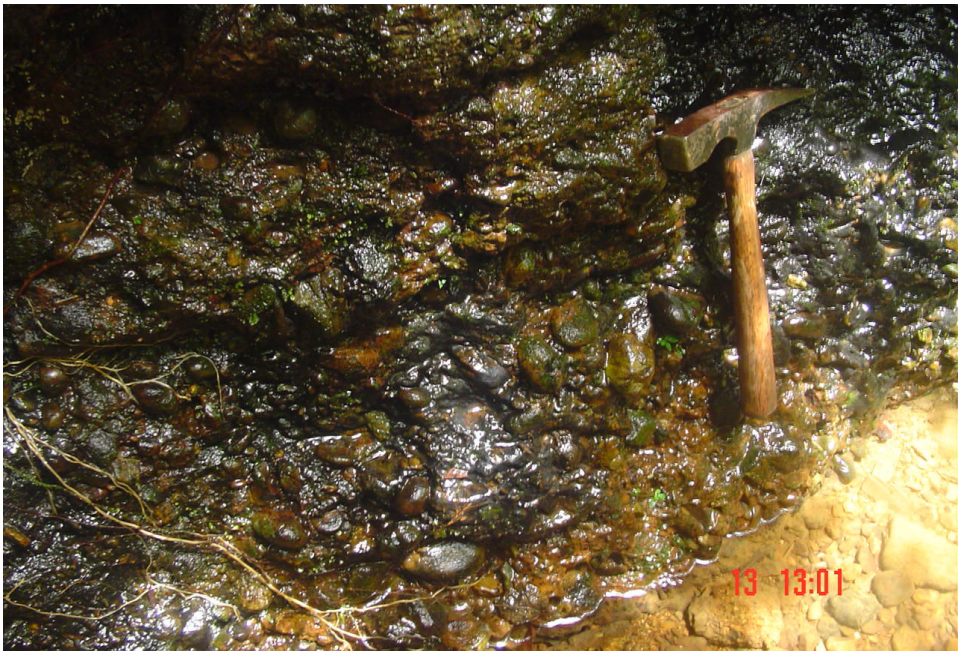


Figura 13. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra (Estaca 3115, Estación L06-45, Anexo 2)

Ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas en campo la Formación Conglomerados de La Mojarra indica un ambiente continental de alta energía y una cercanía al área de aporte de sedimentos, evidenciado por el tamaño y esfericidad de los clastos que la componen.

Así mismo, teniendo en cuenta la variedad composicional de los clastos, se puede deducir que el área fuente era de gran extensión y en ella afloraban la Formación Iró, principalmente hacia el occidente, y la Formación Barroso, hacia el extremo oriental, las cual fue disectada por ríos y quebradas de alta energía y pendiente fuerte, característicos de una región de piedemonte, permitiendo la depositación de grandes abanicos aluviales con continuidad lateral irregular en un área deprimida cercana a la costa.

Edad. De acuerdo con su posición estratigráfica entre la Formación Condoto y la Formación Istmina, a la Formación Conglomerados de La Mojarra se le ha asignado, una edad en el límite entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio (Cossio, 2003)

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con el límite entre las formaciones Uva y Napipí de la cuenca del Río Atrato, ya que en esta área no se presenta una unidad con esta litología dado que se encuentra más alejada del área fuente (Cordillera Occidental). Dada la distribución puntual de esta formación, a manera de lente de continuidad irregular, se evidencia que esta unidad fue depositada en un depocentro local durante una época de levantamiento, mientras que en otras áreas se registra una discordancia (*i.e* Hiato NH 2, entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio, Duque-Caro, 1990 a, b, c)

2.2.1.3. Formación Condoto (Ngmc)

Esta conformada por rocas sedimentarias de origen continental a marino que afloran en varios segmentos de la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, entre las estacas 821 a 885, 1098 a 1425, 1485 a 1499 y 1657 a 1889, con pequeños segmentos cubiertos por depósitos aluviales, y en general, suprayaciendo las formaciones Istmina y Conglomerados de La Mojarra, e infrayaciendo la Formación Munguidó. En la zona oriental, se interpreta a la Formación Condoto

suprayaciendo la Formación Conglomerados de La Mojarra, pero cubierta discordantemente por la Formación Atrato.

Esta compuesta principalmente por areniscas lodosas y lodolitas arenosas, e intercalaciones de calizas y conglomerados. Presenta un relieve ondulado a plano, conformado por colinas con pendientes moderadas a fuertes, y una elevación máxima de 100 m.s.n.m. Se presentan muy pocos afloramientos aislados asociados a pequeñas quebradas y a laderas de colinas (Figura 14).

Litología. Las areniscas son líticas, de color gris oscuro a gris verdoso con tonos pardos ocres por meteorización, de grano fino a medio, subangulares a subredondeados, compuestos por fragmentos líticos de chert, calizas, lodolitas, y cuarzo en menor porcentaje, esporádicamente se identifica la presencia de glauconita. Por lo general presentan matriz tamaño lodo, que varía en proporción hasta llegar a lodolitas arenosas y lodolitas de color gris claro a gris verdosas, medianamente consolidadas. Se presentan en capas de contactos netos, delgadas a medias (3 a 30 cm), tabulares a lenticulares, y con laminación fina plano paralela a ondulosa. La proporción entre las capas de areniscas y lodolitas es variable de un afloramiento a otro. (Figuras 15 y 16).

Localmente se presenta un aumento en el tamaño de grano, alcanzando areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas de gránulos y conglomerados matriz soportados de gránulos y guijos. Los granos y clastos son angulares a subredondeados, compuestos por fragmentos líticos de chert, calizas, lodolitas, rocas volcánicas y cuarzo lechoso. Se presentan en capas masivas, gruesas a muy gruesas. (Figuras 17 y 18).

Ocasionalmente se presenta un aumento en el contenido de material calcáreo a manera de lodo o cemento, llegando a capas de calizas (*mudstone* a *packstone*, e. g. L06-01, L06-24, Anexo 2) compuestas por pellets y foraminíferos. Localmente se presentan afloramientos de areniscas lodosas con fósiles de bivalvos (Estación L06-07, Anexo 2).

Ambiente. La presencia de areniscas de grano fino a medio en capas tabulares, indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía, representado

también por la continuidad lateral y la presencia de laminación plana paralela. La presencia de material calcáreo indica también que las condiciones de sedimentación corresponden a un ambiente de baja energía. La variación en la proporción entre las capas de areniscas y lodolitas puede corresponder "parasecuencias" que responden a variaciones en el nivel del mar.

Los niveles de conglomerados indicarían un depósito en un medio continental, por acción de corrientes de alta energía, como respuesta a una alta actividad tectónica intermitente que facilita la acción erosiva. La composición de los clastos en los conglomerados indica que en el área fuente afloraban rocas del basamento, de la Formación Iró, y posiblemente de la Formación Istmina.

Edad. A la Formación Condoto se le ha asignado una edad Mioceno Medio (Cossio, 2003), confirmando su ubicación estratigráfica entre la Formación Conglomerados de La Mojarra, de edad Mioceno Temprano tardío a Medio, y la Formación Munguidó de edad Mioceno Tardío.



Figura 14. Afloramiento de la Formación Condoto en la ladera de una colina; intercalación en capas delgadas a medias de areniscas lodosas fosilíferas ligeramente calcáreas y lodolitas arenosas. (Estaca 1352, Estación L06-07, Anexo 2)



Figura 15. Lodolitas arenosas intercaladas con capas delgadas lenticulares de areniscas lodosas de grano medio. (Estaca 1767, Estación L06-13, Anexo 2)



Figura 16. Lodolitas arenosas grises intercaladas con capas delgadas lenticulares de areniscas de grano fino. (Estaca 1769, Estación L06-11, Anexo 2)



Figura 17. Areniscas conglomeráticas de gránulos de la Formación Condoto. (Estaca 1370, Estación L06-05, Anexo 2)



Figura 18. Conglomerados matriz soportados polimícticos de la Formación Condoto. (Estaca 1372, Estación L06-04, Anexo 2)

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2003) en la Plancha 203 Istmina, sin embargo, para esta unidad se presenta un mayor contenido de material calcáreo y una ausencia de niveles conglomeráticos, indicando un ambiente netamente marino (Duque-Caro, 1990 a, b, c), mientras que la Formación Condoto presenta un ambiente transicional posiblemente en el borde de la cuenca.

La Formación Condoto se encuentra al tope del Grupo San Juan, descansando sobre la Formación Conglomerados de La Mojarra, aunque debido a la falta de continuidad de esta última unidad, también se puede presentar un contacto inferior neto con la Formación Istmina, dificultando la diferenciación de estas unidades debido a su similar litología. El contacto con la suprayacente Formación Munguidó no se observa en campo, pero puede ser discordante (correlacionándolo con el hiato NH3 de Duque-Caro, 1990 a, b, c) a transicional (como lo propone Cossio, 2003)

2.2.2. Formación Munguidó (Ngmm)

La Formación Munguidó aflora en dos pequeños segmento de la zona occidental de la línea ANH-CHBN-2005-06, entre las estacas 998 a 1017 y 1441 a 1475, presentándose en el núcleo del Sinclinal del Río Baudó y del Sinclinal de Capiró. El contacto inferior no es observable en campo, pero se supone suprayaciendo la Formación Condoto.

Esta unidad esta constituida por intercalaciones lodolitas arenosas y areniscas lodosas conglomeráticas. Presenta un relieve ondulado, de colinas con pendientes moderadas a fuertes. Se observan sólo un afloramiento asociado a la ladera de una colina de pendiente muy fuerte (Figura 19)

Litología. Las areniscas son líticas, de color gris azuloso con tonos ocre y amarillentos por meteorización, de grano fino a medio con gránulos de cuarzo lechoso, feldespato y chert; presentan matriz tamaño lodo que puede variar llegando a lodolitas; presentan laminación fina a gruesa, ondulada a plano paralela continua, en capas de a 1 a 2 cm. de espesor (Figura 19).



Figura 19. Intercalación de areniscas lodosas y lodolitas arenosas de color gris azuloso, en capas muy delgadas a láminas gruesas. (Estaca 1011-12, Estación L06-02, Anexo 2)

Ambiente. Estas rocas fueron depositadas en un ambiente de plataforma con ligeras variaciones del nivel del mar.

Edad. A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Tardío a Plioceno Temprano (Cossio, 2003), suprayaciendo las rocas de la Formación Condoto.

Correlaciones. Esta unidad se correlaciona temporalmente con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato en sentido de Ingeominas (Cossio, 2003, plancha 203) la cual fue descrita por Hafner (1967, *en* Zapata 2001) en el Río Munguidó. Para la cuenca del San Juan, esta unidad se correlaciona muy bien con la Formación Nóvita, propuesta por Cossio (2003) para la geología de la plancha 222 – Sipí. (Ver Figura 2)

Es de resaltar que la Formación Munguidó es muy difícil de diferenciar de la Formación Condoto dada la gran similitud litológica y la escasees de

afloramientos, por esta razón, el contacto entre estas unidades se traza a partir de su ubicación estructural y de la información presentada por Ingeominas (Plancha 203 – Istmina, Cossio 2002)

2.2.3. Formación Atrato (Ngpa)

Se compone por sedimentos no consolidados que afloran en un amplio segmento de la línea ANH-CHBN-2005-06, en general, desde la llanura aluvial del Río San Juan (estaca 2285) hasta el piedemonte de la Cordillera Occidental (estaca 3101), con algunos segmentos cubiertos por depósitos aluviales recientes. Geomorfológicamente se caracteriza por presentarse como un nivel de terraza, con topografía ondulada, ligeramente disectada, y pendientes moderadas. Los afloramientos de esta unidad se presentan asociados a quebradas menores que cortan este nivel de terraza (Figura 20).

Litología. De acuerdo a las observaciones de campo, la Formación Atrato está conformada por capas lenticulares casi horizontales y poco consolidadas (friables y deleznables) de conglomerados con intercalaciones de areniscas y lodolitas.

Los conglomerados son polimícticos, de bajo grado de consolidación, masivos, clasto a matriz soportados, con matriz de arena media a gruesa color gris claro con tonos amarillentos y pardo-rojizos por meteorización. Los clastos son subangulares a subredondeados, mal seleccionados, con tamaño predominante de gránulos a guijos. La composición predominante de los clastos es: chert blanco y negro, cuarzo lechoso, lodolitas, areniscas y rocas ígneas intrusivas y volcánicas (Figuras 21 y 22). Las areniscas varían en tamaño de grano, predominan de grano medio a conglomeráticas con clastos de gránulos. Las lodolitas, son plásticas, no consolidadas, de color amarillo ocre por meteorización. (Figura 23).

Ambiente. La litología sugiere un ambiente continental fluvial. El predominio de conglomerados y areniscas de grano medio a conglomeráticas sugiere un ambiente fluvial de alta energía, con áreas de inundación que permiten la depositación de material más fino. La composición de los clastos supone la erosión del amplio registro sedimentario de la cuenca y del basamento económico, evidenciando la exposición de todas estas unidades.



Figura 20. Afloramiento típico de la Formación Atrato como resultado de la erosión desarrollada por la quebrada que disecta la el antiguo nivel de terraza. (Estaca 2605-04, Estación L06-49, Anexo 2)

Edad. Dada la ausencia de fósiles la edad de la Formación Atrato no se conoce exactamente, Aspen et al. (1985) *en* (Cossio, 2003) le asignan la edad Plioceno a la Formación Raposo.

Correlaciones. La Formación Atrato se correlaciona con la Formación Quibdó de la Plancha 203 de Ingeominas (Cossio, 2003) correspondiente a la cuenca del Atrato y con la Formación Raposo de la Plancha 222 (Cossio, 2003) designada para la cuenca del San Juan; ver Figura 2.



Figura 21. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato. (Estaca 2457-58, Estación L06-52, Anexo 2).



Figura 22. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato. (Estaca 2457-58, Estación L06-52, Anexo 2).



Figura 23. Arcillas plásticas poco consolidadas de la Formación Atrato. (Estaca 2605-04, Estación L06-49, Anexo 2)

2.2.4. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qc)

Durante el reconocimiento geológico a través de la línea sísmica ANH-CHBN-2005-06 se observaron depósitos cuaternarios formando aluviones y llanuras de inundación asociados a los principales drenajes del área: entre las estacas 841 a 877 (quebrada afluente del Río Baudó), 885 a 998 (Río Baudó), 1017 a 1098 (Quebrada Pital y llanura de inundación del ríos Baudó y Pepe), 1188 a 1261 (Río Pepe), 1281 a 1299 (Quebrada Sandó), 1425 a 1441, 1453 a 1460, 1462 a 1485, 1499 a 1510, 1529 a 1539 y 1542 a 1554 (quebradas afluentes del Río Pepe), 1729 a 1736 (Quebrada El Bagre), 1846 a 1859, 1862 a 1869 y 1874 a 1889 (Quebrada Dipurdú de Sabongo),

2067 a 2285 (Río San Juan y Quebrada Bebedó), 2705 a 2793 (Ciénaga Daigui y Quebrada Nóvita), 2833 a 2871 (quebradas afluentes del Río Cajón) y 2943 a 3047 (Río Cajón y Quebrada Torrá). Estos depósitos aluviales corresponden a 790 estacas, equivalentes a 19.75 Km. de la línea sísmica.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones no consolidadas de gravas, arenas y limos, en general con abundante materia orgánica. Los sedimentos más gruesos (guijos, cantos y bloques) se observan principalmente hacia la parte alta de los ríos (*e.g.* hacia el norte para el Río San Juan) en donde se desarrollan amplias "playas" que constituyen barras longitudinales o barras de punta de los meandros (Figura 35).

Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y forman áreas pantanosas o "chuquias" (Figura 36), las cuales están conformadas por depósitos no compactados de material de grano fino, el cual también puede ser el resultado de la meteorización de las rocas infrayacentes.



Figura 24. Depósitos cuaternarios correspondientes a una pequeña quebrada afluente del Río San Juan. Se observan conglomerados matriz soportados no consolidados en la base y lodolitas al tope. (Estaca 2044).



Figura 25. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación de la Quebrada Sandó (Estaca 1292).

Es de destacar la presencia de depósitos coluviales (Qc) en el área del piedemonte de la Cordillera Occidental, entre las estacas 3141 a 3152 y 3158 a 3177, los cuales se componen por fragmentos angulares en disposición caótica, de clastos de composición volcánica, tamaño guijo a bloques, evidenciando poco transporte y un proceso de levantamiento y erosión reciente de la Cordillera Occidental.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional está enmarcado, de manera general, por la convergencia de las placas Nazca y Suramericana. La subducción de la Placa Nazca crea un prisma de acreción hacia el occidente que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste. Estos abanicos imbricados pueden tener un componente de rumbo importante en dirección N a NE, como resultado de un posible proceso de subducción oblicua.

En el área de estudio de acuerdo con Barrero (1979), Nivia et al. (1997) y Nivia (1998) (*en* Montoya, 2000) la Cordillera Occidental se caracteriza por una tectónica compresiva regional con grandes cabalgamientos que afectan las rocas de edad cretácica y terciaria, así como grandes fallas de rumbo e inversas a todas las escalas; principalmente con dirección N-NE, N-NW y N-S.

El área de la línea ANH-CHBN-2005-06 se divide en tres zonas con características estructurales diferentes: La *zona occidental*, comprende desde el comienzo de la línea (estaca 821) hasta la Falla del Río Pepe (Estaca 1507); la *zona central*, desde la Falla del Río Pepe hasta la Falla del Río San Juan (Estaca 2067); y la *zona oriental*, desde la Falla del Río San Juan hasta el final de la línea (Estaca 3508). Para cada zona se describen los elementos estructurales identificados en campo. Ver Anexo 1 y Tabla 1.

Las zonas *occidental* y *central*, presentan un relieve quebrado, con colinas de pendientes moderadas a muy fuertes, alineadas con una tendencia NE-SW, en las que aflora todo el registro sedimentario del Neógeno (Grupo San Juan y Formación Munguidó). La *zona oriental*, presenta una amplia zona de relieve suave con pendientes moderadas que se extiende hasta el piedemonte donde afloran las rocas del basamento y las formaciones Istmina y Conglomerados de La Mojarra.

Dada la poca cantidad de buenos afloramientos, con datos estructurales confiables, las estructuras son definidas con apoyo en los perfiles topográficos a varias escalas, imágenes satelitales y la información presentada por Ingeominas (Cossio, 2002 y 2003).

ZONA ESTRUCTURAL		ESTACA	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Occidental	**Formación Munguidó**	1007	Sinclinal del Río Baudó
	Formación Condoto	1301	Anticlinal de Mísara
	Formación Munguidó	1451	Sinclinal de Capiró
Central ***"Zona Deformada de Istmina"***	**Formación Istmina**	1507	Falla del Río Pepe
		1593	Anticlinal de la Quebrada Beriguadó
		1657	Falla de Docampadó
	Formación Condoto	1700	Sinclinal
		1830	Anticlinal
	Formación Istmina	1889	Falla Dipurdú de Los Indios
	Formación Conglomerados de La Mojarra	2050	Sinclinal
		2067	Falla del San Juan
Oriental	**Depósitos Recientes**	2067 - 3101	Sinclinal
	Formación Istmina	3158	Anticlinal
	Formación Barroso	3251	Falla

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-06 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento.

3.1. Zona Occidental.

La *zona occidental* presenta una serie de pliegues largos y amplios asociados a fallas en profundidad, con posible vergencia al Este, y posiblemente influenciados por la acreción y levantamiento de la Serranía del Baudó; en ella afloran rocas del Mioceno Tardío a Plioceno, las cuales son interpretadas por Ingeominas (Cossio, 2002 y 2003) como pertenecientes a la cuenca del Atrato, pero que en este trabajo se correlacionan con las unidades de la cuenca del San Juan (Formación Condoto y Formación Munguidó).

La primera estructura que se presenta es el Sinclinal del Río Baudó, la cual es una estructura amplia asimétrica, con el flanco oriental ligeramente más inclinado que el flanco occidental. El núcleo del sinclinal, correspondiente a la Formación

Munguidó, aflora en una colina entre las estacas 1005 a 1010, cuyo eje es marcado por la topografía y se corrobora con el dato estructural $286^0/20^0$ medido en la Estación L06-02 (Anexo 2). Ver Figura 19.

Continúa el Anticlinal de Mísara, el cual es un anticlinal amplio, asimétrico, con un flanco frontal oriental de alto ángulo (Cossio, 2003), evidenciando una vergencia hacia el Este ($135^0/20^0$, Estaca 1363, Estación L06-06, Figura 26); el flanco la cresta del anticlinal presenta ángulos muy suaves hacia el NW ($310^0/6^0$, Estaca 1270, Estación L06-10), permitiendo aflorar la Formación Condoto en un amplio sector, y adelgazándose hasta cerca del contacto con la Formación Istmina. Ver Anexo 1 – Perfil Geológico.

Como sinclinal frontal se encuentra el Sinclinal de Capiró, el cual es un sinclinal asimétrico, más apretado, en cuyo núcleo aflora la Formación Munguidó (Estaca 1452) y en los flancos la Formación Condoto. En general, la secuencia de las tres estructuras se podría explicar como una serie de pliegues por flexión de falla, la cual presenta un despegue profundo, con una flexión sinclinal que forma el Sinclinal del Río Baudó, y una rampa con una o varias flexiones anticlinales que forman el Anticlinal de Mísara y el Sinclinal frontal de Capiró, sin ser evidente una propagación hacia la superficie. (Ver Anexo 1).

3.2. Zona Central ("Zona Deformada de Istmina")

La *zona central*, corresponde a la llamada "Zona Deformada de Istmina" (Duque-Caro, 1990a, b, c), la cual presenta pliegues cortos con vergencia al Oeste, apretados y fallados, con fuertes buzamientos y una dirección en promedio de N60E. Afecta principalmente a las rocas del Grupo San Juan, las cuales son levantadas y plegadas por fallas con vergencia Oeste.

Esta zona comienza con la Falla del Río Pepe (estaca 1507), la cual corresponde a la falla del frente de cabalgamiento con vergencia al Oeste del piedemonte de la Cordillera Occidental. Es una falla de alto ángulo que pone contacto las rocas de la Formación Istmina al Este con las rocas de la Formación Condoto (Formación Napipí, cuenca del Atrato, Cossio, 2003) al Oeste.



Figura 26. Afloramiento de la Formación Condoto, evidenciando un buzamiento al SE (Estaca 1363, Estación L06-06).

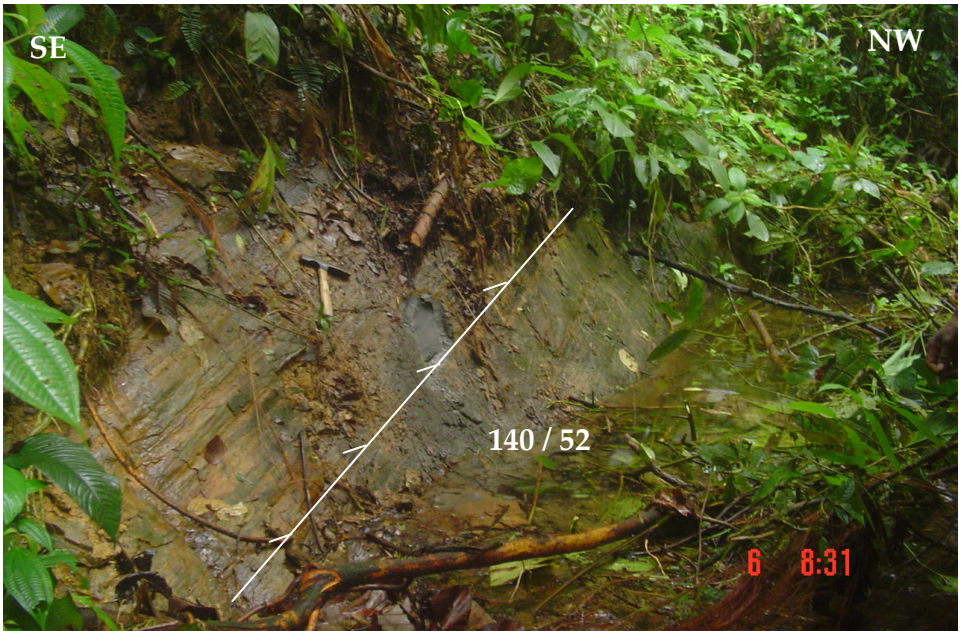


Figura 27. Afloramiento de la Formación Istmina, evidenciando un buzamiento al SE (Estaca 1618, Estación L06-21).



Figura 28. Afloramiento de la Formación Condoto, evidenciando un alto buzamiento al NW, correspondiente al flanco frontal de un anticlinal. (Estaca 1760, Estación L06-14).

Como resultado del desplazamiento sobre la Falla del Río Pepe, la Formación Istmina es plegada, formando el Anticlinal de la Quebrada Beriguadó, el cual es un anticlinal asimétrico, apretado, con un flanco trasero de alto ángulo ($140^0/52^0$, Estaca 1618, Estación L06-21, Anexo 2, ver Figura 6 y 27).

La Falla Docampadó (Estaca 1657), se interpreta como un retrocabalgamiento de alto ángulo de la Falla del Río Pepe, manteniendo a la Formación Istmina (al Oeste), en contacto con la Formación Condoto (al Este).

Dentro de la Formación Condoto, en la estaca 1700, se interpreta el eje de un sinclinal que estaría asociado a la flexión en profundidad de la Falla del Río Pepe, corroborando así la vergencia Oeste de esta falla. El sinclinal se interpreta por la

disminución en el ángulo de buzamiento observada entre las estacas 1768 ($318^0/50^0$, Estación L06-12, Anexo 2) a 1749 ($324^0/38^0$, Estación L06-15, Anexo 2), ver Figura 28, con un posible cabeceo hacia el S-SW como lo indican los datos de las estaciones L06-23 y L06-24 ($200^0/20^0$ y $215^0/26^0$, respectivamente, Anexo 2), ver Figura 28. De igual manera, se continúa con la tendencia estructural que viene desde el Anticlinal de la Quebrada Beriguadó, cuyo flanco trasero es cortado por la Falla Docampadó. Ver Anexo 1 – Perfil Geológico.

Continuando hacia el oriente, los altos ángulos presentes entre las estacas 1749 a 1768 (Figura 28), se interpretan como el flanco frontal de un anticlinal con vergencia al Oeste. La presencia de este anticlinal también se evidencia en la Plancha 203 de Ingeominas (Cossio, 2002). El eje de esta estructura se ubica en la estaca 1830 apoyado con el perfil topográfico de la línea. Este anticlinal puede ser producto de una falla de propagación, o de una flexión más profunda de la Falla del Río Pepe.

En la estaca 1889 se interpreta la Falla Dipurdú de Los Indios, presente en la Plancha 203 (Cossio, 2002), la cual corresponde a un cabalgamiento con vergencia Oeste, que corta el flanco trasero del anticlinal mencionado anteriormente, y levanta la Formación Istmina poniéndola en contacto con la Formación Condoto. Ver Anexo 1.

La Formación Istmina continúa buzando hacia el Este ($138^0/55^0$, Estación L06-18, Anexo 2, Figura 5), y descansando discordantemente sobre ella se encuentra la Formación Conglomerados de La Mojarra, la cual presenta buzamientos más suaves ($140^0/23^0$, Estación L06-31, $125^0/26^0$, Estación L06-29 y $280^0/24^0$, Estación L06-28), y el desarrollo de un sinclinal estrecho (estaca 2050) presente también en la Plancha 203 de Ingeominas (Cossio, 2002).

Este sinclinal (estaca 2050) tiene un eje con dirección NE, y se interpreta como el resultado de la cuña formada por el retrocabalgamiento de alto ángulo de la Falla Dipurdú de Los Indios, el cual corresponde a la Falla del San Juan (Estaca 2067). La falla continúa a despegue profundo, formando una rampa que pliega el relleno sedimentario de la cuenca. Ver Anexo 1 – Perfil Geológico.

3.3. Zona Oriental

La *zona oriental* tiene un amplio segmento inicial correspondiente a una depresión de 25.85 Km. (estacas 2067 a 3101) rellena por depósitos recientes (Cuaternarios Aluviales y Formación Atrato, Figura XX) la cual presenta una ligera inclinación hacia el sur en la parte central, como se observó en la línea ANH-CHBN-2005-01. Este segmento presenta una geomorfología plana a ligeramente ondulada, en la que no se identifican elementos estructurales.

A partir de la estaca 3101 hacia mayores (oriente), empieza el piedemonte de la Cordillera Occidental, el cual se identifica por un cambio abrupto en el relieve, pasando inicialmente a un sector de colinas con pendientes moderadas a fuertes alcanzando 100 m. s. n. m., en la que afloran las formaciones Istmina y Conglomerados de La Mojarra, y posteriormente a un terreno montañoso, de alta pendiente, alcanzando 1200 m. s. n. m., en la que aflora el Basamento económico de la cuenca, que en este sector corresponde a la Formación Barroso.

El piedemonte de la Cordillera Occidental se ha interpretado como producto de fallas inversas de alto ángulo con vergencia al Oeste las cuales han levantado el basamento y las rocas depositadas sobre ellas. De esta manera, a profundidad se interpreta un gran homoclinal buzando al occidente, en el que progresivamente va aumentando el espesor de las unidades a medida que se profundiza la cuenca.

En la estaca 3158 se observa el eje de un anticlinal muy local (Estación L06-42, Anexo 2), el cual se encuentra justo en la base del cambio de pendiente, y puede responder a la presencia de una falla inversa de alto ángulo en profundidad.

Es posible que el frente del piedemonte de la Cordillera Occidental este formado por varias fallas de alto ángulo las cuales no fueron sido identificadas en campo. La única posible evidencia de falla fue observada en la estaca 3250 (Figura 29, Estación L06-36, Anexo 2), en donde se presenta un afloramiento de rocas volcánicas (diabasas) foliadas y fracturadas a manera de brecha.

La presencia de depósitos coluviales observados en el área de piedemonte, descansando sobre las formaciones Barroso, Istmina y Conglomerados de La

Mojarra (e. g. Estaca 3177, Estación L06-40, Anexo 2) evidencia un proceso de levantamiento reciente.



Figura 29. Afloramiento asociado a una posible zona de falla. (Estaca 3250, Estación L06-36, Anexo 2).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, y los estudios geológicos realizados previamente en el área (e. g. Duque-Caro, 1990 a, b, c, Ingeominas, ANH), la línea sísmica ANH-CHBN-2005-06, pasa sobre un abanico imbricado con vergencia Noroeste que caracteriza el frente de cabalgamiento del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental colombiana.

- Al Occidente del abanico imbricado (a partir de la Falla del Río Pepe, estaca 1507, hacia el Occidente), se observa un relleno sedimentario afectado por estructuras amplias, con buzamientos suaves y sin evidencia de fallas en superficie. La geometría interpretada de los pliegues sugiere el desplazamiento sobre fallas en profundidad con vergencia al Este. En este sector afloran las formaciones Condoto y Munguidó.

- La Zona Central, corresponde a la *"Zona Deformada de Istmina"*, el cual se comporta como un abanico imbricado con vergencia Oeste, caracterizado por presentar pliegues relativamente cortos y apretados como resultado de fallas de cabalgamiento en profundidad con vergencia Oeste y retrocabalgamientos con vergencia Este, de fuertes buzamientos y una dirección predominante de N-NE. En ella afloran las unidades del Grupo San Juan (formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto)

- La Formación Istmina (Mioceno Temprano) aflora en segmentos entre cabalgamientos con vergencia Oeste y retrocabalgamientos con vergencia Este, corresponde a una secuencia monótona de areniscas lodosas, lodolitas arenosas, y niveles calcáreos.

- La Formación Conglomerados de La Mojarra (Mioceno Temprano tardío – Mioceno Medio) aflora en el extremo oriental asociada al levantamiento producido por las fallas Dipurdú de Los Indios y del San Juan; está conformada por una sucesión monótona de gran espesor de conglomerados bien consolidados, con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a

redondeados de chert, calizas, areniscas, limolitas, cuarzodioritas y rocas volcánicas, que flotan en una matriz arenosa de grano medio a grueso.

- La Formación Condoto (Mioceno Medio), caracterizada por una intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas grises, con intercalaciones de calizas y paquetes de conglomerados.

- La Formación Munguidó (Mioceno Tardío), presenta una litología muy similar a la unidad anterior, aflorando en dos pequeños segmentos, en el núcleo de dos sinclinales, y observada sólo en un afloramiento.

- La Zona Oriental presenta una amplia área inicial correspondiente a depósitos recientes (Formación Atrato y depósitos cuaternarios) los cuales pueden cubrir estructuras en el subsuelo; sin embargo, se interpreta como una zona "tranquila" en la que se presenta un registro sedimentario continuo y completo.

- La Formación Atrato (Plioceno), corresponde a un antiguo nivel de terraza conformado por rocas poco consolidadas que van de lodolitas a conglomerados polimícticos matrizsoportados.

- En el piedemonte de la Cordillera Occidental se interpretan fallas de alto ángulo que involucran el basamento económico de la cuenca (Formación Barroso, de edad Cretácico Superior). Sobre el basamento se deposita el relleno sedimentario de la cuenca, que a manera de cuñas sedimentarias se van engrosando hacia el occidente. La Formación Conglomerados de La Mojarra se adelgaza a medida que se aleja del área fuente, mientras que las formaciones Istmina y Condoto se hacen más espesas debido a un ambiente de depositación gradualmente más marino.

- La presencia de depósitos coluviales observados en el área de piedemonte evidencia un proceso de levantamiento reciente.

- Es importante recalcar que dadas las condiciones geográficas del proyecto, el reconocimiento geológico de la línea ANH-CHBN-2005-06 se realizó a partir de afloramientos puntuales y relativamente aislados a lo largo de la línea, lo cual

impide desarrollar un levantamiento geológico de gran detalle, donde se puedan realizar mediciones aproximadas de los espesores de las unidades observadas. De esta manera, la interpretación de trazos de fallas y contactos de unidades fue apoyada en gran medida con el uso de imágenes satelitales, el perfil topográfico de la línea y los estudios elaborados previamente (e. g. Ingeominas)

- Se recomienda realizar análisis de datación bioestratigráfica para revalidar la información recogida en campo, principalmente entre aquellas unidades que presentan una gran similitud litológica, como entre las formaciones Istmina, Condoto y Munguidó.

REFERENCIAS

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 222 Sipí. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Duque-Caro, H., 1990 a. Major Neogene events in Panamic South America. In Tsuchi, R. (Ed.), Pacific Neogene Events. Tokyo, University of Tokyo Press, pp. 101 – 113.

- Duque-Caro, H. 1990 b. The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1, pp. 71 – 84.

- Duque-Caro, H. 1990 c. Neogene stratigraphy, paleocenography and paleobiogeography in the northwest South America and the evolution of the Panama seaway. Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, No. 77, pp. 203 – 234.

- Montoya, D. 2000. Geología de las planchas 240 Pichimá, 241 Cucurrupí, 259 Malaguita y 260 Aguas Claras. Departamentos de Chocó y Valle del Cauca. Escala 1:200.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Peña, J. H. 1997. Informe Técnico Anual (1996); Contrato de Asociación Chocó Central. Repsol Exploración Colombia. ECOPETROL. Bogotá.

- Zapata, G. 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

ANEXOS

1. Listado de estaciones de campo.
2. Listado de muestras de campo
3. Listado de muestras de pozo
4. Formatos de "Estaciones de campo"

1. LISTADO DE ESTACIONES DE CAMPO.

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
L06-01	1186		98/54? // 294/50?	Formación Condoto
L06-02	1011-1012		286/20	Formación Munguidó
L06-03	1398			Formación Condoto
L06-04	1372		140/75? // 10/25?	Formación Condoto
L06-05	1370			Formación Condoto
L06-06	1363		135/20?	Formación Condoto
L06-07	1351-1352		25/20 Di: 195/45	Formación Condoto
L06-08	1348			Formación Condoto
L06-09	1278			Formación Condoto
L06-10	1269-1270		310/6	Formación Condoto
L06-11	1768-1769			Formación Condoto
L06-12	1767-1768		318/50	Formación Condoto
L06-13	1767			Formación Condoto
L06-14	1760		320/54 Di: 105/25	Formación Condoto
L06-15	1749		324/38	Formación Condoto
L06-16	1902-1903			Formación Istmina
L06-17	1941.5			Formación Istmina
L06-18	1971		133/58 // 130/55	Formación Istmina
L06-19	1515		132/73	Formación Istmina
L06-20	1495			Formación Condoto
L06-21	1618		140/52	Formación Istmina
L06-22	1640		125/57	Formación Istmina
L06-23	1677		190/20? //206/20?	Formación Condoto
L06-24	1715		220/26?, 215/26?	Formación Condoto
L06-25	1582		190/21?	Formación Istmina
L06-26	2067			Formación Conglomerados de La Mojarra

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
L06-27	2061-2062			Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-28	2056		280/24 // 275/24	Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-29	2044		115/26? 125/26?	Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-30	2026		N-S/3	Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-31	2023		140/23 // 150/23 30/15?	Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-32	1997			Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-33	1412-1415		170/38 // 177/38 160/35 // 35/28 10/10?	Formación Condoto
L06-34	3274			Formación Barroso
L06-35	3293-3294			Formación Barroso
L06-36	3252		Fol: 183/15 15/14 // 160/33 160/40	Formación Barroso
L06-37	3241-3242			Formación Barroso
L06-38	3208-3209			Formación Barroso
L06-39	3191-3192			Formación Barroso
L06-40	3176-3177			Formación Barroso
L06-41	3174			Formación Barroso
L06-42	3158		11/37 // 276/36	Formación Istmina
L06-43	3153		245/5	Formación Istmina
L06-44	3133			Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-45	3115			Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-46	3112			Formación Conglomerados de La Mojarra
L06-47	3102			Formación Conglomerados

ESTACIÓN	ESTACA	COORDENADAS	DATO ESTRUCTURAL	UNIDAD
				de La Mojarra
L06-48		E: 1059599 N: 1057401		Formación Barroso
L06-49	2604-2605			Formación Atrato
L06-50	2589-2590			Formación Atrato
L06-51	2455			Formación Atrato
L06-52	2457-2458			Formación Atrato
L06-53	2469-2470			Formación Atrato
L06-54	2657			Formación Atrato

2. LISTADO DE MUESTRAS DE CAMPO.

LÍNEA	CÓDIGO	ESTACA	COORDENADAS					MUNICIPIO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	Objetivo de la toma de la muestra *
			GEOGRÁFICAS		PLANAS						
			LATITUD	LONGITUD	N	E	ORIGEN				
ANH-CHBN-2005-06	L06-01	1186	05 03 52.46 N	076 58 43.77 W	1051794	1010942	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-02	1011-1012	05 05 15.04 N	077 00 38.92 W	1054330	1007395	3 W	Medio Baudó	Formación Munguidó	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-04	1372	05 02 24.32 N	076 56 41.04 W	1049087	1014723	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-07	1351-1352	05 02 34.25 N	076 56 54.90 W	1049392	1014296	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-09	1278	05 03 08.85 N	076 57 43.08 W	1050455	1012812	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-10	1269-1270	05 03 12.88 N	076 57 48.68 W	1050578	1012639	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-11 A	1768-1769	05 03 13.58 N	076 57 49.67 W	1050600	1012609	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-11 B	1768-1769	05 03 13.58 N	076 57 49.67 W	1050600	1012609	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-16	1902-1903	04 58 13.15 N	076 50 51.35 W	1041375	1025498	3 W	Istmina	Formación Istmina	Caliza (packstone)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-18 A	1971	04 57 40.51 N	076 50 05.80 W	1040373	1026901	3 W	Istmina	Formación Istmina	Caliza (packstone)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-18 B	1971	04 57 40.51 N	076 50 05.80 W	1040373	1026901	3 W	Istmina	Formación Istmina	Caliza (packstone)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-19	1515	05 01 16.57 N	076 55 06.68 W	1047007	1017630	3 W	Medio Baudó	Formación Istmina	Lodolita arenosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-20	1495	05 01 26.02 N	076 55 19.89 W	1047297	1017223	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca conglomerática	PP, B

ANH-CHBN-2005-06	L06-21	1618	05 00 27.73 N	076 53 58.73 W	1045507	1019724	3 W	Medio Baudó	Formación Istmina	Caliza (Wackestone)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-23	1677	04 59 59.76 N	076 53 19.80 W	1044648	1020923	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lítica	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-24	1715	04 59 41.75 N	076 52 54.73 W	1044095	1021696	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Caliza (Wackestone)	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-25	1582	05 00 44.79 N	076 54 22.49 W	1046031	1018992	3 W	Medio Baudó	Formación Istmina	Limolita arcillosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-26	2067	04 56 54.96 N	076 49 02.50 W	1038974	1028852	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-27	2061-2062	04 56 57.55 N	076 49 06.13 W	1039054	1028740	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	Conglomerado	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-29	2043	04 57 06.38 N	076 49 18.31 W	1039325	1028365	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	Conglomerado	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-31	2023	04 57 15.81 N	076 49 31.53 W	1039614	1027957	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	Conglomerado	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-32	1997	04 57 28.12 N	076 49 48.68 W	1039992	1027429	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-33	1412-1415	05 02 05.40 N	076 56 14.63 W	1048506	1015537	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	Arenisca lodosa	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-34	3274	04 47 22.78 N	076 35 46.45 W	1021412	1053389	3 W	Sipí	Formación Barroso	Gabro	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-35 A	3293-3294	04 47 13.77 N	076 35 33.91 W	1021135	1053776	3 W	Sipí	Formación Barroso	Gabro hornblendita?	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-35 B	3293-3294	04 47 13.77 N	076 35 33.91 W	1021135	1053776	3 W	Sipí	Formación Barroso	Gabro?	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-36	3252	04 47 33.22 N	076 36 00.96 W	1021732	1052942	3 W	Sipí	Formación Barroso	Brecha de falla?	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-39	3191-3192	04 48 02.20 N	076 36 41.14 W	1022621	1051703	3 W	Sipí	Formación Barroso	Granodiorita?	PP

ANH-CHBN-2005-06	L06-41 A	3174	04 48 10.19 N	076 36 52.40 W	1022867	1051356	3 W	Sipí	Formación Barroso	Gabro pegmatítico	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-41 B	3174	04 48 10.19 N	076 36 52.40 W	1022867	1051356	3 W	Sipí	Formación Barroso	Basalto foliado	PP
ANH-CHBN-2005-06	L06-42	3158	04 48 17.77 N	076 37 02.95 W	1023099	1051031	3 W	Sipí	Formación Istmina	Arenisca tobácea	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-45	3115	04 48 38.17 N	076 37 31.30 W	1023725	1050157	3 W	Sipí	Formación Conglomerados de La Mojarra	Conglomerado	PP, B
ANH-CHBN-2005-06	L06-47	3102	04 48 44.33 N	076 37 39.87 W	1023914	1049892	3 W	Nóvita	Formación Conglomerados de La Mojarra	Conglomerado	PP, B

* PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica

3. LISTADO DE MUESTRAS DE POZO.

LÍNEA	CÓDIGO	COORDENADAS					MUNICIPIO	FORMACIÓN	Objetivo de la toma de la muestra
		GEOGRÁFICAS		PLANAS					
		LATITUD	LONGITUD	N	E	ORIGEN			
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1043,5	05 04 59.92 N	077 00 17.86 W	1053866	1008044	3 W	Medio Baudó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1081.5	05 04 41.94 N	076 59 52.77 W	1053314	1008817	3 W	Medio Baudó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1381,5	05 02 19.83 N	076 56 34.77 W	1048949	1014916	3 W	Medio Baudó	Formación Condoto	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1441,5	05 01 51.43 N	076 55 55.16 W	1048077	1016137	3 W	Medio Baudó	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1600,5	05 00 36.26 N	076 54 10.62 W	1045769	1019358	3 W	Medio Baudó	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1643,5	05 00 15.64 N	076 53 41.91 W	1045136	1020242	3 W	Medio Baudó	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1776,5	04 59 12.62 N	076 52 14.17 W	1043201	1022946	3 W	Istmina	Formación Condoto	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1801,5	04 59 00.77 N	076 51 57.67 W	1042837	1023454	3 W	Istmina	Formación Condoto	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1881,5	04 58 22.86 N	076 51 04.88 W	1041673	1025080	3 W	Istmina	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1921,5	04 58 03.92 N	076 50 38.48 W	1041091	1025894	3 W	Istmina	Formación Istmina	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 1961,5	04 57 45.00 N	076 50 12.07 W	1040510	1026708	3 W	Istmina	Formación Istmina	B, G

ANH-CHBN-2005-06	SP. 2001,5	04 57 26.23 N	076 49 46.05 W	1039934	1027510	3 W	Medio San Juan	Formación Conglomerados de La Mojarra	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2161,5	04 56 10.40 N	076 48 00.50 W	1037606	1030762	3 W	Medio San Juan	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2181,5	04 56 00.69 N	076 47 46.98 W	1037308	1031179	3 W	Medio San Juan	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2201,5	04 55 51.22 N	076 47 33.78 W	1037017	1031586	3 W	Medio San Juan	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2221,5	04 55 41.72 N	076 47 20.60 W	1036726	1031992	3 W	Medio San Juan	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2241,5	04 55 32.25 N	076 47 07.40 W	1036435	1032399	3 W	Medio San Juan	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2361,5	04 54 35.34 N	076 45 48.28 W	1034688	1034837	3 W	Medio San Juan	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2441,5	04 53 57.43 N	076 44 55.49 W	1033524	1036464	3 W	Medio San Juan	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2561,5	04 53 00.80 N	076 43 36.68 W	1031786	1038893	3 W	Nóvita	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2601,5	04 52 41.60 N	076 43 09.95 W	1031196	1039717	3 W	Nóvita	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2642,5	04 52 22.17 N	076 42 42.90 W	1030600	1040551	3 W	Nóvita	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2837,5	04 50 49.69 N	076 40 34.33 W	1027762	1044514	3 W	Nóvita	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 2921,5	04 50 09.92 N	076 39 38.90 W	1026541	1046223	3 W	Nóvita	Formación Atrato	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3021,5	04 49 23.21 N	076 38 33.95 W	1025108	1048225	3 W	Nóvita	Cuaternario Aluvial	B, G

ANH-CHBN-2005-06	SP. 3041,5	04 49 13.02 N	076 38 19.77 W	1024795	1048662	3 W	Nóvita	Cuaternario Aluvial	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3222,5	04 47 47.22 N	076 36 20.39 W	1022161	1052343	3 W	Sipí	Formación Barroso	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3281,5	04 47 19.23 N	076 35 41.51 W	1021303	1053542	3 W	Sipí	Formación Barroso	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3290,5	04 47 14.93 N	076 35 35.57 W	1021171	1053725	3 W	Sipí	Formación Barroso	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3365,5	04 46 39.42 N	076 34 46.09 W	1020081	1055250	3 W	Sipí	Formación Barroso	B, G
ANH-CHBN-2005-06	SP. 3401,5	04 46 22.35 N	076 34 22.36 W	1019557	1055982	3 W	Sipí	Formación Barroso	B, G

* PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-08

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-08

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D

CNPC BGP

BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:

ESAG

ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E. S. A. G.)

Geólogos: Alejandro Patiño N.
Pedro A. Galindo A.

Jefe de Departamento: Rafael López

Noviembre de 2006

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7
1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH -CHBN-2005-08. 8
1.1. Rocas Sedimentarias. 11
1.1.1. Formación Penderisco – Miembro Urrao (Kspu) 11
1.1.2. Grupo San Juan 14
1.1.3. Formación Munguidó (Ngmm) 28
1.1.4. Formación Atrato (Ngpa) 30
1.1.5. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt) 32
2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 34
2.1. Zona Occidental. 35
2.2. Zona Central ("Zona Deformada de Istmina") 39
2.3. Zona Oriental 42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
REFERENCIAS 46

ANEXOS

ANEXO 1

1. Mapa geológico
2. Corte geológico

ANEXO 2

1. Listado de Estaciones y muestras de campo.
2. Listado de muestras de pozo.
3. Formatos de "Estaciones de Campo"

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

LISTADO DE FIGURAS Y TABLA S

Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-08, con una dirección NW-SE, al Sur del departamento del Chocó, Colombia. 9

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-08, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS. 12

Figura 3. Afloramiento de lodolitas negras con estratificación plana contínua en capas medias sobre quebrada en cruce con la linea. (Estación L08-22-Anexo 2). Dirección de la foto 40⁰ 13

Figura 4. Detalle textural de lodolitas negras mostrando ligera oxidación y desarrollo de micas. (Estación L08-22-Estaca 3925 y 3926 -Anexo 2). 13

Figura 5. Exposición sobre quebrada de capas medias y gruesas de areniscas lodosas líticas calcáreas de grano fino, con capas muy finas de lodolitas calcáreas (packstone). Estación L08-56 (estaca 1037) – Anexo 2. 17

Figura 6. Areniscas de grano medio a calizas tipo grainstone con desarrollo de concreciones calcáreas posiblemente diagenéticas. Estación L08-33 (estaca 1300) – Anexo 2. 17

Figura 7. Intercalaciones de capas medias de areniscas líticas de grano fino (A) y lodolitas finamente laminadas micáceas (B) (parasecuencias). Estación L08-73 (estaca 2204-2205) – Anexo 2. 18

Figura 8. Secuencia granocreciente conformada por areniscas conglomeráticas de grano grueso (A) y conglomerados con fragmentos hasta tamaño guijo (B). Estación L08-66 (estaca 1132) – Anexo 2. 18

Figura 9. Exposición de conglomerados matrizsoportados con fragmentos hasta tamaño canto subredondeados a redondeados de areniscas y lodolitas. Estación L08-68 (estaca 1144) – Anexo 2. 19

Figura 10. Exposición de conglomerados polimícticos matrizsoportados con fragmentos que alcanzan tamaño canto característicos de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L08-27 (estaca 3732-3733) – Anexo 2. 21

Figura 11. Detalle de fragmentos tamaño gránulo a guijarro subangulares a subredondeados conformados por areniscas, cherts y lodolitas. Estación L08-45 (estaca 1442) – Anexo 2. 21

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Figura 12. Intercalaciones de areniscas lodosas en contacto discordante (A) y lodolitas 22

arenosas finamente laminadas en contacto neto (B) con conglom erados polimícticos bien consolidados. Figura 12A- Estación L08-27 (estaca 3732-3733). Figura 12B-Estación L08-28. Anexo 2. 22

Figura 13. Intercalación de lodolitas (capas delgadas) y areniscas grises (capas medias), tabulares a lenticulares . Estación L08-40 (estaca 1479)-Anexo 2. 25

Figura 14. Capas muy delgadas lenticulares de areniscas intercaladas con lodolitas grises. Se observa además laminación ondulosa. EstaciónL08 - 42 (estaca 1472)-Anexo 2. 25

Figura 15. Intercalación de areniscas (color amarillo ocre) y lodolitas en capas delgadas y muy delgadas que indica el desaarrollo de parasecuencias. Estación L08 -44 (Estaca 1459)-Anexo 2 26

Figura 16. Secuencia conformada por areniscas conglomeráticas (base) y conglomerados polimícticos (techo) con fragmentos de cherts, lodolitas y granodioritas en afloramiento sobre quebrada. Estación L08-26 (estaca 3736-3637)-Anexo 2. 29

Figura 17. Conglomerados matrizsoportados poco consolidados con fragmentos de cuarzo lechoso, areniscas y dioritas en contacto neto con arcillolitas. Estación L08 -25 (estaca 3760-3761) – Anexo 2. 31

Figura 18. Arcillolitas no consolidadas con restos de madera y material carbonoso (base) en contacto neto con conglomerados matrizsoportados poco consolidados. Estación L08 -69 (estaca 1083) – Anexo 2. 31

Figura19. Arcillas masivas con tonos amarillentos y abundante material carbonoso. Estación L08-24 (estaca 3908) – Anexo 2. 33

Figura 20. Secuencia de arcillas (A) con restos de madera y conglomerados clastosoportados poco consolidados(B) . Estación L08 -69 (estaca 1083) – Anexo 2. 33

Figura 21. Afloramientos que muestran brechas relacionadas a zonas de plegamiento frágil en arenisca calcárea (A) y lodolitas (B) de la Formación Istmina. Estación L08 -56 (A) (estaca 1037) y Estación L08-57 (B) (estaca 1051) - Anexo 2. 38

Figura 22. Areniscas conglomeráticas que buzan al SE desarrollando sistemas de fracturas casi perpendiculares como evidencia de deformación frágil. Estación L08 -66 (Estaca 1132)-Anexo 2. 39

Figura 23. Intercalación de areniscas y lodolitas con foliación incipiente y desarrollo de micas en capas muy inclinadas en cercanías a falla inversa de alto ángulo. Estación L08 -73 (estaca 2204-2205)-Anexo 2. 41

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Figura 24. Areniscas líticas fracturadas en zona de brecha . Estación L08 -74 (estaca 2213)-41

Figura 25. Capas de calizas con ligero plegamiento en zona cercana a la falla del Río Pepe. Estación L08-50 (estaca 1530)-Anexo 2. 42

Figura 26. Lodolitas negras mostrando foliación incipiente. Estación L08 -22 (estaca 3925-3926)-Anexo 2). 43

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH -CHBN-2005-08 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento. 36

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo durante el proyecto sísmico CHOCÓ-2D 2005 a lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-08, la cual se presenta en dirección NW-SE. Estas observaciones se realizaron durante la etapa de perforación del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes, identificando sus relaciones temporales y estructurales, para definir un modelo geológico general.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por INGEOMINAS y la Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan. La información de INGEOMINAS corresponde a los mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 221 – Pizarro (2002), 222 – Sipí (2002) y 241 – Cucurrupí (2002).

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por la línea sísmica en un rango 500 metros a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas, en los cuales se realizaron "Estaciones de Campo", en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología formulada por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y demás observaciones pertinentes. Estos recorridos se realizan con mayor detalle hacia el área Oeste de la línea ANH-CHBN-2005-08, es decir desde el cruce de la línea con el río San Juan hacia el Oeste, ya que este sector muestra un mayor interés geológico debido a su complejidad estructural y presencia de estructuras de potencial interés petrolífero, a diferencia de la zona Este la cual presenta un ambiente geológico más uniforme.

Dado que la información obtenida en campo es de afloramientos muy puntuales y aislados, cabe destacar que los contactos entre las distintas unidades son inferidos teniendo en cuenta la identificación de un cambio litológico marcado y el modelo geológico regional. Así mismo es importante resaltar que debido a inconvenientes logísticos sucedidos en el momento que se estaba realizando el reconocimiento

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

geológico en campo, un segmento de 6 kms entre las estacas 1780 a 2010 no fue recorrido, por lo que la interpretación geológica de esta zona se basa en información de estudios anteriores y al uso de imágenes de satélite.

El informe es subdividido en cuatro segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de la línea, realizando comparaciones con la in formación presentada por INGEOMINAS y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo la localización de fallas y pliegues a lo largo de la línea; finalmente, se anexa el mapa geológico y el perfil geológico de la línea sísmica, descripción de estaciones de campo (incluyendo fotografías y descripción de muestras), listado de muestras de mano, y listado de muestras de pozo.

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-08.

La línea ANH-CHBN-2005-08, tiene una dirección N53^{0}W – S53^{0}E con un azimut de 126.03^0, empezando originalmente en la estaca 821 (E: 986706.02, N: 1039758.99), y terminando en la estaca 4356 (E: 1058152.32, N: 987743.39), para un total de 81.5 Km, aunque finalmente solo se registró desde la estaca 2182 hacia estacas mayores . Esta línea se localiza en el Sur del Departamento de Chocó, Colombia, abarcando zonas pertenecientes a los municipios de Bajo Baudó y Sipí y de NW a SE cruza en cercanías a los caseríos de Rancho Quemao, Puerto Piña, Doidó y Santa Rosa de Garrapatas. (Ver Figura 1).

Las principales vías de acceso corresponden a algunos ríos navegables, por lo que el acceso en helicóptero se hace muy importante en esta área del proyecto. El área presenta un amplia red hidrográfica, con ríos y quebradas que se convierten en aceptables vías de comunicación. Los principales ríos que cruzan la línea ANH-CHBN-2005-08 son: Río Usaragá (Estaca 1037), Río Misará (Estaca 1080), Río Sigrisua (Estaca 1285 y 1720), Río Docampadó (Estaca 2050), Río San Juan (Estaca 2650) y Río Garrapatas (Estaca 3750), así como la Quebrada Sorobiatá que sirve de acceso hacia la parte final de la línea hacia estacas mayores (Estaca 4215). Adicionalmente, dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

pendientes desde bajas a muy abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas.

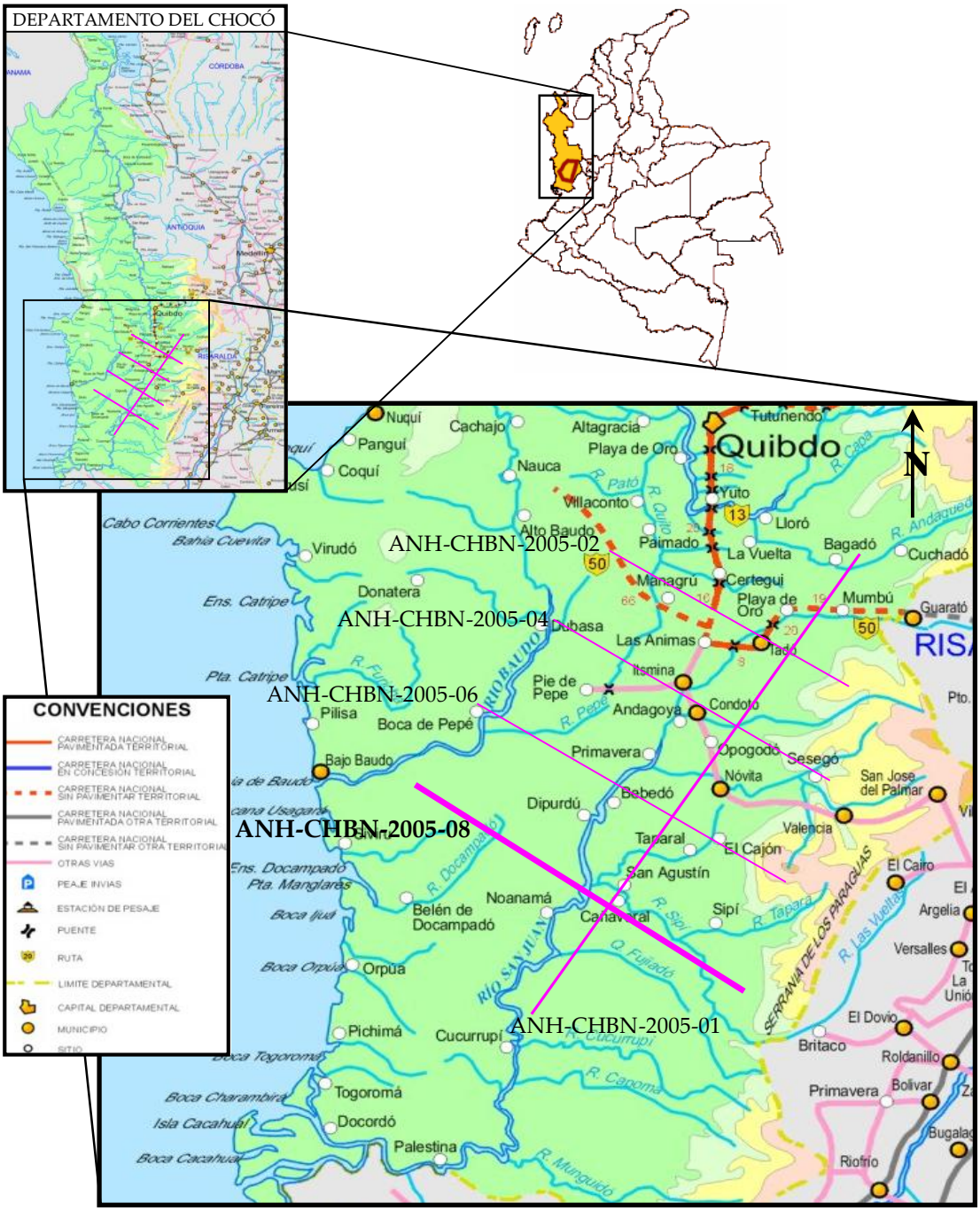


Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-08, con una dirección NW-SE, al Sur del departamento del Chocó, Colombia.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

El área presenta una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque súper húmedo tropical. El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan lluvias copiosas durante todo el día y principalmente en horas de la noche; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

Fisiográficamente, el área de recorrido de la línea ANH -CHBN-2005-08 se puede subdividir en 3 regiones principales de Este a Oeste: Piedemonte de la Cordillera Occidental, Valle de los ríos San Juan y Docampadó y zona montañosa del Bajo Baudó. En el piedemonte de la cordillera se presenta un cambio muy fuerte de relieve, pasando de un relieve ondulado de colinas a montañoso, con pendientes fuertes de mayor continuidad, y presentando alturas hasta de 600 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se encuentra hacia estacas mayores de la línea, al Este de la zona de inundación del río Garrapatas.

La zona de los Valles de los ríos San Juan, Docampadó y Garrapatas (Estacas 1901 a 3919) comprende las llanuras de inundación de estos tres ríos y zonas aledañas cuya geomorfología corresponde a un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes. La llanura aluvial del Río San Juan, está conformada por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 100 m sobre el nivel del mar; esta llanura se amplía considerablemente a medida que recibe afluentes de alto caudal como el Río Sipí y Garrapatas, los cuales a su vez presentan amplias llanuras de inundación.

Finalmente la zona montañosa del Bajo Baudó comprende la zona Oeste de la línea hasta la llanura de inundación del río Docampadó la cual se caracteriza por presentar un terreno quebrado con pendientes mayores de 45^0, gran cantidad de valles menores con fuertes escarpes y un rango de elevaciones desde 20 a 280 metros sobre el nivel del mar.

En general, se encuentran buenos afloramientos desde estacas menores hasta en cercanías al cruce de la línea con el río San Juan asociados principalmente a pequeños caños y quebradas mayores que disectan el terreno, y a esporádicos a continuos escarpes que se presentan en algunas colinas y montañas.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

1. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-08 se observan rocas sedimentarias del Neógeno y del Cretácico superior, estas últimas corresponden al basamento económico de la cuenca. Dada el área en que se ubica la línea, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH correspondiente a la cuenca del Valle del Río San Juan. De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de INGEOMINAS (Planchas 222 y 241). (Ver Figura 2).

1.1. Rocas Sedimentarias.

1.1.1. Formación Penderisco – Miembro Urrao (Kspu)

Constituye el basamento económico de la cuenca, aflorando en el piedemonte occidental de la Cordillera Occidental. Se observa hacia el extremo oriental de la línea, primero en un pequeño segmento desde la estaca 3818 a 3828 y luego a partir de la estaca 3917, en el costado oriental del valle del Río Garrapatas, hacia estacas mayores. La unidad está compuesta principalmente por lodolitas negras, que muestran incipiente foliación; localmente se encuentran areniscas tobáceas masivas. Se caracteriza por un relieve montañoso, con pendientes fuertes y continuas, con un rango de elevación entre 50 m en el valle del Río Garrapatas y 600 m.s.n.m. Las capas se presentan buzando hacia el SE.

Litología. Las lodolitas se presentan de color gris a negro, en capas plano-paralelas de 15 a 30 cm de espesor con laminación delgada y una incipiente foliación de tipo dinámico, marcada por una leve orientación de las micas, asi como algo de fracturamiento (Ver Figura 3 y 4, Estación L08-22, Estacas 3925 y 3926). Ocasionalmente se observan areniscas tobáceas muy alteradas, masivas ligeramente lodosas con presencia de micas y gránulos de protolito ígneo (Ver Estación L08-23-Anexo 2).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

EDAD			A.N.H.		INGEOMINAS		
			Cuenca del Río San Juan		Plancha 221 (Pizarro)	Plancha 203 (Itsmina) y 222 (Sipí)	Plancha 241 (Cucurrupí)
NEÓGENO	Plioceno		**Fm. Atrato**			Fm. Quibdó / Fm. Raposo	Fm. Raposo / Fm. Mayorquín
	Mioceno	Tardío	**Fm. Munguidó**			Fm. Sierra / Fm. Nóvita	Sedimentitas lodoso-arenosas
		Medio	**Gr. San Juan**	**Fm. Condoto**	Fm. Mayorquín	Fm. Condoto	Sedimentitas arcillo-lodosas
					Fm. Condoto		
				Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Conglomerados de la Mojarra	
		Temp.		**Fm. Istmina**		Fm. Istmina	Sedimentitas calcáreo-arenosas
PALEÓGENO	Oligoceno		**Fm. Sierra**		Fm. Itsmina		
	Eoceno	Tardío	**Fm. Iró**	**Miembro Superior**		Fm. Tadó	
		Medio		**Miembro Medio**			
		Temp.		**Miembro Inferior**			
	Paleoceno	Tardío					Fm. Río Piedras
CRETÁCEO TARDÍO PRE – CRETÁCEO			**Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañas Gordas**			Grupo Cañas Gordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)	Fm. Cisneros Grupo Diabásico

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-08, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 3. Afloramiento de lodolitas negras con estratificación plana contínua en capas medias sobre quebrada en cruce con la linea. (Estación L08-22-Anexo 2). Dirección de la foto 40^0.



Figura 4. Detalle textural de lodolitas negras mostrando ligera oxidación y desarrollo de micas. (Estación L08-22-Estaca 3925 y 3926 -Anexo 2). .

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Ambiente. El Miembro Urrao ha sido descrito como una secuencia de sedimentita tipo *flysch*, los cuales pueden interpretarse en términos de facies de turbiditas proximales (Plancha 222-Sipí). Según Alvarez (1983) en Plancha 222-Sipí el ambiente de sedimentación es marino y probablemente transicional entre las llanuras abisales y el talud continental.

Edad. A partir de algunos fósiles clasificados por Etayo et al. (1982) de rudistas (*Durania* sp.) y rodofitas del tipo *Archacolithothamniun* sp. se establece para esta unidad un intervalo de edad del Albiano – Maastrichtiano para los primeros tipos de fósiles y Campaniano – Maastrichtiano para los últimos.

Correlación. Esta unidad es correlacionable litológicamente con la Formación Lázaro de la Plancha 223- El Cairo y la Formación Río Piedras de la plancha 241 - Cucurrupí. Asi mismo cabe resaltar que en la plancha 203 -Itsmina esta unidad es descrita mostrando metamorfismo regional de bajo grado .

1.1.2. Grupo San Juan

Secuencia de edad Mioceno Temprano a Tardío conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. El Grupo San Juan fue depositado en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, con algunos períodos de ligera elevación del nivel del mar, marcado por el aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de algunos niveles de calizas principalmente hacia el tope de la unidad (Formación Condoto) La Formación Conglomerados de La Mojarra se comporta como un gran lente de material más grueso intercalado entre las formaciones Istmina y Condoto, las cuales presentan una litología similar, en ocasiones difícil de diferenciar. Cabe anotar que en el perfil geológico de la línea (Anexo 1) se mencionan unidades del Paleógeno como la Formación Sierra (Pgos) y Formación Iró (Pgpei), las cuales deben ir debajo de toda esta secuencia del Mioceno, pero cuya descripción no se hace en el informe por no aflorar en ningún segmento de la línea.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

1.1.2.1. Formación Istmina (Ngmi)

Esta unidad aflora en varios segmentos de la línea, hacia estacas mayores se infiere entre las estacas 3747 a 3818, aunque cubierta por depósitos aluviales del río Garrapatas. (Ver perfil geológico-Anexo 1). En esta área su contacto inferior se presenta discordante con la Formación Penderisco-Miembro Urrao (Kspu), y hacia el Oeste de la misma se encuentra en contacto discordante con la suprayaciente Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm). La Formación Istmina (Ngmi) también aflora en los segmentos comprendidos entre las estacas 2181 a 2314 y 1823 a 1899 como bloques levantados por fallas sintéticas y antitéticas, algunas de importancia regional, que interrumpen una secuencia monótona de la Formación Condoto (Ngmc). Así mismo esta unidad también aflora desde el comienzo de la línea (estaca 821) hasta la falla del Río Pepe (estaca 1429), donde se encuentra en contacto con la Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm). Ver Perfil geológico-Anexo 1.

Esta unidad se compone por una sucesión de areniscas lodosas y lodolitas arenosas grises, líticas en capas lenticulares, esporádicamente calcáreas y carbonosas. Ocasionalmente se observan areniscas conglomeráticas y conglomerados matrizsoportados.

Presenta un relieve ondulado, conformado por montañas y colinas de pendientes fuertes, un rango de elevación medio entre 100 y 200 m. s. n. m., y un máximo de 300 m hacia la estaca 1242. Desde estacas menores hasta la estaca 1423 se observan buenos afloramientos asociados a quebradas y caños con direcciones perpendiculares y paralelas a la línea sísmica. Los afloramientos encontrados hacia estacas menores son escasos, asociados a pequeñas quebradas y con mayor grado de meteorización.

Litología. Se encuentran buenas exposiciones de areniscas lodosas a lodolitas arenosas de color gris oscuro y grano fino a medio; composicionalmente corresponden a litoarenitas y sublitoarenitas con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, cuarzo y micas (Ver Figura 5- Estación L08-56). Ocasionalmente presentan matriz de lodo calcáreo, restos de hojas, material carbonoso, intercalaciones de capas medias de conglomerados y concreciones

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

calcáreas de 10 cm de diámetro (*wackstone*) (Ver figura 6- Estación L08-33- estaca 1300). Algunas de las lodolitas son calcáreas y pueden clasificarse como *mudstone*; en general presentan baja meteorización.

Las areniscas y lodolitas presentan una estratificación en capas tabulares delgadas a medias, con contactos netos, compactas, masivas a finamente laminadas (Figura 7, Estación L08-73, estaca 2204-2205), ocasionalmente se observan segmentos altamente bioturbados. Se encontraron lodolitas carbonosas al parecer con fracturas rellenas de petróleo seco? (Ver Estación L08-79, estaca 2268 -Anexo 2).

También se observan areniscas conglomeráticas lodosas a calcáreas con fragmentos de lodolitas y areniscas tamaño gránulo con fragmentos subangulares a subredondeados y conglomerados matrizsoportados con fragmentos hasta tamaño guijarro y matriz de arena media (Ver Figura 8, Estación L08-66 (estaca 1132) y Figura 9, Estación L08-68 (estaca 1144). Los clastos son principalmente líticos (areniscas, lodolitas, chert y calizas) redondeados a subangulares, en una matriz de arena lítica de grano grueso a medio. Los conglomerados son bien consolidados, con cemento silíceo y ocasionalmente calcáreo.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 5. Exposición sobre quebrada de capas medias y gruesas de areniscas lodosas líticas calcáreas de grano fino, con capas muy finas de lodolitas calcáreas (packstone). Estación L08-56 (estaca 1037) – Anexo 2.



Figura 6. Areniscas de grano medio a calizas tipo grainstone con desarrollo de concreciones calcáreas posiblemente diagenéticas . Estación L08-33 (estaca 1300) – Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

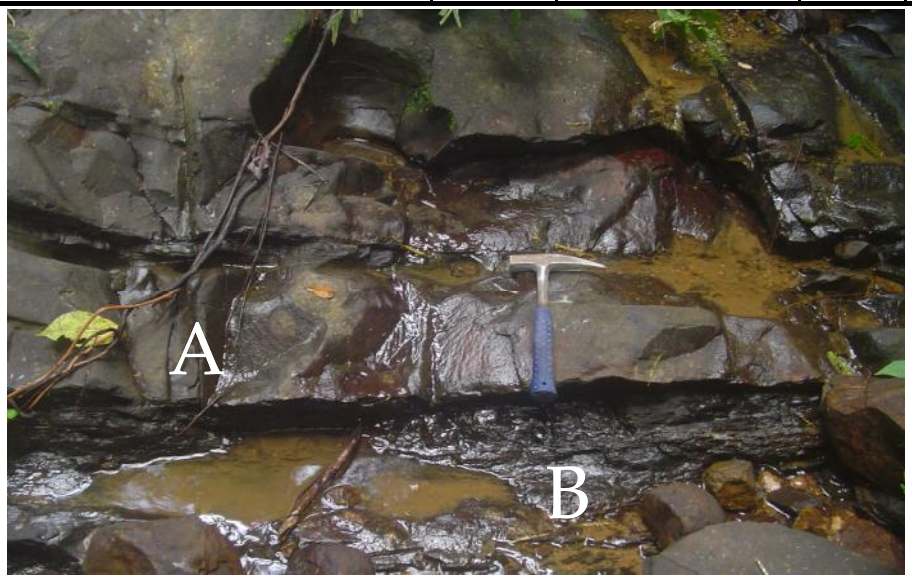


Figura 7. Intercalaciones de capas medias de areniscas líticas de grano fino (A) y lodolitas finamente laminadas micáceas (B) (parasecuencias). Estación L08-73 (estaca 2204-2205) – Anexo 2.

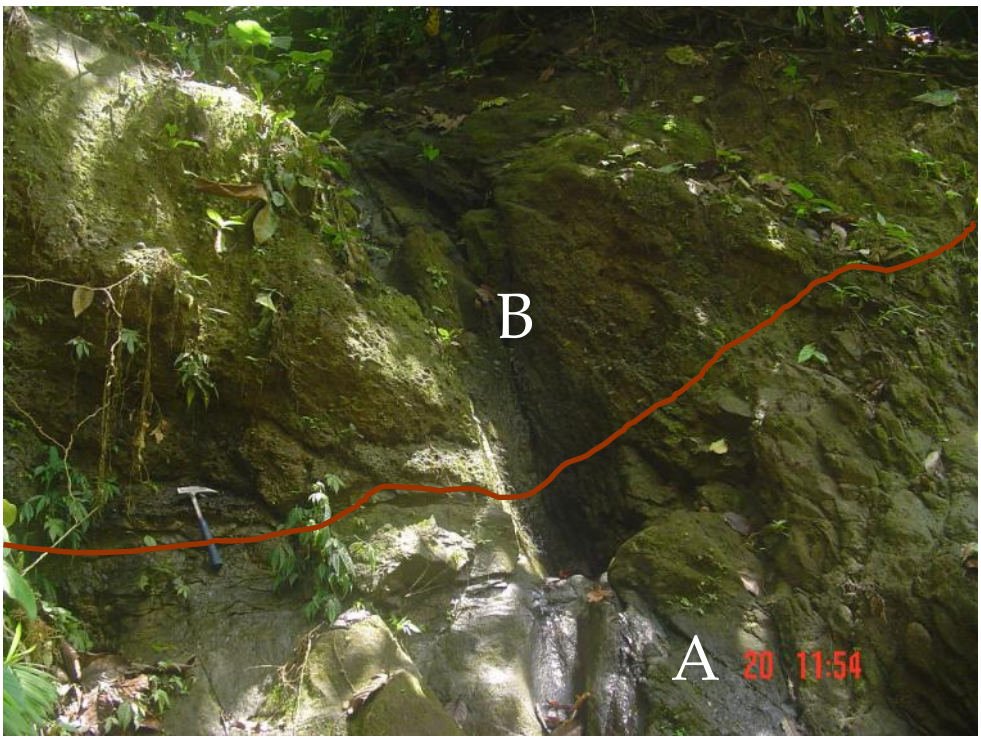


Figura 8. Secuencia granocreciente conformada por areniscas conglomeráticas de grano grueso (A) y conglomerados con fragmentos hasta tamaño guijo (B). Estación L08-66 (estaca 1132) – Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 9. Exposición de conglomerados matrizsoportados con fragmentos hasta tam año canto subredondeados a redondeados de areniscas y lodolitas . Estación L08-68 (estaca 1144) – Anexo 2.

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, así como por la presencia de fósiles y material calcáreo, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría, los fósiles de gasterópodos, la alta bioturbación, la aparición de material carbonoso y fósiles de hojas, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, (Peña, 1996) la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003 ; Duque-Caro, 1990 y Zapata, 2000 y 2001).

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

del Río Atrato (planchas 185, 203, 204 y 222 de Ingeominas). La litología descrita es similar en ambas unidades (Parra y Salazar, 1999, Plancha 185; Cossio, 2002 y 2003, Plancha 203; y Zapata, 2001, Plancha 204) y es correlacionable con la litología observada en campo. También es correlacionable con la unidad sedimentitas arcillo lodosas del Mioceno medio descrita en la Plancha 241-Cucurrupí de Montoya (2002).

1.1.2.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)

Sucesión de conglomerados polimícticos bien consolidados con algunas intercalaciones de lodolitas arenosas de grano fino a medio, areniscas de grano grueso y areniscas conglomeráticas que afloran en dos segmentos: hacia estacas mayores entre las estacas 3711 a 3747 en contacto discordante con las Formaciones Itsmina (infrayaciente) y Formación Condoto (suprayaciente), se presenta como un lente que se va profundizando y termina acuñandose hacia el Oeste. Hacia estacas menores se presenta como un bloque levantado asociado al sistema de fallas inversas del río Pepe entre las estacas 1430 a 1452, en este punto muestra contacto fallado con la Formación Condoto (Ngmc) hacia el Este y la Formación Istmina (Ngmi) hacia el Oeste. Esta unidad presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente fuerte, y un rango de elevación medio entre 100 a 250 m.s.n.m. Se presentan buenos afloramientos asociados a cortes profundos de quebradas y algunos observados sobre el río Garrapatas.

Litología. La unidad está conformada por una sucesión de gran espesor de conglomerados polimícticos matrizsoportados de color gris con tonos rojizos por oxidación, bien consolidados, con estratificación masiva indiferenciable, en ocasiones en capas tabulares medias a muy gruesas, con clastos de tamaño gránulos a guijarros subangulares a subredondeados de cherts, areniscas y lodolitas (Ver Figura 10- Estación L08-27-estaca 3732-3733) que flotan en una matriz arenosa de grano medio. (Ver Estaciones L08-27,28 y 45-Anexo 2) (Figura 11-. Estación 45-estaca 1442).
Se observan intercalaciones de lodolitas arenosas a areniscas lodosas grises líticas con abundante material carbonoso y restos de hojas, así como intercalaciones de areniscas líticas de grano medio a grueso a areniscas conglomeráticas de color ocre por oxidación, en capas tabulares a lenticulares medias a gruesas, en especial en

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

cercanías a los contactos con la Formación Condoto (Ngmc). (Ver Estaciones L08-26, 28 y 46-Anexo 2) (Ver Figura 12 (A) Estación L08-27 (estaca 3732-3733) y Figura 12 (B) Estación L08-28).



Figura 10. Exposición de conglomerados polimícticos matrizsoportados con fragmentos que alcanzan tamaño canto característicos de la Formación Conglomerados de La Mojarra . Estación L08-27 (estaca 3732-3733) – Anexo 2.



Figura 11. Detalle de fragmentos tamaño gránulo a guijarro subangulares a subredondeados conformados por areniscas, cherts y l odolitas. Estación L08-45 (estaca 1442) – Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 12. Intercalaciones de areniscas lodosas en contacto discordante (A) y lodolitas arenosas finamente laminadas en contacto neto (B) con conglomerados polimíctic os bien consolidados. Figura 12A- Estación L08-27 (estaca 3732-3733). Figura 12B-Estación L08-28. Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas en campo la Configuración de la Formación Conglomerados de La Mojarra indica un ambiente continental de alta energía, así como una cercanía al área de aporte de sedimentos, evidenciado por el tamaño y esfericidad de los clastos que la componen.

Así mismo, teniendo en cuenta la variedad composicional de los clastos, se puede deducir que el área fuente era de gran extensión, la cual fue disectada por ríos y quebradas de alta energía y pendiente fuerte, característicos de una región de piedemonte, permitiendo la depositación de grandes abanicos aluviales con continuidad lateral irregular en un área deprimida cercana a la costa.

Edad. De acuerdo con su posición estratigráfica entre la Formación Condoto y la Formación Istmina, a la Formación Conglomerados de La Mojarra se le ha asignado, una edad en el límite entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio (Cossio, 2003).

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con el límite entre las Formaciones Uva y Napipí de la cuenca del Río Atrato (*e.g.* Zapata, 2001), ya que en esta área no se presenta una unidad con esta litología. Dada la distribución puntual de esta formación, a manera de lente de continuidad irregular, se evidencia que esta unidad fue depositada en un depocentro local durante una época de levantamiento, mientras que en otras áreas se registra una discordancia (*i.e* Hiato NH 2, entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio, Duque -Caro, 1990 a, b, c).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

1.1.2.3. Formación Condoto (Ngmc)

Esta conformada por rocas sedimentarias de origen continental a marino que afloran extensamente sobre varios segmentos de la línea ANH-CHBN-2005-08. Hacia estacas mayores se presenta acuñándose y en contacto discordante inferior con la Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmc) y en contacto transicional superior con la Formación Munguidó (Ngmm). Hacia el Oeste del río San Juan aflora extensamente entre las estacas 2314-2433, 1899-2181 y 1452-1823 en contactos fallados con la Formación Itsmina, a excepción del contacto mas occidental el cual es con la Formación Conglomerados de L a Mojarra (Ngmcm) a través de la Falla de retrocabalgamiento asociada a la Falla inversa del Río Pepe.

Esta compuesta principalmente por intercalaciones de lodolitas finamente laminadas y areniscas de grano muy fino a medio grises formando parasecuencias que composicionalmente corresponden a litoarenitas y sublitoarenitas, hasta calizas que presentan restos de fósiles. Presenta un relieve ondulado, conformado por montañas y colinas con pendientes moderadas a fuertes, y un rango de elevación medio entre 30 y 200 m.s.n.m. Los mejores afloramientos se presentan asociados a pequeñas quebradas y caños.

Litología. Esta unidad esta conformada por areniscas lodosas, lodolitas arenosas, y algunas arcillolitas de color gris a negro, que composicionalmente corresponden a litoarenitas a sublitoarenitas hasta calizas tipo *wackstone* a *packstone*. Generalmente se presentan en intercalaciones de capas delgadas a medias tabulares (Ver Figura 13, Estación L08-40, estaca 1479) a lenticulares (Ver Figura 14, Estación L08-42, estaca 1472) de areniscas y lodolitas formando parasecuencias (Ver Figura 15, Estación L08-44, Estaca 1459), estas últimas generalmente finamente laminadas y con presencia de fragmentos de fósiles de conchas, gasterópodos, fora miníferos, restos de peces y ocasionalmente nódulos calcáreos. Las areniscas generalmente se presentan de grano muy fino a medio con matriz y cemento silíceo a calcáreo.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 13. Intercalación de lodolitas (capas delgadas) y areniscas grises (capas medias), tabulares a lenticulares . Estación L08-40 (estaca 1479)-Anexo 2.

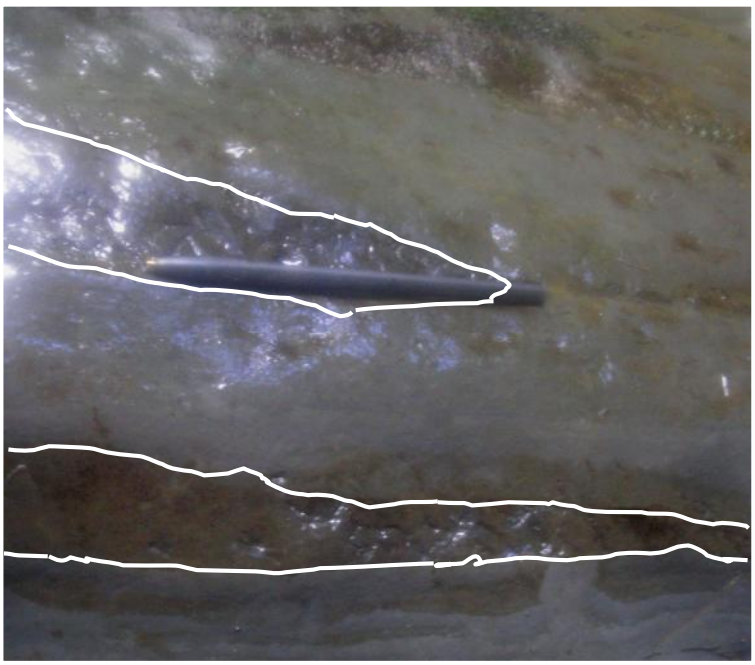


Figura 14. Capas muy delgadas lenticulares de areniscas intercaladas con lodolitas grises. Se observa además laminación ondulosa . EstaciónL08- 42 (estaca 1472)-Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 15. Intercalación de areniscas (color amarillo ocre) y lodolitas en ca pas delgadas y muy delgadas que indica el desaarrollo de parasecuencias. Estación L08-44 (Estaca 1459)- Anexo 2

Ambiente. La presencia de areniscas de grano fino a medio en capas tabulares y lodolitas formando parasecuencias, indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía, que evidencia un ligero cambio en el nivel del mar o también puede indicar el levantamiento progresivo pero lento del área de plataforma; representado también por la continuidad lateral y la presencia de estratificación y

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

laminación plana paralela. La presencia de material calcáreo indica también que las condiciones de sedimentación corresponden a un ambiente de baja energía.

Edad. A la Formación Condoto se le ha asignado una edad Mioceno Medio (Cossio, 2003), confirmando su ubicación estratigráfica entre la Formación Conglomerados de La Mojarra, de edad Mioceno Temprano tardío a Medio, y la Formación Munguidó de edad Mioceno Tardío.

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2003) en la Plancha 203 Istmina y por Zapata (2001) en la Plancha 204 Pueblo Rico, sin embargo, para esta unidad se presenta un mayor contenido de material calcáreo y una ausencia de niveles conglomeráticos, indicando un ambiente netamente marino (Duque-Caro, 1990 a, b, c), mientras que la Formación Condoto presenta un ambiente transicional posiblemente en el borde de la cuenca.

La Formación Condoto se encuentra al tope del Grupo San Juan, descansando sobre la Formación Conglomerados de La Mojarra, aunque debido a la falta de continuidad de esta última unidad, también se puede presentar un contacto inferior neto con la Formación Istmina, dificultando la diferenciación de estas unidades debido a su similar litología. El contacto con la suprayacente Formación Munguidó no se observa claramente en campo, pero puede ser discordante (correlacionándolo con el hiato NH3 de Duque-Caro, 1990 a, b, c) a transicional (como lo propone Cossio, 2003).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

1.1.3. Formación Munguidó (Ngmm)

La Formación Munguidó se encuentra aflorando hacia el Este del cruce de la línea con el río San Juan entre las estacas 2709 a 2802, extendiéndose hacia estacas mayores y acuñándose cerca al contacto con rocas cretácicas, así como cubierta discordantemente por la Formación Atrato (Ngpa). El contacto inferior no es observable en campo, pero se supone suprayaciendo la Formación Condoto.

Esta unidad esta constituida por intercalaciones de paquetes de lodolitas arenosas grises, areniscas lodosas grises amarillentas, areniscas conglomeráticas y conglomerados polimícticos matrizsoportados. Se caracteriza por presentar un relieve ligeramente ondulado de colinas suaves con elevaciones no mayores a 50 metros. Se presentan pocos afloramientos asociados a pequeñas quebradas y caños.

Litología. Las areniscas son de grano fino a medio, variando el contenido de matriz de lodo; tienen un color gris claro con tonos ocre y amarillentos por meteorización; presentan estratificación plana paralela continua a masiva por intensa bioturbación; se observan también areniscas conglomeráticas de grano medio con fragmentos tamaño gránulo subangulares a subredondeados.

Los conglomerados son polimícticos, matriz soportados, con clastos tamaño gránulo a guijo de: cuarzo y fragmentos líticos de: chert, areniscas, lodolitas y, granodioritas. La matriz es tamaño arena media de color gris claro y tonos amarillentos y rojizos por oxidación. Ocasionalmente se presentan láminas delgadas de carbón (Ver Figura 16, Estación L08-26 (estaca 3736-3637)– Anexo 2).

Esta unidad se presenta en capas delgadas a medias, con estratificación plano paralela, en secuencias granocrecientes donde varía el tamaño de los fragmentos líticos.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

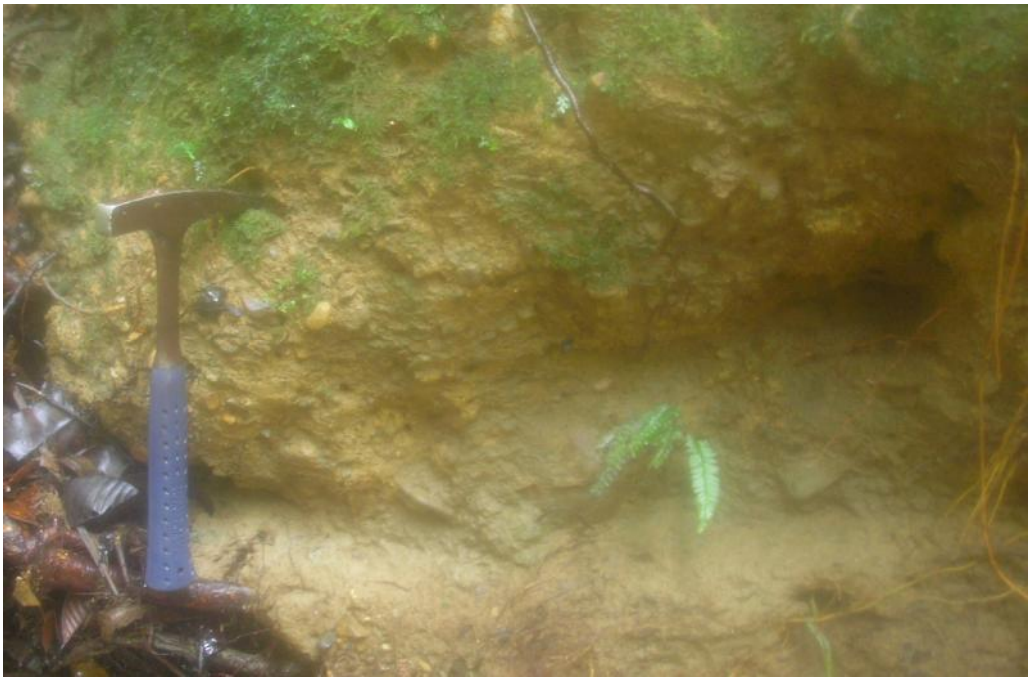


Figura 16. Secuencia conformada por areniscas con glomeráticas (base) y conglomerados polimícticos (techo) con fragmentos de cherts, lodolitas y granodioritas en afloramiento sobre quebrada. Estación L08-26 (estaca 3736-3637)-Anexo 2.

Ambiente. Estas rocas fueron depositadas en un ambiente de plataform a con variaciones del nivel del mar. Hacia la parte inferior – media (?) se presenta un ambiente de plataforma somera, de energía relativamente alta indicando períodos de erosión cerca de la costa evidenciado por la presencia de conglomerados y los fósiles de conchas. En el segmento superior (?) se puede evidenciar un ligero descenso en el nivel del mar, pasando a un ambiente más tranquilo cercano a la costa, deducido a partir de la presencia de fósiles de hojas en perfecto estado.

Edad. A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Tardío a Plioceno Temprano (Cossio, 2003), suprayaciendo las rocas de la Formación Condoto.

Correlaciones. Esta unidad se correlaciona temporalmente con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato en sentido de INGEOMINAS (Zapata, 2001, plancha 204; Cossio, 2003, plancha 203) la cual fue descrita por Hafner (1967, *en* Zapata 2001) en el Río Munguidó. Para la cuenca del San Juan, esta unidad se correlaciona

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

muy bien con la Formación Nóvita, propuesta por Cossio (2003) para la geología de la plancha 222 – Sipí. (Ver Figura 1).

En la plancha 241-Cucurrupí, hacia el extremo oriental de la línea ANH-CHBN-2005-08, Montoya (2000, 2002) propone la unidad "Sedimentitas lodoso -arenosas", la cual correlaciona con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato, y corresponde muy bien con la Formación Munguidó.

1.1.4. Formación Atrato (Ngpa)

Esta formada por sedimentos semiconsolidados que afloran en la línea ANH-CHBN-2005-08 en un amplio segmento hacia el Este del río San Juan entre las estacas 2802 a 3701. Geomorfológicamente se caracteriza por presentar se como un nivel de terraza, con topografía ondulada, ligeramente disectada, con pendientes bajas, alcanzando máximo los 100 metros de altura. Esta formación se presenta en afloramientos asociados a pequeñas quebradas y caños conformada por capas lenticulares casi horizontales y poco consolidadas (friables y deleznables) de conglomerados con intercalaciones de areniscas y arcillolitas.

Litología. Se presentan conglomerados polimícticos, de bajo grado de consolidación, masivos, clasto a matriz soportados, con matriz de arena media a gruesa color gris claro con tonos amarillentos y pardo -rojizos por meteorización. Los clastos son subangulares a rendeados, mal seleccionados, con tamaño predominante de gránulos a guijos, inclusive algunos cantos. La composición predominante de los clastos es chert, cuarzo lechoso, lodolitas, areniscas, ocasionalmente dioritas y granodioritas. (Ver Figura 17, Estación L08-25 (estaca 3760-3761) y Figura 18, Estación L08-69 (estaca 1083)). Localmente se alcanza a observar ligera orientación de los clastos hacia el SE.

Las arcillolitas son grises a pardo verdosas no consolidadas, localmente con niveles carbonosos y abundantes restos de madera y hojas. (Ver figura 18, Estación L08-69, estaca 1083).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 3. Conglomerados matrizsoportados poco consolidados con fragmentos de cuarzo lechoso, areniscas y dioritas en contacto neto con arcillolitas . Estación L08-25 (estaca 3760-3761) – Anexo 2.



Figura 4. Arcillolitas no consolidadas con restos de madera y material carbonoso (base) en contacto neto con conglomerados matrizsoportados poco consolidados. Estación L08-69 (estaca 1083) – Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Ambiente. La litología sugiere un ambiente continental fluvial. El predominio de conglomerados y areniscas de grano medio a conglomeráticas sugiere un ambiente fluvial de alta energía, con áreas de inundación que permiten la depositación de material más fino.

Edad. La edad de la Formación Atrato se ha asignado al Mioceno tardío – Plioceno (Cossio, 2003).

Correlaciones. La Formación Atrato se correlaciona con la Formación Quibdó de la Plancha 203 de Ingeominas (Cossio, 2003) y la Formación Raposo de las Planchas 222 (Cossio, 2003) y 241 (Montoya, 2000) (Ver Figura 2).

1.1.5. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt)

Durante el reconocimiento geológico a través de la línea sísmica, se observaron depósitos cuaternarios formando aluviones y llanuras de inundación asociados a los principales drenajes del área: entre las estacas 821 a 867 (Río Baudó), 917 a 977 (Río Misará), 1966 a 2013 (Río Docampadó), 2433 a 2709 (Río San Juan), 3629 a 3643, 3749 a 3818 y 3828 a 3917 (Río Garrapatas). Estos depósitos aluviales corresponden a 601 estacas, equivalentes a 15.0 km de la línea sísmica.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones no consolidadas de gravas, arenas y limos, a arcillas y conglomerados clastosoportados (Ver Figura 19, Estación L08-24 (estaca 3908) y 20- Estación 69-estaca 1083) con bajo nivel de consolidación y en general con abundante materia orgánica.

Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y forman áreas pantanosas o "chuquias", las cuales están conformadas por depósitos no compactados de material de grano fino, el cual también puede ser el resultado de la meteorización de las rocas infrayacentes.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura19. Arcillas masivas con tonos amarillentos y abundante material carbonoso . Estación L08-24 (estaca 3908) – Anexo 2.



Figura 20. Secuencia de arcillas (A) con restos de madera y conglomerados clastosoportados poco consolidados(B) . Estación L08-69 (estaca 1083) – Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional de la Cuenca del San Juan y del área que cruza la línea ANH-CHBN-2005-08 está enmarcado, de manera general, por la convergencia de las placas Nazca y Suramericana. La subducción de la Placa Nazca crea un prisma de acreción hacia el Occidente que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste. Estos abanicos imbricados pueden tener un componente de rumbo importante en dirección N a NE, como resultado de un posible proceso de subducción oblicua.

En el área de estudio de acuerdo con Barrero (1979), Nivia et al. (1997) y Nivia (1998) (*en* Montoya, 2000) la Cordillera Occidental se caracteriza por una tectónica compresiva regional con grandes cabalgamientos que afectan las rocas de edad cretácica y terciaria, así como grandes fallas de rumbo e inversas a todas las escalas; principalmente con dirección N-NE, N-NW y N-S.

La presencia de pliegues isoclinales y fallas inversas son consideradas por Barrero (1979) como la respuesta a los esfuerzos que sufrieron las rocas en el Cretácico y que les imprimieron una deformación frágil o dúctil producto de un fallamiento profundo a partir de una zona de despegue desarrollando algunas zonas cataclásticas o miloníticas en rocas de esta edad. De acuerdo a Barrero (1979) estas deformaciones son producto de las orogenias Calima y Andina, mientras que para Nivia (1998), estas rocas fueron afectadas por dos fases de deformación, la primera debido a la acreción progresiva por parte del PLOCO (Provincia Litosférica Oceánica de la Cordillera Occidental), seguido por los efectos compresivos a partir de la Orogenia Andina sobre impuestos a los de la deformación del basamento cretácico (Formación Penderisco-Miembro Urrao). Las rocas del Terciario inferior y medio (Grupo San Juan) fueron plegadas y tienen buzamientos moderados a altos, mientras que las rocas del Terciario Superior (Formaciones Munguidó y Atrato), se presentan subhorizontales a horizontales. Las principales fallas y zonas de falla se encuentran asociadas a la zona deformada de Itsmina, entre la Falla del Río Pepe y la Falla del San Juan (estacas 1430 a 2461).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

El área de la línea ANH-CHBN-2005-08 se divide en tres zonas con características estructurales diferentes: La *zona occidental*, comprende desde el comienzo de la línea (estaca 821) hasta la Falla del Río Pepe (Estaca 1 429); la *zona central (zona deformada de Istmina)*, desde la Falla del Río Pepe hasta la Falla del Río San Juan (Estaca 2461); y la *zona oriental*, desde la Falla del Río San Juan hasta el final de la línea hacia el piedemonte de la Cordillera Occidental. Para cada zona se describen los elementos estructurales identificados en campo. (Ver Anexo 1-Perfil geológico y Tabla 1).

Las zonas *occidental* y *central*, presentan un relieve muy quebrado, con colinas de pendientes moderadas a muy fuertes, alineadas con una tendencia NE -SW, en las que aflora todo el registro sedimentario del Grupo San Juan. La *zona oriental*, presenta una amplia zona de relieve suave con colinas de pendientes suaves a moderadas que se extiende hasta el piedemonte donde afloran las rocas del basamento y las unidades del Terciario Superior (Formaciones Munguidó y Atrato).

En el área occidental se observaron buenos afloramientos y en algunas zonas se pudieron tomar varios datos estructurales, lo que sirvió para una definición mas precisa de estructuras y contactos. En el área oriental dada la poca cantidad de buenos afloramientos, con datos estructurales confiables, las estructuras son definidas con apoyo en los perfiles topográficos a varias escalas, imágenes satelitales y la información presentada por INGEOMINAS (Cossio, 2002 y 2003)

2.1. Zona Occidental.

La *zona occidental* presenta una serie de pliegues largos y amplios asociados a fallas en profundidad, con posible vergencia al Este, y posiblemente influenciados por la acreción y levantamiento de la Serranía del Baudó; en ella afloran rocas de la Formación Istmina. La primera estructura que se presenta es el Anticlinal de Mísara (estaca 893), el cual es un anticlinal amplio, subvertical y asimétrico, con un flanco frontal oriental de alto ángulo (Cossio, 2003), que en el área muestra buzamientos promedios de 30^0. (Ver estaciones L08-52 a L08-69, Anexo 2), permitiendo aflorar la Formación Istmina y que en su núcleo se infiere la presencia de las Formaciones Sierra e Iró. (Ver Anexo 1-Perfil Geológico). Se observan zonas

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

de brecha asociados a la extensiva deformación dúctil de esta unidad (Ver Figura 21-Estaciones L08-56 (estaca 1037) y L08-57 (estacas 1051) y Figura 22, Estación L08- (estaca 1132).

ZONA ESTRUCTURAL		ESTACA	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Occidental	**Formación Istmina**	893	Anticlinal de Mísara
		1201	Sinclinal de Capiró
		1301	Anticlinal de La Trojita
Central ***"Zona Deformada de Istmina"***	**FormaciónConglomerados de La Mojarra**	1429	Falla del Río Pepe
		1461	Falla de retrocabalgamiento
	Formación Condoto	1721	Sinclinal
	Formación Istmina	1823	Falla inversa al SE
		1899	Falla de Docampadó
		2181	Falla inversa al SE
		2314	Falla inversa al NW
	Formación Condoto	2461	Falla del San Juan
Oriental	**Formación Munguidó y Formación Atrato**	2461-3818	Monoclinal
	Formación Penderisco (Miembro Urrao)	3818	Falla inversa al SE
		3917	Falla inversa al SE

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-08 observados en cada zona estructural y asociados a cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento.

Siguiendo hacia el SE, como sinclinal frontal se encuentra el Sinclinal de Capiró (estaca 1201), el cual es un sinclinal asimétrico, amplio, cuyo flanco occidental presenta ángulos cercanos a los 30^0, y en su flanco oriental muestra inclinaciones superiores a los 60^0. Contínua el anticlinal de la Trojita (estaca 1301) el cual es una estructura apretada, simétrica en su eje, con buzamientos promedios de 65^0 en su flanco occidental y de menor inclinación en su flanco oriental; en su núcleo presenta a las Formaciones Sierra e Iró.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

En general, la secuencia de las tres estructuras se podría explicar como una serie de pliegues por flexión de falla, la cual presenta un despegue profundo, con una rampa con una o varias flexiones anticlinales que forman el Anticlinal de Mísara, el Sinclinal frontal de Capiró y el Anticlinal de la Trojita, sin ser evidente una propagación hacia la superficie. (Ver Anexo 1 -Perfil geológico).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

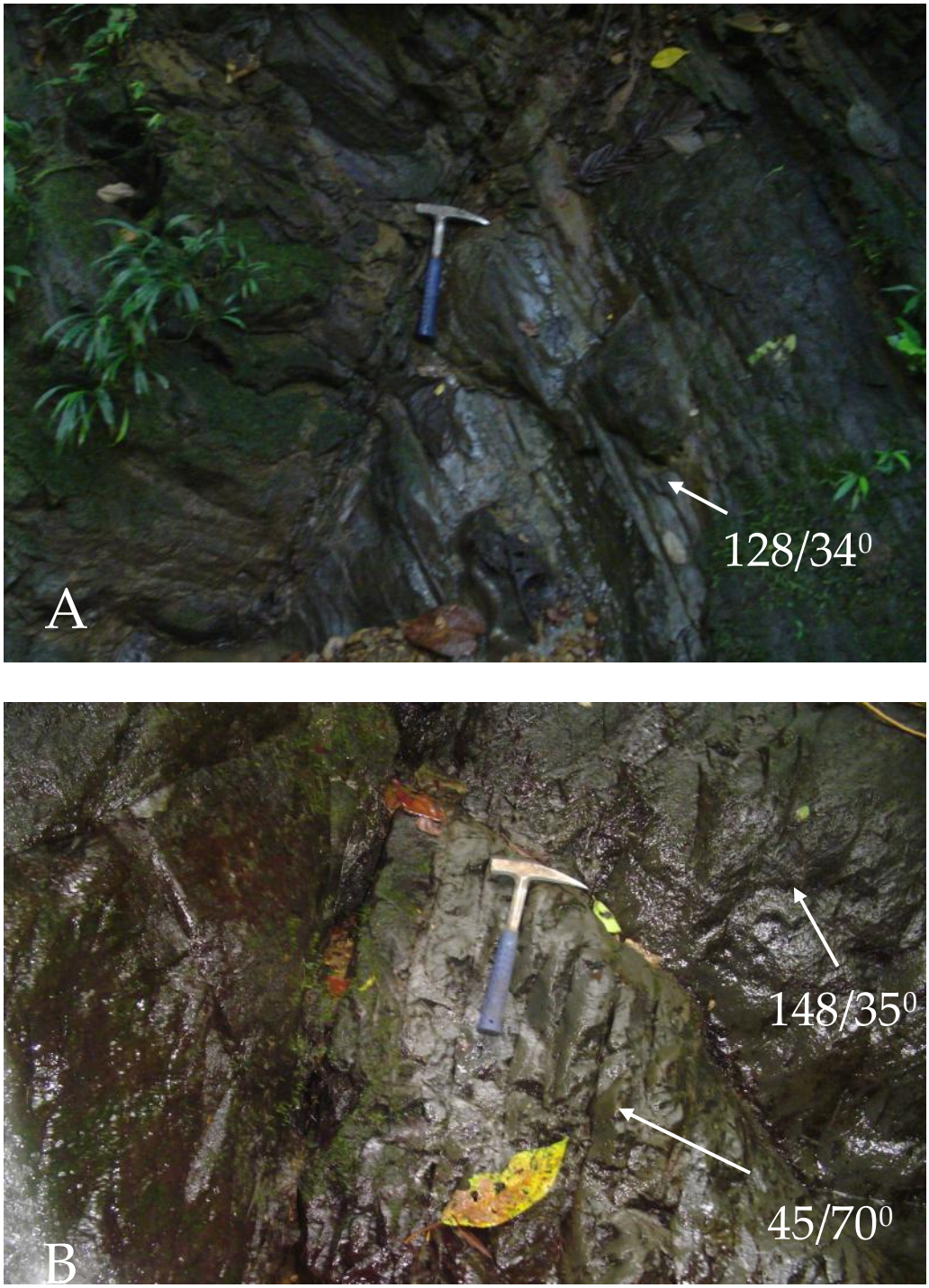


Figura 21. Afloramientos que muestran brechas relacionadas a z onas de plegamiento frágil en arenisca calcárea (A) y lodolitas (B) de la Formación Istmina. Estación L08-56 (A) (estaca 1037) y Estación L08-57 (B) (estaca 1051) - Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 22. Areniscas conglomeráticas que buzan al SE desarrollando sistemas de f racturas casi perpendiculares como evidencia de deformación frágil. Estación L08-66 (Estaca 1132)- Anexo 2.

2.2. Zona Central ("Zona Deformada de Istmina")

La *zona central*, corresponde a la llamada "Zona Deformada de Istmina" (Duque-Caro, 1990a, b, c), la cu al presenta pliegues cortos con vergencia al Oeste, apretados y fallados, con fuertes buzamientos y una dirección en promedio de N60E. Afecta principalmente a las rocas del Grupo San Juan, las cuales son levantadas y plegadas por fallas con vergencia Oeste.

Esta zona comienza con la Falla del Río Pepe (estaca 14 29), la cual corresponde a la falla del frente de cabalgamiento con vergencia al Oeste del piedemonte de la Cordillera Occidental, la cual presenta una falla de retrocabalgamiento asociada de tipo inverso (estaca 1461) a partir de una zona de despegue profunda, que permite el afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra como un bloque levantado por la acción de estas dos fallas y la pone en contacto con la Formación

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Istmina al Oeste y la Formación Condoto hacia el Este. Se observaron zonas de plegamiento dúctil en cercanías a esta falla (Ver figura 2 5, EstaciónL08-50, estaca 1530).

Como resultado del desplazamiento sobre la Falla del Río Pepe, la Formación Condoto es plegada en esta zona, formando una estructura sinclinal (estaca 1721) vertical, simétrica cuyo eje es apretado y los flancos presentan valores promedios de inclinación de 35^0. En esta zona donde la Formación Condoto aflora extensamente se presentan dos zonas de falla principales con cabalgamientos y retrocabalgamientos que presentan fallas sintéticas y antitéticas, a partir de la misma zona de despegue profundo y permite aflorar a la Formación Istmina en el área. La primera se observa a partir de la Falla de Docampadó (Estaca 1899), interpretada como un retrocabalgamiento de alto ángulo a partir de una falla inversa profunda con vergencia Oeste (estaca 1823). La segunda zona de falla se presenta con vergencia al Oeste, de alto ángulo y profundidad (estaca 2181) y un retrocabalgamiento a partir de la anterior falla (estaca 2314) con vergencia al Este, evidencias de esto son capas con buzamientos muy altos (Ver figura 2 3-Estación 73- estaca 2204-2205) y zonas de brecha de falla (Ver Figura 2 4, Estación L08-74, estaca 2213).

La zona central o zona deformada de Istmina termina con la Falla del San Juan la cual es una falla de cabalgamiento de tipo lístrico con despegue horizontal, rumbo N50E y buzamiento de 70^0 al SE (ECOPETROL et al (1988) en Plancha 222 -Sipí), esta falla (estaca 2461) se encuentra cubierta por depósitos recientes, pero sigue a profundidad formando una rampa que pliega el relleno sedimentario de la cuenca. (Ver Anexo 1 – Perfil Geológico).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 23. Intercalación de areniscas y lodol itas con foliación incipiente y desarrollo de micas en capas muy inclinadas en cercanías a falla inversa de alto ángulo. Estación L08-73 (estaca 2204-2205)-Anexo 2.



Figura 24. Areniscas líticas fracturadas en zona de brecha . Estación L08-74 (estaca 2213)-Anexo 2.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com



Figura 25. Capas de calizas con ligero plegamiento en zona cercana a la falla del Río Pepe . Estación L08-50 (estaca 1530)-Anexo 2.

2.3. Zona Oriental

La *zona oriental* tiene un amplio segmento inicial correspon diente a una depresión monoclinal con ligero buzamiento al NW de 33.92 Km (estacas 2461 a 3818). Donde afloran principalmente las unidades del Terciario Superior (Formaciones Munguidó, Atrato y depósitos cuaternarios aluviales) , aunque hacia el oriente se encuentran acuñándose también el resto de la secuencia Terciaria (Grupo San Juan), en contacto discordante con el basamento económico . Este segmento presenta una geomorfología plana a ligeramente ondulada, en la que no se identifican elementos estructural es.

A partir de la estaca 3818 hacia mayores (oriente), empieza el piedemonte de la Cordillera Occidental, el cual se identifica por un cambio abrupto en el relieve, pasando a un sector de colinas con pendientes moderadas a fuertes , pasando

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

inicialmente a un sector de colinas con pendientes moderadas a fuertes alcanzando los 100 m. s. n. m., en la que aflora la Formación Conglomerados de La Mojarra y posteriormente a un terreno montañoso, de alta pendiente, alcanzando los 600 m. s. n. m., en la que aflora el Basamento económico de la cuenca, que en este sector corresponde a la Formación Penderisco (Miembro Urrao).

El piedemonte de la Cordillera Occidental se ha interpretado como producto de fallas inversas de alto ángulo con vergencia al Oeste las cuales han levantado el basamento y las rocas depositadas sobre ellas. De esta manera, a profundidad se interpreta un gran monoclinal buzando al Occidente, en el que progresivamente va aumentando el espesor de las unidades a medida que se profundiza la cuenca.

Es posible que el frente del piedemonte de la Cordillera Occidental este formado por varias fallas de alto ángulo las cuales no hallan sido identificadas en campo. La única posible evidencia de falla fue observada en la Estación L08-22 (Ver Figura 26, estaca 3925-3926), en donde se presenta un afloramiento de lodolitas foliadas y fracturadas.

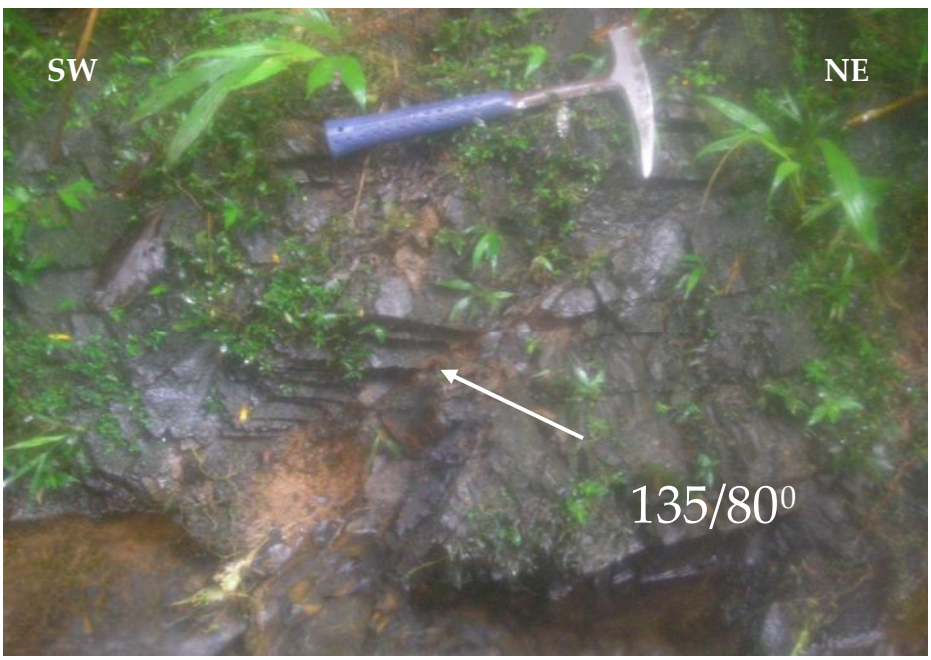


Figura 26. Lodolitas negras mostrando foliación incipiente . Estación L08-22 (estaca 3925-3926)-Anexo 2).

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, y los estudios geológicos realizados previamente en el área (e. g. Duque-Caro, 1990 a, b, c, Ingeominas, ANH), la línea sísmica ANH-CHBN-2005-08, pasa sobre un abanico imbricado con vergencia Noroeste que caracteriza el frente de cabalgamiento del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental colombiana.

- Al Occidente del abanico imbricado (a partir de la Falla del Río Pepe, hacia el Occidente), se observa un relleno sedimentario afectado por estructuras amplias, con buzamientos suaves y sin evidencia de fallas en superficie. La geometría interpretada de los pliegues sugiere el desplazamiento sobre fallas en profundidad con vergencia al Oeste. En ella aflora extensamente la Formación Istmina conformada principalmente por una sucesión de areniscas lodosas y lodolitas arenosas grises, líticas en capas lenticulares, esporádicamente calcáreas y carbonosas; ocasionalmente afloran areniscas conglomeráticas y conglomerados matrizsoportados.

- La Zona Central, corresponde a la *"Zona Deformada de Istmina"* (entre las fallas del Río Pepe y San Juan), se comporta como un abanico imbricado con vergencia Oeste, caracterizado por presentar pliegues relativamente cortos y apretados como resultado de fallas de cabalgamiento en profundidad con vergencia Oeste y retrocabalgamientos con vergencia Este, de fuertes buzamientos y una dirección predominante de N-NE. En esta zona aflora extensamente la Formación Condoto compuesta principalmente por intercalaciones de lodolitas finamente laminadas y areniscas de grano muy fino a medio grises formando parasecuencias que composicionalmente corresponden a litoarenitas y sublitoarenitas, hasta calizas que presentan restos de fósiles. Como bloques levantados aflora la Formación Conglomerados de La Mojarra conformada por una sucesión de conglomerados polimícticos bien consolidados con algunas intercalaciones de lodolitas arenosas de grano fino a medio, areniscas de grano grueso y areniscas conglomeráticas, asi como

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

también afloran las lodolitas arenosas o areniscas lodosas de la Formación Istmina

- La Zona Oriental (desde la Falla del San Juan al oriente) presenta una amplia área inicial correspondiente a depósitos del Terciario superior y recientes (Formaciones Munguidó, Atrato y depósitos cuaternarios) los cuales pueden cubrir estructuras en el subsuelo, sin embargo, se interpreta como un monoclinal con buzamiento suaves hacia el W, por lo cual se establece la existencia de un registro sedimentario continuo y completo.

- En el piedemonte de la Cordillera Occidental se interpretan fallas de alto ángulo que involucran el basamento económico de la cuenca. Sobre el basamento se deposita el relleno sedimentario de la cuenca, que a manera de cuñas sedimentarias se van engrosando hacia el Occidente. La Formación Conglomerados de La Mojarra se adelgaza a medida que se aleja del área fuente, mientras que las formaciones Istmina y Condoto se hacen más espesas debido a un ambiente de depositación gradualmente más marino.

- Es importante recalcar que dadas las condiciones geográficas del proyecto, el reconocimiento geológico de la línea ANH-CHBN-2005-08 se realizó a partir de afloramientos puntuales, obteniendo información confiable en la zona occidental y central; mientras en la zona oriental solo se encontraron afloramientos relativamente aislados a lo largo de la línea, lo cual impide desarrollar un levantamiento geológico de gran detalle, donde se puedan realizar mediciones aproximadas de los espesores de las unidades observadas. De esta manera, la interpretación de trazos de fallas y contactos de unidades fue apoyada en gran medida con el uso de imágenes satelitales, el perfil topográfico de la línea y los estudios elaborados previamente (e.g. INGEOMINAS, ANH)

- Se recomienda realizar análisis de datación bioestratigráfica para revalidar la información recogida en campo, principalmente entre aquellas unidades que presentan una gran similitud litológica, como entre las formaciones Istmina, Condoto y Munguidó. Asi mismo se sugiere completar el reconocimiento geológico del tramo faltante entre las estacas 1780 a 2010.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

REFERENCIAS

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero -Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero -Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Duque-Caro, H., 1990 a. Major Neogene events in Panamic South America. In Tsuchi, R. (Ed.), Pacific Neogene Events. Tokyo, Univ ersity of Tokyo Press, pp. 101 – 113.

- Duque-Caro, H. 1990 b. The Choco Block in the northw Estern corner of South America: Structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1, pp. 71 – 84.

- Duque-Caro, H. 1990 c. Neogene stratigraphy, paleocenography and paleobiogeography in the northwest South America and the evolution of the Panama seaway. Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, No. 77, pp. 203 – 234.

- Montoya, D. 2000. Geología de las planchas 240 Pichimá, 241 Cucurrupí, 259 Malaguita y 260 Aguas Claras. Departamentos de Chocó y Valle del Cauca . Escala 1:200.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 241 Cucurrupí. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Informació n Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Suárez, M. 1990. Estado actual del conocimiento geológico de la Provincia del Pacífico. ECOPETROL. Bogotá.

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

ANEXOS

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

ANEXO 1

1. Mapa geológico

2. Corte geológico

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

ANEXO 2

1. **Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-08.**

2. **Listado de muestras de pozo de la Línea ANH-CHBN-2005-08.**

3. **Formatos de "Estaciones de campo"**

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Tabla 1. Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-08.

ESTACIÓN	ESTACA Y/O COORDENADAS	MUESTRA ^	DATO ESTRUCTURAL	FORMACIÓN	TIPO DE ROCA ^	PROPÓSITO*
L08-01	1733.5		355/45	Formación Condoto		
L08-02	1736.5			Formación Condoto		
L08-03	1741.5	L08-03	350/50	Formación Condoto	Litoarenita lodosa calcárea	PP, B
L08-04	1744	L08-04	315/35	Formación Condoto	Lodolitas y calizas (packstone)	PP, B
L08-05	1749.5		310/35	Formación Condoto		
L08-06	1765			Formación Condoto		
L08-07	1768	L08-07	315/45	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
L08-08	1770			Formación Condoto		
L08-09	1779	L08-09		Formación Condoto	Caliza (wackstone – packstone)	PP, B
L08-10	1711		100/35	Formación Condoto		
L08-11	1698	L08 -11	140/45	Formación Condoto	Lodolita ligeramente calcárea	PP, B
L08-12	1691			Formación Condoto		
L08-13	1686			Formación Condoto		
L08-14	1680	L08-14		Formación Condoto	Litoarenitas y caliza (wackstone)	PP, B
L08-15	1677.5			Formación Condoto		
L08-16	1673.5	L08-16	140/35, 135/15	Formación Condoto	Arenisca lodosa (litoarenita)	PP, B
L08-17	1670			Formación Condoto		
L08-18	1668		185/10	Formación Condoto		
L08-19	1661		200/5	Formación Condoto		
L08-20	1653	L08-20	125/15	Formación Condoto	Litoarenita calcárea fosilífera (caliza - wackestone?)	PP, B
L08-21	1638		130/25 ?	Formación Condoto		
L08-22	3925-26	L08-22 A	135/80, 140/65, 2/45, 275/65, 33/45	Formación Penderisco, Miembro Urrao	Lodolita foliada	PP, B
		L08-22 B			Lodolita foliada	PP, B
L08-23	3919	L08-23 A		Formación Penderisco, Miembro Urrao	Arenisca lodosa tobácea	PP, B
		L08-23 B			Arenisca lodosa tobácea	
L08-24	3908			Cuaternario Aluvial (Formación Atrato?)		
L08-25	3760-61		121/18, 126/15, 116/4	Cuaternario Aluvial (Formación Atrato?)		
L08-26	3736-37	L08-26 A	281/16	Formación Conglomerados de La Mojarra	Arenisca lodosa	PP, B
		L08-26 B			Arenisca lodosa conglomerática	
L08-27	3732-33		305/38, 300/30, 257/46	Formación Conglomerados de La Mojarra		
L08-28	N: 04* 33' 43.9'' W: 076* 39' 45.5''	L08-28 A	346/10, 10/5	Formación Conglomerados de La Mojarra	Lodolita arenosa fosilífera	PP, B
		L08-28 B			Arenisca lodosa fosilífera	
L08-29	1289	L08-29 A	347/53, 349/63, 353/63, 340/70	Formación Istmina	Arenisca (Litoarenita)	PP, B
		L08-29 B			Caliza (mudstone)	
L08-30	1283	L08-30	344/60	Formación Istmina	Arenisca lodosa (Litoarenita)	PP, B

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

ESTACIÓN	ESTACA Y/O COORDENADAS	MUESTRA ^	DATO ESTRUCTURAL	FORMACIÓN	TIPO DE ROCA ^	PROPÓSITO*
L08-31	1277-76		349/70, 347/65	Formación Istmina		
L08-32	1268	L08-32	330/60	Formación Istmina	Litoarenita lodosa calcárea	PP, B
L08-33	N: 04* 53' 31.2'' W: 077* 06' 36.3''	L08-33	146/20, 115/15, 55/11, 45/10, 74/23	Formación Istmina	Concreción calcárea	PP, B
L08-34	1322	L08-34	106/43, 120/15?	Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-35	1351.5		118/35, 118/30, 120/35	Formación Istmina		
L08-36	1353	L08-36	121/37, 124/16	Formación Istmina	Caliza (Packstone)	PP, B
L08-37	1359		55/35, 65/25, 55/30	Formación Istmina		
L08-38	1366		140/26, 135/40	Formación Istmina		
L08-39	1370	L08-39	150/40	Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-40	1479	L08-40	144/38	Formación Condoto	Litoarenita	PP, B
L08-41	1473	L08-41	136/40	Formación Condoto	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-42	1472		142/39, 148/39	Formación Condoto		
L08-43	1469		134/35	Formación Condoto		
L08-44	1459	L08-44 A	134/40	Formación Condoto	Litoarenita lodosa	PP, B
		L08-44 B			Caliza (packstone)	
L08-45	1442		140/43, 150/42, 145/41	Formación Conglomerados de La Mojarra		
L08-46	1438	L08-46 A	135/53	Formación Conglomerados de La Mojarra	Litoarenita lodosa conglomerática	PP, B
		L08-46 B			Litoarenita	
L08-47	1432.5			Formación Conglomerados de La Mojarra		
L08-48	1482-83		137/40	Formación Condoto		
L08-49	1529	L08-49	126/22, 136/5	Formación Condoto	Litoarenita calcárea	PP, B
L08-50	1530	L08-50	120/15, 131/27, 135/33	Formación Condoto	Caliza (packstone)	PP, B
L08-51	1494	L08-51	135/30	Formación Condoto	Lodolita arenosa fosilífera	PP, B
L08-52	1072	L08-52 A	174/31, 182/31	Formación Istmina	Arenisca conglomerática calcárea	PP, B
		L08-52 B			Litoarenita calcárea	PP, B
		L08-52 C			Litoarenita calcárea	PP, B
L08-53	1071-72	L08-53	188/24, 170/30, 147/31	Formación Istmina	Litoarenita calcárea	PP, B
L08-54	1000	L08-54	180/36, 160/36	Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-55	997			Formación Istmina		
L08-56	1037	L08-56	128/34, 133/34, 158/32	Formación Istmina	Litoarenita lodosa calcárea	PP, B
L08-57	1051	L08-57	148/35, 156/42, 45/70 F?	Formación Istmina	Lodolita arenosa	PP, B
L08-58	1055			Formación Istmina		
L08-59	1072		145/35	Formación Istmina		
L08-60	1091		138/13, 155/13	Formación Istmina		
L08-61	1099		170/28, 154/28	Formación Istmina		
L08-62	1104			Formación Istmina		
L08-63	1108		170/26	Formación Istmina		
L08-64	1115	L08-64	126/21, 115/21	Formación Istmina	Litoarenita lodosa calcárea	PP, B

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

ESTACIÓN	ESTACA Y/O COORDENADAS	MUESTRA ^	DATO ESTRUCTURAL	FORMACIÓN	TIPO DE ROCA ^	PROPÓSITO*
L08-65	1124	L08-65	140/26, 136/26, 137/34	Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-66	1132	L08-66 A	108/25, 110/25	Formación Istmina	Conglomerado polimictico	PP
		L08-66 B			Litoarenita lodosa conglomerática	
L08-67	1141-42			Formación Istmina		
L08-68	1144	L08-68	138/26	Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-69	1083			Depósitos recientes		
L08-70	2079	L08-70 A		Formación Condoto	Litoarenita lodosa	PP, B
		L08-70 B			Lodolita arenosa	
L08-71	2180	L08-71		Formación Condoto	Lodolita arenosa	PP, B
L08-72	2191	L08-72		Formación Condoto	Litoarenita	PP
L08-73	2204-05	L08-73	5/67, 356/67	Formación Condoto	Litoarenita	PP, B
L08-74	2213			Formación Condoto		
L08-75	2020			Formación Condoto		
L08-76	2352			Formación Condoto		
L08-77	2290	L08-77		Formación Istmina	Litoarenita lodosa	PP, B
L08-78	2283	L08-78	332/15	Formación Istmina	Lodolita arenosa	PP, B
L08-79	2268	L08-79 A	77/75, 220/66, 235/66	Formación Istmina	Lodolita carbonosa con petróleo?	PP, B, G
		L08-79 B			Caliza (wackstone)	

*(PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica) (54 muestras)

This document was created using SOLID CONVERTER PDF. To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

Tabla 2. Listado de muestras de pozo recuperadas de la Línea ANH-CHBN-2005-08

MUESTRA	SP	UNIDAD
1	941,5	Formación Istmina
2	1441,5	Formación Conglomerados de La Mojarra
3	2481,5	Cuaternario Aluvial
4	2561,5	Cuaternario Aluvial
5	2721,5	Formación Munguidó
6	3001,5	Formación Atrato
7	3041,5	Formación Atrato
8	3122,5	Formación Atrato
9	3401,5	Formación Atrato
10	3522,5	Formación Atrato
11	3601,5	Formación Atrato
12	3921,5	Formación Penderisco – Miembro Urrao
13	4282,5	Formación Penderisco – Miembro Urrao
14	4322,5	Formación Penderisco – Miembro Urrao

This document was created using SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at www.SolidPDF.com

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-01

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D

INFORME DEL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-01

PROGRAMA SÍSMICO CHOCÓ – 2D 2005

BGP INC. SUCURSAL COLOMBIA

ELABORADO POR:

ESTUDIOS AMBIENTALES Y GEOFÍSICOS (E. S. A. G.)

Geólogos: Pedro A. Galindo A.
Alejandro Patiño
Jair Sarmiento
Francisco J. Parra
Camilo Dávila
Ariel Barrera

Jefe de Departamento: Rafael López

Octubre de 2006

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....9
INTRODUCCIÓN.....9
1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-01. 11
2. ESTRATIGRAFÍA 16
2.1. Rocas ígneas. 16
2.1.1. Batolito de Mandé (Pgem) 16
2.1.2. Complejo Ultramáfico Zonado de Alto Condoto (Nguc) 19
2.2. Rocas Sedimentarias. 20
2.2.1. Formación Iró (Ngpei).....20
2.2.2. Formación Sierra (Pgos) 24
2.2.3. Grupo San Juan 28
2.2.4. Formación Munguidó (Ngmm) 40
2.2.5. Formación Atrato (Ngpa) 45
2.2.6. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt) 48
3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 50
3.1. Zona Sur. 51
3.2. Zona Norte ("Zona Deformada de Istmina") 53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....62
REFERENCIAS.....65

ANEXOS

ANEXO 1

1. Mapa geológico
2. Corte geológico

ANEXO 2

1. Listado de Estaciones y muestras de campo.
2. Formatos de "Estaciones de Campo"
3. Listado de muestras de pozo.

Listado de Figuras y Tablas

Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-01, a lo largo de la cuenca del Río San Juan, con una dirección SW-NE, al Sur del departamento del Chocó, Colombia. 14

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-01, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS. 17

Figura 3. Afloramiento sobre el Río Andágueda (Estaca 5652, Estación L01-12, Anexo 2) donde se observan las rocas fracturadas del Batolito de Mandé. 18

Figura 4. Dioritas del Batolito de Mandé. Estaca 5652, Estación L01-12, Anexo 2. 18

Figura 5. Rocas intrusivas de composición máfica a intermedia, aflorando sobre la Quebrada Jóbaro. Estación L01-17, Anexo 2. 19

Figura 6. Calizas *(packstone)* de la Formación Iró en capas delgadas a medias, muy fracturadas con relleno de calcita. Afloramiento sobre el Río Iró. Estación L01-59 21

Figura 7. Afloramiento de la Formación Iró (Estación L01-52 – Anexo 2) Intercalaciones en capas delgadas a medias de cherts diagenéticos y lodolitas calcáreas *(mudstone)*. 21

Figura 8. Afloramiento de la Formación Iró sobre el Río Iró en cercanías al caserío Santa Rita. Intercalación en capas delgadas de lodolitas y areniscas calcáreas *(mudstone – packestone?)*. Estación L01-63 – Anexo 2. 22

Figura 9. Cuerpos intrusivos de composición diorita – granodiorita, dentro de la Formación Iró. Estación L01-23 – Anexo 2. 22

Figura 10. Silos de composición granodiorítica dentro de la Formación Iró, con desarrollo de foliación y posibles estrías de falla. Estación L01-28 – Anexo 2.....23

Figura 11. Intercalación de conglomerados y areniscas, hacia la base (?) de la Formación Sierra, el segmento central de la línea ANH-CHBN-2005-01. Estación L01-39 – Anexo 2. 25

Figura 12. Intercalación de lodolitas calcáreas *(mudstone - wackestone)* y silíceas de la Formación Sierra, en el segmento Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01. Estación L01-10 – Anexo 2. 26

Figura 13. Intercalación de lodolitas y areniscas de grano fino a grueso, con presencia de lentes de conglomerados polimícticos de gránulos a guijos. Estación L01-78 – Anexo 2. 30

Figura 14. Detalle de la intercalación de areniscas de grano medio y lodolitas en capas delgadas, masivas a laminadas, con contactos netos. Estación L01-78 – Anexo 2. 30

Figura 15. Concreciones calcáreas en la Formación Istmina. Estación L01-132 – Anexo 2. 31

Figura 16. Areniscas lodosas grises con abundante material carbonoso, llegando a capas lenticulares de hasta 5 cm de espesor. Estación L01-132 – Anexo 2. 31

Figura 17. Contacto erosivo entre conglomerados de gránulos clastosoportados y areniscas lodosas grises con tonos ocres por oxidación. Estación L01-130 – Anexo 2. 32

Figura 18. Conglomerados polimícticos, de gránulos a cantos subangulares a subredondeados, pertenecientes a la Formación Istmina. Estación L01-78 – Anexo 2. 32

Figura 19. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-103 – Anexo 2.....34

Figura 20. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra sobre el Río Condoto. Estación L01-84 – Anexo 2. 34

Figura 21. Intercalación de lodolitas arenosas grises, y lentes de areniscas dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-84 – Anexo 2.....35

Figura 22. Afloramiento de la Formación Condoto en la llegada del Río Fujiadó al Río San Juan, Estación L01-99 – Anexo 2. 36

Figura 23. Afloramiento de la Formación Condoto sobre el Río Condoto; en la base conglomerados de guijos, suprayacidos por una intercalación de areniscas y lodolitas en capas medias a gruesas. Estación L01-88 – Anexo 2. 38

Figura 24. Areniscas lodosas grises de la Formación Condoto, en capas delgadas, con laminación fina, plano paralela, aflorando sobre el Río Tamaná. Estación L01-109 – Anexo 2. 38

Figura 25. Fósiles de plantas observados en areniscas lodosas grises de la Formación Condoto. Estación L01-87 – Anexo 2. 39

Figura 26. Capa lenticular delgada de conglomerado de gránulos intercalado entre lodolitas grises, con meteorización de tonos rojizos. Estación L01-86 – Anexo 2. ..39

Figura 27. Afloramiento de la Formación Munguidó sobre el Río Fujiado; intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas en capas delgadas. Estación L01-100 A – Anexo 2. 42

Figura 28. Intercalación de areniscas lodosas, lodolitas arenosas y areniscas lodosas conglomeráticas, en capas muy delgadas a láminas gruesas. Estación L01-100 A 42

Figura 29. Areniscas de grano muy grueso a conglomerados de gránulos en capas delgadas, con desarrollo de estratificación cruzada. Estación L01-97 – Anexo 2....43

Figura 30. Conglomerados polimícticos de guijos, granodecrecimiento a gránulos y areniscas conglomeráticas, con lentes de areniscas lodosas. Estación L01-100 B – Anexo 2. 43

Figura 31. Areniscas altamente bioturbadas en la Formación Munguidó. Estación L01-138 – Anexo 2. 44

Figura 32. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato, con intercalación de un tronco ligeramente carbonizado. Estación L01-93 – Anexo 2. 46

Figura 33. Intercalación de areniscas conglomeráticas con tonos grisáceos y pardos amarillentos. Estación L01-93 – Anexo 2. 46

Figura 34. Areniscas conglomeráticas de color rojo ladrillo con tonos amarillentos. Estación L01-93 – Anexo 2. 47

Figura 35. Barra de punta en un meandro sobre el Río Condoto, en donde se depositan sedimentos gruesos como cantos y guijos. 48

Figura 36. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación del Río Tamaná. 49

Figura 37. Posible falla con vergencia al NNW, dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-106 – Anexo 29 52

Figura 38. Replegamientos amplios a escala de afloramiento presentes en la Formación Condoto, con un buzamiento regional hacia el S. Estación L01-109 – Anexo 2. 53

Figura 39. Sinclinal asociado a una falla en profundidad con vergencia al S, con el flanco trasero (frontal de una anticlinal) de alto ángulo (Figura 7). Estación L01-52 – Anexo 2. 54

Figura 40. Replegamientos menores observados en la Formación Iró, sobre el Río Chato, al Sur del Volante 22, en cercanías al cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02. 55

Figura 41. Foliación y posibles estrías de falla, presentes en silos de composición granodiorítica dentro de la Formación Iró. Estación L01-28 – Anexo 2. 57

Figura 42. Falla de rumbo principal, evidenciando la falta de continuidad lateral entre los dos bloques, y fracturamiento incipiente. Estación L01-78 – Anexo 2. 57

Figura 43. Plano de falla principal, con una separación de 5 a 10 cm entre bloques, y un espesor de brecha de falla de aproximadamente 40 cm. Estación L01-78 – Anexo 2. 58

Figura 44. Fallas sintéticas y antitéticas asociadas al desplazamiento principal, perpendiculares a la estratificación. Ver detalle en la Figura 45. Estación L01-78 – Anexo 2. 58

Figura 45. Fallas menores con desplazamientos relativos normales e inversos a pequeña escala, característicos de las fallas de rumbo. Estación L01-78 – Anexo 2. 59

Figura 46. Lodolitas calcáreas *(mudstone)* de la Formación Sierra, presentando alto fracturamiento y replegamientos menores. Estación L01-10 – Anexo 2.. 59

Figura 47. Tres familias de diaclasas y observadas sobre dioritas del Batolito de Mandé que afloran sobre el río Andágueda. Estación L01-12 – Anexo 2 (Estaca 5652). 60

Figura 48. Familias de diaclasas y fracturamiento presente sobre las rocas intrusivas del Batolito de Mandé. Estación L01-12 – Anexo 2....61

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-01 observados en cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento.....51

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado de las observaciones geológicas realizadas en campo durante el proyecto sísmico CHOCÓ-2D 2005 a lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-01, la cual corresponde a la línea más larga del proyecto de adquisición sísmica, cortando en dirección SE-NW las líneas ANH-CHBN-2005-02, 04, 06 y 08.

Estas observaciones se realizaron durante la etapa de perforación del proyecto, con el objetivo de identificar las diferentes unidades litoestratigráficas presentes a lo largo de la línea, identificando sus relaciones temporales y estructurales, para definir un modelo geológico general.

Para la identificación y definición de las unidades estratigráficas en campo, se utilizó como base la información obtenida previamente por INGEOMINAS y la Columna Estratigráfica Generalizada utilizada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para la cuenca sedimentaria del Río San Juan.

La información de INGEOMINAS corresponde a los mapas geológicos, a escala 1:100.000, con sus respectivas memorias, de las planchas 185 – Bagadó (1999), 204 – Pueblo Rico (1999), 203 – Istmina (2002), 222 – Sipí (2002) y 241 – Cucurrupí (2002).

La metodología del trabajo en campo consiste en realizar recorridos a pie por la línea sísmica, y en un rango 500 metros a cada lado de la misma, buscando afloramientos de roca. Los principales afloramientos se encuentran asociados a quebradas, en los cuales se realizaron "Estaciones de Campo", en donde se describe el afloramiento siguiendo la metodología formulada por la ANH; para la mayoría de los afloramientos se toman fotografías, muestras, datos estructurales, y demás observaciones pertinentes. Estos recorridos se realizan con mayor detalle hacia el área Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, ya que este sector presenta un mayor interés geológico debido a su complejidad estructural y la variedad de unidades litológicas, a diferencia de la zona Sur la cual presenta un ambiente geológico más uniforme.

Dado que la información obtenida en campo es de afloramientos muy puntuales y aislados, cabe destacar que los contactos entre las distintas unidades son inferidos teniendo en cuenta la identificación de un cambio litológico marcado y el modelo geológico regional.

El informe es subdividido en cuatro segmentos: Inicialmente se describen las generalidades de la línea sísmica, incluyendo localización y vías de acceso; posteriormente se describen las unidades estratigráficas presentes en el área y su disposición a lo largo de la línea, realizando comparaciones con la información presentada por Ingeominas y la ANH; luego, se describen los rasgos estructurales, incluyendo la localización de fallas y pliegues a lo largo de la línea; finalmente, se anexa el mapa geológico y el perfil geológico de la línea sísmica, descripción de estaciones de campo (incluyendo fotografías y descripción de muestras), listado de muestras de mano, y listado de muestras de pozo.

1. GENERALIDADES DE LA LÍNEA ANH-CHBN-2005-01.

La línea ANH-CHBN-2005-01, tiene un azimut de 35^0, desde la estaca 882 (E: 1012232.39 N: 991615,35), hasta la estaca 5869 (E: 1084304.27, N: 1093348.03), para un total de 124.67 km. Se localiza en el Sur del Departamento de Chocó, Colombia, al costado occidental de la Cordillera Occidental, a lo largo de la cuenca del Río San Juan (ver Figura 1). De NE a SW cruza por los municipios Bagadó, Tadó, Río Iró, Condoto, Nóvita, Sipí, Medio San Juan e Istmina.

Las principales vías de acceso corresponden a algunas carreteras y varios ríos navegables, para zonas aisladas el acceso en helicóptero se hace muy importante, especialmente en el área Sur del proyecto (a partir del cruce con la Línea 06) donde es más difícil acceder por medio terrestre. En el extremo Norte de la línea la principal vía de acceso es la carretera que cruza por el caserío Playa de Oro y que conduce de Istmina, pasando por Tadó, hacia Pereira.

Desde Playa de Oro se pueden tomar varios carreteables que intersectan la línea hacia el Norte, ya que hacia el Sur se encuentra el Río San Juan y es obligado el cruce en canoa. Entre estos carreteables, se puede tomar el desvío de la carretera principal hacia el municipio de Bagadó, la cual pasa en cercanías al Volante 20 (Estaca 5630 aproximadamente) Entre los ríos navegables se encuentran: el Río Pureto, el cual corre casi paralelo a la línea, entre el caserío Carmelo (por la vía hacia Bagadó) y el Volante 20 A (Estaca 5370 aproximadamente); y el Río Andágueda, el cual cruza la línea en cercanías al Volante 20 (Estaca 5626) y aguas arriba comunica con el Volante 19 A (Estaca 5740).

En el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-01 con la línea ANH-CHBN-2005-02 (Volante 22 – Estaca 4690) se puede acceder a la línea, caminando por el Río Chato desde la carretera Tadó – Playa de Oro. Al Sur de la Línea ANH-CHBN-2005-02, los principales accesos son por el Río Iró, el cual cruza la línea en cercanías al Volante 23 (Estaca 4350), y por el Río Condoto, el cual cruza la línea en alrededores del Volante 24 (caserío La Unión – Estaca 3900) justo al Norte del cruce con la Línea ANH-CHBN-2005-04. Al Sur de la Línea ANH-CHBN-2005-04 el principal acceso es desde la carretera que conduce del municipio de Condoto al caserío San

Lorenzo, el cual se localiza sobre el Río Tamaná, en cercanías al Volante 25 (Estaca 3350).

A partir del Río Tamaná hacia el Sur (Líneas ANHCHBN-2005-06 y ANH-CHBN-2005-08) la única vía de acceso terrestre es por ríos navegables, los cuales son afluentes del Río San Juan, el cual corre casi paralelo al Occidente de la Línea ANH-CHBN-2005-01; en esta área se cuenta con un campamento principal (Volante Sur) localizado sobre el Río San Juan, en el caserío Doidó. De esta manera, al Sur de la Línea ANH-CHBN-2005-06 la entrada se realiza por el Río Cajón el cual cruza la línea en cercanías al Volante 32 (aproximadamente en la estaca 2500); al Norte de la Línea ANH-CHBN-2005-08, se encuentra el Río Sipí (aproximadamente en la estaca 2050); al Sur de la Línea 08 el acceso se realiza por la Quebrada Doidó, la cual comunica al Volante Sur (Doidó) con el Volante 35 (aproximadamente en la estaca 1800); hacia la estaca 1680 se encuentra el cruce con la Quebrada Cumperro, en cercanías al Volante 35 A; siguiendo hacia el Sur, se puede accesar a la línea por el Río Fujiadó (aproximadamente en la estaca 1350), en cercanías al Volante 38; en el extremo Sur de la línea se encuentran los Volantes 39 y 39A, para los cuales sólo hay acceso helicoportado.

El área presenta un amplia red hidrográfica, con ríos y quebradas que se convierten en importantes vías de comunicación. Los principales ríos que cruzan la Línea ANH-CHBN-2005-01 son: Río Fujiadó (Estaca 1350), Río Cajón (Estaca 2520), Río Tamaná (Estaca 3343), Río Opogodó (Estaca 3677), Río Condoto (Estaca 4009-3900), Río Iró (Estaca 4350), Río Chato (Estaca 4690), Río San Juan (Estaca 5152) y Río Andágueda (Estaca 5652) Adicionalmente, dada la gran cantidad de lluvias, se presentan numerosas quebradas y caños de escorrentía, las cuales disectan el terreno y generan pendientes desde bajas a abruptas. Los ríos mayores presentan un régimen caudaloso y grandes crecidas, las cuales se intensifican hacia el área Sur del proyecto.

El área presenta una cobertera vegetal densa selvática, con manifestación de los tres estratos vegetales (herbáceo, arbustivo y arbóreo), típica de bosque super húmedo tropical. Se presentan algunas zonas intervenidas alrededor de las vías de comunicación (ríos y carreteras), utilizadas principalmente para minería y explotación de madera, y en menor medida cultivos y pastizales.

El clima de la región es muy húmedo, con una pluviosidad muy alta; se presentan lluvias copiosas durante todo el día y principalmente en horas de la noche; el cielo se encuentra comúnmente nublado, con pocas horas de brillo solar durante el día. La temperatura promedio es de 27° C.

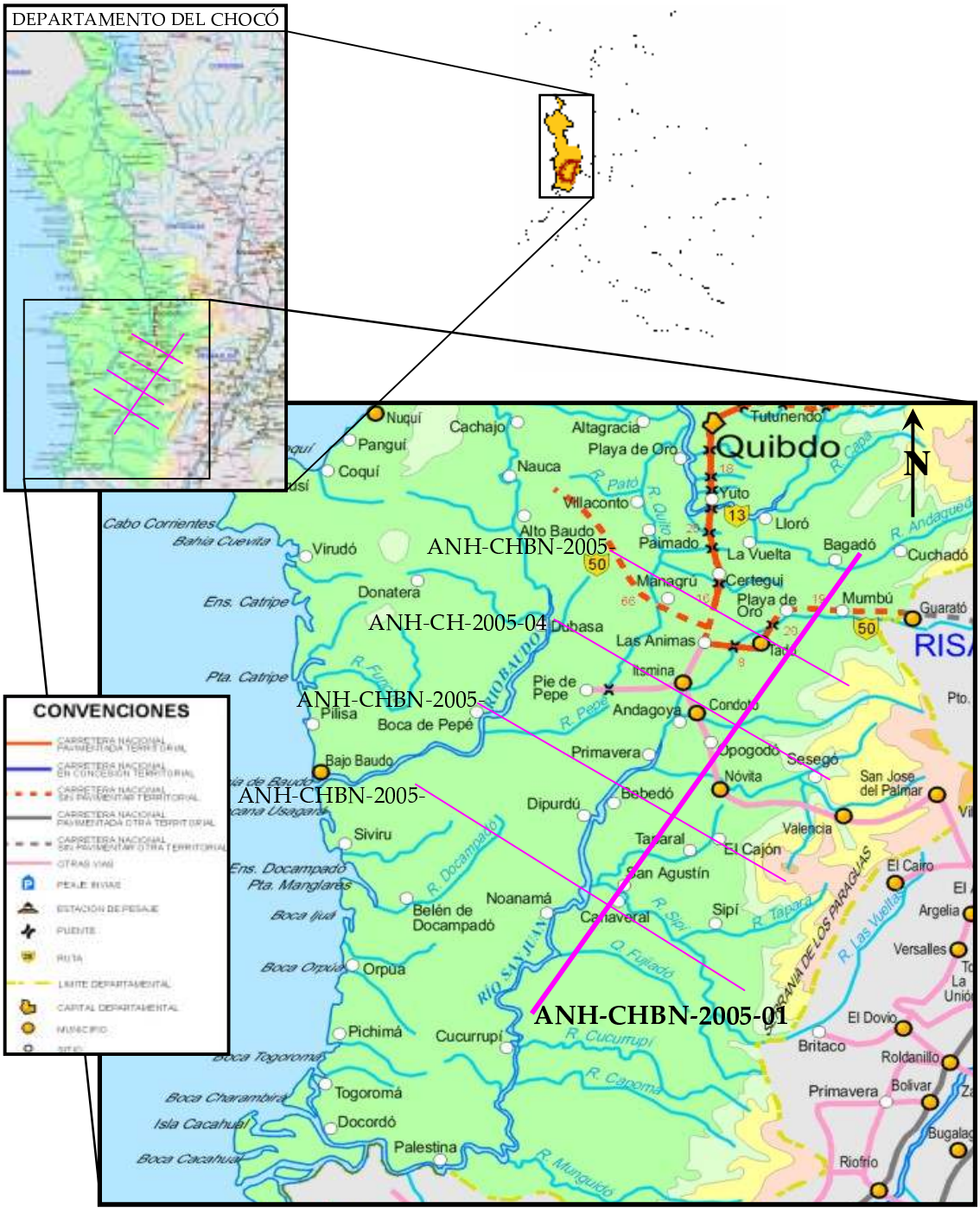


Figura 1. Localización de la línea ANH-CHBN-2005-01, a lo largo de la cuenca del Río San Juan, con una dirección SW-NE, al Sur del departamento del Chocó, Colombia.

Fisiográficamente, el área de recorrido de la línea ANH-CHBN-2005-01 se puede subdividir en 2 regiones principales: Valle del Río San Juan y piedemonte de la Cordillera Occidental. En el Valle del Río San Juan se incluye el Istmo de San Pablo y la llanura aluvial del río San Juan. El Istmo de San Pablo corresponde a una zona elevada 100 m sobre el nivel del río San Juan (hasta aproximadamente 200 metros sobre el nivel del mar), que se extiende desde el municipio de Tadó hacia el Suroeste alcanzando varios kilómetros de extensión; esta elevación es suficiente para separar las cuencas de los ríos Atrato (al Norte) y el San Juan (al Sur); su geomorfología corresponde a un terreno ondulado, formando colinas, disectadas por caños y quebradas, que forman pequeños valles que en ocasiones presentan pendientes fuertes. La llanura aluvial del Río San Juan, está conformada por aluviones y terrazas con relieve plano bajo a moderadamente ondulado, con alturas que no sobrepasan los 100 m sobre el nivel del mar; gradualmente hacia el Sur del área, la llanura aluvial del río se amplía considerablemente a medida que recibe afluentes de alto caudal como el Río Cajón y el Río Sipí, los cuales a su vez presentan amplias llanuras de inundación.

En general, los afloramientos a lo largo de la línea son muy escasos, asociados principalmente a pequeños caños y quebradas que disectan el terreno, y a esporádicos escarpes que se presentan en algunas colinas los cuales no superan los 20 metros. Localmente se presentan buenos afloramientos asociados a quebradas mayores y ríos que cortan la secuencia estratigráfica como es el caso de los afloramientos sobre el Río San Juan, Condoto y Tamaná.

2. ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la línea ANH-CHBN-2005-01 se observan rocas sedimentarias del Paleógeno y Neógeno y rocas ígneas que corresponden al basamento económico de la cuenca y a cuerpos intrusivos que cortan la secuencia sedimentaria. Dada el área en que se ubica la línea, se ha adoptado la nomenclatura estratigráfica utilizada por la ANH correspondiente a la cuenca del Valle del Río San Juan. De igual manera, se realiza una correlación con las unidades utilizadas en los mapas de INGEOMINAS (Planchas 185, 204, 203, 222 y 241). Ver Figura 2.

2.1. Rocas ígneas.

2.1.1. Batolito de Mandé (Pgem)

Cuerpo intrusivo de gran tamaño que aflora en el extremo Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, comportándose como parte del basamento económico de la cuenca del San Juan. Aflora a partir de la estaca 5610 hacia mayores, determinando un terreno ondulado a montañoso de pendientes moderadas a fuertes (Ver Anexo 1). Buenos afloramientos de esta unidad se pueden observar a lo largo del Río Andágueda (Ver Figura 3), en donde se puede evidenciar el contacto con la suprayacente Formación Sierra el cual puede ser discordante o fallado.

Litología. A lo largo del Río Andágueda se observan principalmente dioritas, las cuales presentan grano fino a medio, color gris oscuro, con cristales de plagioclasa, cuarzo, hornblenda, y mineralizaciones de clorita por alteración. En general se presentan alteradas, con un alto fracturamiento (ver Figura 4). Localmente se pueden presentar basaltos porfiríticos y/o andesitas, de color gris oscuro, las cuales se pueden correlacionar con diques de esta composición descritos para esta unidad.

Edad. A esta unidad se le ha asignado una edad Paleógeno, con mineralizaciones que van del Paleoceno al Eoceno (Parra y Salazar, 1999).

EDAD			ANH		INGEOMINAS			
			Cuenca del Río San Juan		Plancha 185 (Bagadó)	Plancha 204 (Pueblo Rico)	Plancha 203 (Istmina) – 222 (Sipí)	Plancha 241 (Cucurrupí)
NEÓGENO	Plioceno		Fm. Atrato				Fm. Quibdó / Fm. Raposo	Fm. Raposo / Fm. Mayorquín
	Mioceno	Tardío	Fm. Munguidó		Fm. Sierra	Fm. Sierra	Fm. Sierra / Fm. Nóvita	Sedimentitas lodoso-arenosas
		Medio	Gr. San Juan	Fm. Condoto	Fm. Napipí	Fm. Napipí	Fm. Condoto	Sedimentitas arcillo-lodosas
				Fm. Conglomerados de La Mojarra	Fm. Uva	Fm. Uva	Fm. Conglomerados de la Mojarra	Sedimentitas calcáreo-arenosas
		Temp.		Fm. Istmina			Fm. Istmina	
PALEÓGENO	Oligoceno		Fm. Sierra					
	Eoceno	Tardío	Fm. Iró	Miembro Superior	Batolito de Mandé	Fm. Salaqui	Fm. Tadó	
		Medio		Miembro Medio				
		Temp.		Miembro Inferior				
	Paleoceno	Tardío						Fm. Río Piedras
CRETÁCEO TARDÍO PRE – CRETÁCEO			Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas		Complejo Santa Cecilia – La Equis / Grupo Cañasgordas	Complejo Santa Cecilia – La Equis	Grupo Cañasgordas (Fm. Penderisco / Fm. Barroso)	Fm. Cisneros Grupo Diabásico

Figura 2. Cuadro de correlación de nomenclatura estratigráfica para el área de la línea ANH-CHBN-2005-01, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e INGEOMINAS.



Figura 3. Afloramiento sobre el Río Andágueda (Estaca 5652, Estación L01-12, Anexo 2) donde se observan las rocas fracturadas del Batolito de Mandé.



Figura 4. Dioritas del Batolito de Mandé. Estaca 5652, Estación L01-12, Anexo 2.

Correlaciones. Esta unidad concuerda con la descripción realizada para la plancha 185 – Bagadó (Calle y Salazar, 1999, y Parra y Salazar, 1999).

2.1.2. Complejo Ultramáfico Zonado de Alto Condoto (Nguc)

A esta unidad se asocian tres cuerpos intrusivos de composición máfica observados en varios segmentos del área Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, afectando a rocas de la Formación Istmina, los cuales pueden ser evidencia de la subducción de la Placa Nazca sobre la Suramericana. Geomorfológicamente, se presentan en un terreno ondulado de colinas amplias y pendientes suaves.

Estos cuerpos alcanzan hasta 1 km. de extensión a lo largo de la línea, aflorando entre las estacas 5391 – 5437 (Estación L01-2, Anexo 2); aproximadamente entre las estacas 4993 y 5052 (estaciones 17, 18, 19 y 21, Anexo 2) se realizó un recorrido paralelo a la línea sobre la Quebrada Jóbaro, en donde también se observaron estas rocas (ver Anexo 1).



Figura 5. Rocas intrusivas de composición máfica a intermedia, aflorando sobre la Quebrada Jóbaro. Estación L01-17, Anexo 2.

Litología. Estas rocas corresponden a gabros de color gris oscuro – verdoso, de textura microporfirítica; se observan cristales de cuarzo, feldespatos y hornblenda, con presencia de clorita por alteración.

Edad y correlaciones. Dada la similitud litológica, se ha dado el mismo nombre utilizado en la plancha 204 – Pueblo Rico (Zapata y Cossio, 1999, y Zapata, 2001). A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Temprano.

2.2. Rocas Sedimentarias.

2.2.1. Formación Iró (Ngpei)

Unidad sedimentaria que aflora en el costado occidental del Río Iró, desde el cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02 hacia el Sur. Se observa a lo largo de dos segmentos de aproximadamente 650 estacas (16 Km.), entre las estacas 4109 y 4529, y luego entre las estacas 4667 y 4922, correspondientes a los flancos de un sinclinal con eje ENE-WSW (ver Anexo 1).

En general, se interpreta a la Formación Iró cabalgando sobre unidades más jóvenes, formando un sinclinal en cuyo núcleo se encuentra la Formación Sierra. El contacto Norte (estaca 4922) se asume fallado con la Formación Istmina, así como el contacto Sur (estaca 4109) con la Formación Conglomerados de La Mojarra; los contactos en el núcleo del sinclinal (estacas 4529 y 4667) pueden ser discordantes o transicionales con la Formación Sierra.

Esta unidad se compone por intercalaciones de calizas, cherts, lodolitas calcáreas, lodolitas silíceas grises claras a negras y esporádicamente violáceas. Se presentan buenos afloramientos a lo largo del Río Iró, en cercanías a la estaca 4350 (e.g. Figura 6, Estación L01-L-01-59, ver Anexos 1 y 2). Localmente, se presentan amplios afloramientos de rocas ígneas, las cuales se han interpretado como silos de composición diorítica intercalados dentro de la Formación Iró.

Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación entre 100 y 200 m.s.n.m. En general, las capas se observan buzando hacia el S-SW.



Figura 6. Calizas *(packstone)* de la Formación Iró en capas delgadas a medias, muy fracturadas con relleno de calcita. Afloramiento sobre el Río Iró. Estación L01-59 – Anexo 2.

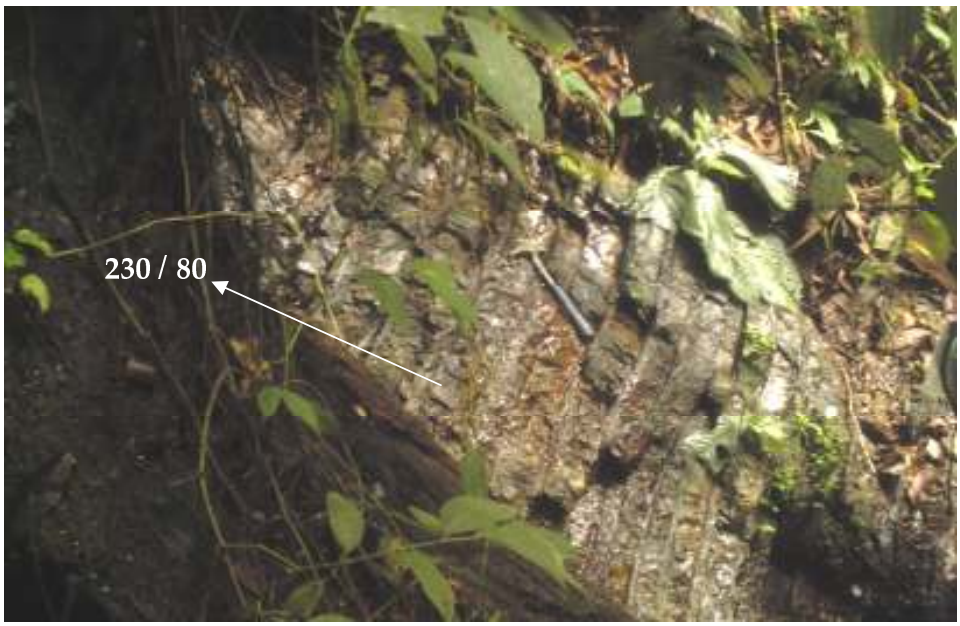


Figura 7. Afloramiento de la Formación Iró (Estación L01-52 – Anexo 2) Intercalaciones en capas delgadas a medias de cherts diagenéticos y lodolitas calcáreas *(mudstone)*.



Figura 8. Afloramiento de la Formación Iró sobre el Río Iró en cercanías al caserío Santa Rita. Intercalación en capas delgadas de lodolitas y areniscas calcáreas *(mudstone – packestone?)*. Estación L01-63 – Anexo 2.



Figura 9. Cuerpos intrusivos de composición diorita – granodiorita, dentro de la Formación Iró. Estación L01-23 – Anexo 2.



Figura 10. Silos de composición granodiorítica dentro de la Formación Iró, con desarrollo de foliación y posibles estrías de falla. Estación L01-28 – Anexo 2.

Litología. Las calizas (*mudstone* a *wackestone* y esporádicamente *packestone* a *grainstone*) se presentan en capas delgadas a medias (5 a 20 cm), tabulares, paralelas, continuas, masivas a finamente laminadas, de color blanco a gris verdoso claro (ver figuras 6, 7 y 8); presentan venillas muy delgadas y fracturas rellenas de calcita.

Los cherts son de color gris claro a negro, en capas delgadas a medias (5 a 20 cm), masivas a finamente laminadas, con laminación delgada a gruesa de chert gris claro y negro. Generalmente se presentan muy fracturados, con partición de lidita.

Las lodolitas son grises claras a oscuras, masivas, en capas delgadas a medias, silíceas, muy compactas, con partición de lidita. Localmente se presentan lodolitas violáceas, masivas, muy compactas, con fracturas muy finas rellenas de calcita.

Los silos son de composición diorítica a granodiorítica, de color gris claro a verdoso oscuro, textura granular de grano fino, con cristales de anfíboles, plagioclasa y cuarzo, y abundante clorita por alteración. Las rocas se presentan muy fracturadas y meteorizadas. Localmente se observa una ligera foliación de los

cristales y posible recristalización por posible proximidad a una zona de falla (estaciones L-01-27/28/32/33/34, anexos 1 y 2); (Ver Figura 10, Estación L01-28 – Anexo 2).

Ambiente. La Formación Iró, corresponde a unidades sedimentarias depositadas en una cuenca de *forearc*, en un ambiente marino tranquilo de costa afuera, donde la presencia de chert se explica por procesos diagenéticos, donde el carbonato de calcio de las calizas es reemplazado por sílice proveniente de zonas emergidas aledañas, y ocasionalmente por radiolarios y diatomeas. Se presentan variaciones del nivel del mar preservando las intercalaciones de calizas.

Edad. A la Formación Iró se le ha asignado una edad Paleoceno Tardío a Eoceno Tardío, la cual es comparable con las edades dadas para la Formación Tadó (Plancha 203 Istmina, Cossio 2002 y 2003) y la Formación Salaqui (Duque-Caro, 1990 a, b, c; y Plancha 204 Pueblo Rico, Zapata y Cossio ,1999 y Zapata ,2001).

Correlaciones. Dado que la Formación Iró aflora en el área entre las planchas 203 y 204 de Ingeominas, la litología ha sido descrita por Cossio (2002 y 2003) asignándole el nombre de Formación Tadó (Plancha 203 Istmina), mientras que Zapata y Cossio (1999) y Zapata (2001) describen estas rocas como pertenecientes a la Formación Salaqui (Plancha 204 Pueblo Rico); ver Figura 2. La litología descrita en ambas planchas es muy similar, y las dos unidades son fácilmente correlacionables con la descripción realizada por la ANH de la Formación Iró.

Los cuerpos intrusivos observados dentro de la Formación Iró, de igual manera han sido descritos como silos de composición granodiorítica por parte de geólogos de INGEOMINAS (Cossio, 2003) y de la industria del petróleo (Rodríguez, 1990).

2.2.2. Formación Sierra (Pgos)

Unidad sedimentaria que aflora en dos segmentos en el área Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01; el primero de ellos se encuentra entre las estacas 4529 y 4667 en el núcleo de un sinclinal amplio en cuyos flancos se encuentra la Formación Iró, en contacto erosivo, discordante. (Ver Anexo 1). El segundo segmento se encuentra entre las estacas 5559 y 5617, en alrededores del Río Andágueda donde

se describe la sección tipo (Taylor, 1965, *en* Rodríguez, 1990), y en donde se interpreta como una secuencia que descansa inconforme sobre el Batolito de Mandé e infrayace discordantemente la Formación Istmina (Ver Anexo 1); sin embargo, el contacto con el Batolito de Mandé puede ser fallado dada la presencia de buzamientos altos y un alto fracturamiento de las rocas en esta zona.

Litología. La Formación Sierra esta constituida por una intercalación de lodolitas y areniscas calcáreas, calizas y conglomerados polimícticos matriz soportados. En el segmento central se observa una intercalación de conglomerados y areniscas, los cuales pueden corresponder con el segmento basal de esta unidad (ver Figura 11, Estación L01-39 – Anexo 2). Las areniscas son líticas, de grano medio, color amarillo ocre, en capas medias con laminación ondulosa a paralela continua; los conglomerados son polimícticos, matriz-soportados, con gránulos a cantos subredondeados a redondeados de composición lítica (areniscas, lodolitas, rocas volcánicas). Las areniscas, lodolitas calcáreas y calizas (*mudstone - wackestone - packstone*) se presentan principalmente en el segmento Norte, en capas delgadas a medias, de color gris verdoso, con laminación interna y muy fracturadas (ver Figura 12, Estación L01-10 – Anexo 2).



Figura 11. Intercalación de conglomerados y areniscas, hacia la base (?) de la Formación Sierra, el segmento central de la línea ANH-CHBN-2005-01. Estación L01-39 – Anexo 2.



Figura 12. Intercalación de lodolitas calcáreas *(mudstone - wackestone)* y silíceas de la Formación Sierra, en el segmento Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01. Estación L01-10 – Anexo 2.

Ambiente. Representa un ambiente transicional, entre el infrayacente ambiente marino profundo de la Formación Iró, y el ambiente predominantemente continental y parálico del Grupo San Juan que le suprayace; corresponde a variaciones del nivel del mar que permite desarrollar varias superficies discordantes y segmentos con distinto porcentaje de material calcáreo y terrígeno.

Edad. Dada su posición entre la Formación Iró y el Grupo San Juan, varios autores (*e.g.* Rodríguez, 1990; Suárez, 1990, Peña, 1996) le han otorgado la edad Oligoceno, con contactos discordantes con ambas unidades.

Correlaciones. La Formación Sierra ha tenido un problema de homonimia entre las diferentes nomenclaturas estratigráficas. Geólogos de la industria del petróleo la ubican entre la Formación Iró de edad Paleoceno Tardío – Eoceno Tardío y el Grupo San Juan de edad Mioceno, mientras que en la nomenclatura usada por Ingeominas y Duque-Caro (1990 a, b, c) con este nombre se han asignado rocas de

edad Mioceno Tardío, suprayaciendo al Grupo San Juan. De esta manera, se puede entrar en un grave error al intentar correlacionar estas unidades (ver Figura 2, Cuadro de correlación estratigráfica).

Dado que se ha optado por utilizar la nomenclatura estratigráfica de la ANH, se ha utilizado el nombre Formación Sierra para designar las rocas entre las formaciones Iró e Istmina con las cuales se interpreta un contacto gradacional a discordante, cabe resaltar que los contactos no son observados en campo, ya que esta unidad es difícil de diferenciar debido a las similitudes litológicas con ambas unidades. Por ejemplo, en el segmento Norte, se presenta una similitud con las rocas de la Formación Iró (areniscas y lodolitas calcáreas – *mudstone*), mientras que en el núcleo del sinclinal, suprayaciendo a la Formación Iró, son muy similares a la Formación Istmina (intercalaciones de areniscas y conglomerados de composición lítica).

De esta manera, la Formación Sierra (en sentido de la ANH) puede ser correlacionable con un segmento inferior de la Formación Uva, la cual ha sido descrita por geólogos de INGEOMINAS (Parra y Salazar, 1999, Plancha 185; Cossio, 2003, Plancha 203; y Zapata, 2001, Plancha 204), y esta constituida por intercalación de capas de calizas, areniscas y lodolitas calcáreas principalmente hacia la base, e intercalaciones de areniscas, limolitas y conglomerados hacia el tope (Parra y Salazar, 1999); inclusive, se describe un contacto basal discordante con el Batolito de Mandé sobre la Quebrada Mondocito (Plancha 204, Zapata, 2001).

Así mismo, es posible que la Formación Sierra no esté presente en gran parte (o en la totalidad) de la cuenca, y que este segmento estratigráfico corresponda a una transición entre las rocas marinas de la Formación Iró y las rocas de origen parálico a continental del Grupo San Juan, eventualmente presentando discordancias a diferentes escalas dependiendo de las variaciones del nivel del mar. Esta interpretación es similar a la presentada por los geólogos de INGEOMINAS, en donde se le asigna una edad de Oligoceno a Mioceno Temprano a la Formación Uva (correlacionable con la Formación Istmina), descansando discordantemente sobre unidades más antiguas (Batolito de Mandé y Formación Salaqui, correlacionable con la Formación Iró). Ver Figura 2.

2.2.3. Grupo San Juan

El Grupo San Juan es de edad Mioceno Temprano a Tardío y está conformado por las formaciones Istmina, Conglomerados de La Mojarra y Condoto. De manera general, el Grupo San Juan fue depositado en un ambiente fluvial de bajo nivel del mar (*lowstand*), cercano a la costa, con algunos períodos de ligera elevación del nivel del mar, marcado por el aumento en el contenido de lodo calcáreo y la presencia de algunos niveles de calizas principalmente hacia el tope de la unidad (Formación Condoto) La Formación Conglomerados de La Mojarra se comporta como un gran lente de material más grueso intercalado entre las formaciones Istmina y Condoto, las cuales presentan una litología similar, en ocasiones difícil de diferenciar.

2.2.3.1. Formación Istmina (Ngmi)

Esta unidad aflora aproximadamente 16 km. en un amplio segmento del extremo Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, a ambos costados del Río San Juan, que en esta área corta la línea en dirección ENE-WSW. Se presenta desde la estaca 4922, al Norte del cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02 en contacto posiblemente fallado con la Formación Iró, hasta la estaca 5559, donde suprayace discordantemente (?) la Formación Sierra. Ver Anexo 1.

Esta unidad se compone por una sucesión monótona de intercalaciones de areniscas grises amarillentas, lodolitas grises, y niveles de conglomerados bien consolidados (Figura 13). Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendientes fuertes, y un rango de elevación medio entre 100 y 200 m.s n.m., y un máximo de 550 m hacia la estaca 5542. En general, se observan pocos afloramientos asociados a pequeñas quebradas y una vegetación selvática densa; buenos afloramientos se encuentran a lo largo del Río San Juan en la estaca 5152, y en el recorrido entre las estacas 5298 a 5348.

Litología. Las areniscas son de color gris oscuro a gris verdoso con tonos amarillentos por meteorizacion, principalmente de grano muy fino a fino, hasta medio, en una matriz de lodo que puede variar en porcentaje llegando a lodolitas arenosas y lodolitas. Composicionalmente corresponden a litoarenitas con un

porcentaje de cuarzo de hasta el 30%, con granos subangulares a subredondeados de lodolitas, chert, calizas, cuarzo, micas y abundante material carbonoso, con matriz (lodo) y cemento silíceo y en ocasiones ligeramente calcáreo; comúnmente se presentan fragmentos de conchas y fósiles de hojas, y localmente concreciones calcáreas de hasta 40 cm de diámetro, (Figura 15).

Las areniscas y lodolitas presentan una estratificación en capas tabulares delgadas a medias, con contactos netos, compactas, masivas a finamente laminadas (Figura 14), y ocasionalmente segmentos altamente bioturbados. En general, presentan laminillas de material carbonoso, llegando localmente a capas tabulares a lenticulares de carbón de hasta 5 cm de espesor, (Figura 16).

Los conglomerados se presentan como consecuencia de secuencias regresivas, presentando granocrecimiento, disminuyendo las capas de lodolitas arenosas y aumentando gradualmente el contenido de arena tamaño medio a grueso, llegando a intercalaciones de niveles lenticulares de conglomerados de gránulos hasta cantos, con predominio de guijos. De igual manera, se presentan contactos erosivos en la base de los conglomerados (Figura 17), con granodecrecimiento hasta las capas de lodolitas. Los clastos son principalmente líticos (areniscas, lodolitas, chert y calizas) redondeados a subangulares, en una matriz de arena lítica de grano grueso a medio (Figura 18). Los conglomerados son bien consolidados, con cemento silíceo y calcáreo.

Ambiente. La litología de grano fino, y la geometría de las capas y su laminación interna, así como la presencia de fósiles y material calcáreo, indican un ambiente marino de baja energía. El aumento de granulometría, los fósiles de gasterópodos, la alta bioturbación, la aparición de material carbonoso y fósiles de hojas, evidencian un ambiente regresivo, llegando a depósitos continentales que registraron una época de gran actividad erosiva, que afectó presumiblemente las rocas de la Formación Iró, dada la composición de areniscas y conglomerados.

Edad. A la Formación Istmina se le ha asignado una edad Mioceno Temprano, (Peña, 1996) la cual es comparable con la edad Oligoceno Tardío a Mioceno

Temprano que se da a la Formación Uva en la cuenca del Atrato (Cossio, 2003; Duque-Caro, 1990 y Zapata, 2000 y 2001).



Figura 13. Intercalación de lodolitas y areniscas de grano fino a grueso, con presencia de lentes de conglomerados polimícticos de gránulos a guijos. Estación L01-78 – Anexo 2.



Figura 14. Detalle de la intercalación de areniscas de grano medio y lodolitas en capas delgadas, masivas a laminadas, con contactos netos. Estación L01-78 – Anexo 2.



Figura 15. Concreciones calcáreas en la Formación Istmina. Estación L01-132 – Anexo 2.



Figura 16. Areniscas lodosas grises con abundante material carbonoso, llegando a capas lenticulares de hasta 5 cm de espesor. Estación L01-132 – Anexo 2.



Figura 17. Contacto erosivo entre conglomerados de gránulos clastosoportados y areniscas lodosas grises con tonos ocres por oxidación. Estación L01-130 – Anexo 2.



Figura 18. Conglomerados polimícticos, de gránulos a cantos subangulares a subredondeados, pertenecientes a la Formación Istmina. Estación L01-78 – Anexo 2.

Correlaciones. Esta unidad corresponde a la base del Grupo San Juan en la cuenca del río del mismo nombre, y es correlacionable con la Formación Uva en la cuenca del Río Atrato (planchas 185, 203 y 204 de Ingeominas). La litología descrita es similar en ambas unidades (Parra y Salazar, 1999, Plancha 185; Cossio, 2003, Plancha 203; y Zapata, 2001, Plancha 204) y es correlacionable con la litología observada en campo, sin embargo es de resaltar, que para la Formación Uva se describe un segmento basal con una litología más aproximada a la Formación Sierra (en sentido de la ANH), que correspondería al segmento de edad Oligoceno, mientras que el segmento superior puede correlacionarse con la Formación Istmina de edad Mioceno Temprano.

2.2.3.2. Formación Conglomerados de La Mojarra (Ngmcm)

Sucesión monótona de conglomerados polimícticos bien consolidados que afloran entre las estacas 4025 a 4109, suprayacidos hacia el Sur concordantemente por la Formación Condoto, y en contacto fallado al Norte con la Formación Iró (Ver Anexo 1); entre las estacas 3441 y 3675, se presentan como núcleo de un sinclinal muy amplio suprayacido transicionalmente por la Formación Condoto. Esta formación presenta un relieve ondulado, conformado por colinas de pendiente fuerte, y un rango de elevación medio entre 130 y 200 m.s.n.m. Se presentan buenos afloramientos asociados a cortes profundos de quebradas y algunos observados sobre el río Condoto.

Litología. La unidad está conformada por una sucesión monótona de gran espesor de conglomerados de color gris con tonos rojizos por oxidación, bien consolidados, con estratificación masiva indiferenciable, en ocasiones en capas tabulares medias a muy gruesas, con clastos de tamaño gránulos a cantos con predominio de guijos, subredondeados a redondeados de chert, calizas, areniscas, limolitas, cuarzodioritas y rocas volcánicas, que flotan en una matriz arenosa de grano medio a grueso con esporádica cementación calcárea. Los afloramientos observados presentan fuerte meteorización y alteración a óxidos. (Figuras 19 y 20).

Se observan intercalaciones de lodolitas arenosas y areniscas líticas de color gris, de grano medio a grueso, en capas tabulares a lenticulares finas a gruesas (Figura 21), en especial en cercanías al contacto con la Formación Condoto.



Figura 19. Conglomerados polimícticos de gránulos a cantos, bien consolidados, de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-103 – Anexo 2.



Figura 20. Afloramiento de la Formación Conglomerados de La Mojarra sobre el Río Condoto. Estación L01-84 – Anexo 2.

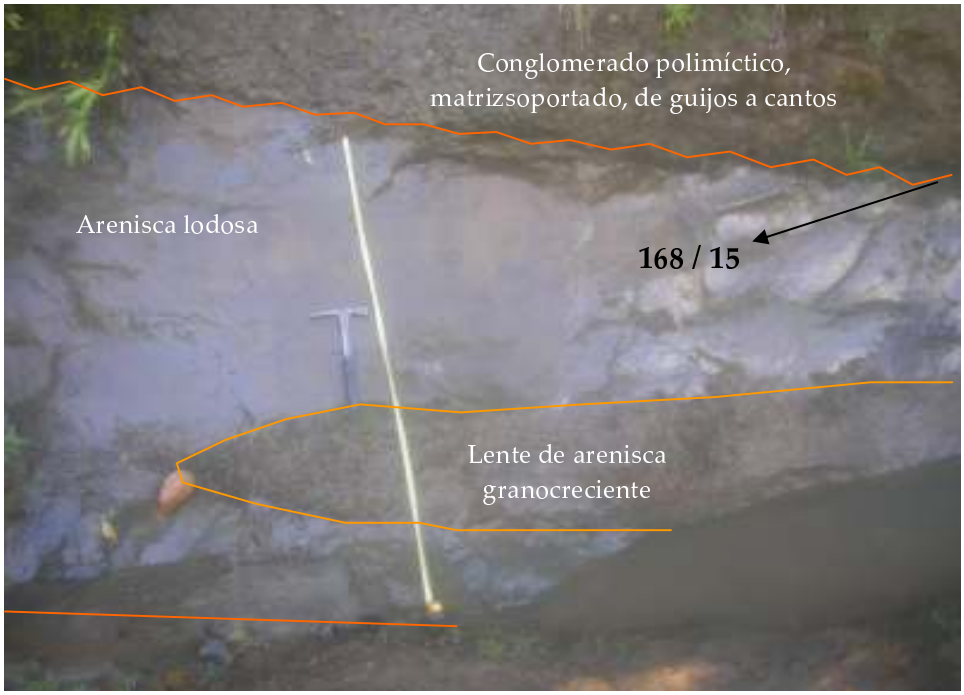


Figura 21. Intercalación de lodolitas arenosas grises, y lentes de areniscas dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-84 – Anexo 2.

Ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas en campo la Formación Conglomerados de La Mojarra indica un ambiente continental de alta energía y una cercanía al área de aporte de sedimentos, evidenciado por el tamaño y esfericidad de los clastos que la componen.

Así mismo, teniendo en cuenta la variedad composicional de los clastos, se puede deducir que el área fuente era de gran extensión y en ella afloraba la Formación Iró, la cual fue disectada por ríos y quebradas de alta energía y pendiente fuerte, característicos de una región de piedemonte, permitiendo la depositación de grandes abanicos aluviales con continuidad lateral irregular en un área deprimida cercana a la costa.

Edad. De acuerdo con su posición estratigráfica entre la Formación Condoto y la Formación Istmina, a la Formación Conglomerados de La Mojarra se le ha asignado, una edad en el límite entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio (Cossio, 2003).

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con el límite entre las formaciones Uva y Napipí de la cuenca del Río Atrato (*e.g.* Zapata, 2001), ya que en esta área no se presenta una unidad con esta litología. Dada la distribución puntual de esta formación, a manera de lente de continuidad irregular, se evidencia que esta unidad fue depositada en un depocentro local durante una época de levantamiento, mientras que en otras áreas se registra una discordancia (*i.e* Hiato NH 2, entre el Mioceno Temprano y el Mioceno Medio, Duque-Caro, 1990 a, b, c).

2.2.3.3. Formación Condoto (Ngmc)

Esta conformada por rocas sedimentarias de origen continental a marino que afloran en el segmento central de la ANH-CHBN-2005-01 desde la estaca 3393 hasta la estaca 3441 y posteriormente entre las estacas 3675 y 4025, suprayaciendo transicionalmente la Formación Conglomerados de La Mojarra; en el área Sur, alejados de la línea sísmica, se observan afloramientos en los márgenes del Río San Juan (*e.g.* Figura 22, caserío Fujiadó, Estación L01-99 - Anexo 2).



Figura 22. Afloramiento de la Formación Condoto en la llegada del Río Fujiadó al Río San Juan, Estación L01-99 – Anexo 2.

Esta compuesta principalmente por areniscas lodosas, lodolitas arenosas e intercalaciones de conglomerados polimícticos bien consolidados (Figura 23) Presenta un relieve ondulado, conformado por colinas con pendientes moderadas a fuertes, y un rango de elevación medio entre 60 m.s.n.m y 130 m.s.n.m. Los mejores afloramientos se observan sobre los ríos Condoto y Tamaná, y se presentan afloramientos aislados asociados a pequeñas quebradas.

Litología. Las areniscas son líticas, de color gris oscuro a gris verdoso, de grano fino a medio, con matriz tamaño lodo, que varía en proporción hasta llegar a lodolitas arenosas y lodolitas de color gris claro a gris verdosas, medianamente consolidadas y bioturbadas, en capas delgadas a medias y con laminación fina plano paralela (Figura 24); en ocasiones presentan material calcáreo a manera de lodo, cemento o concreciones. Localmente se presentan afloramientos de areniscas lodosas con abundantes fósiles de hojas y troncos.

Los conglomerados se presentan principalmente hacia la base de la unidad, cercano al contacto con la Formación Conglomerados de La Mojarra (ver Anexo 1), en capas delgadas a muy gruesas; están constituidos por gránulos a guijarros subangulares a subredondeados de chert, areniscas, calizas, basaltos y cuarzodioritas, en una matriz de arena media a gruesa de color gris amarillento.

Ambiente. La presencia de areniscas de grano fino a medio en capas tabulares, indica un ambiente de depósito de plataforma con baja energía, representado también por la continuidad lateral y la presencia de laminación plana paralela. La presencia de material calcáreo indica también que las condiciones de sedimentación corresponden a un ambiente de baja energía.

Los niveles de conglomerados que se encuentran en el río Condoto indicarían un depósito en un medio continental, por acción de corrientes de alta energía, como respuesta a una alta actividad tectónica intermitente que facilita la acción erosiva. La composición de los clastos en los conglomerados indica que en el área fuente afloraban rocas del basamento, de la Formación Iró, y posiblemente de la Formación Istmina.



Figura 23. Afloramiento de la Formación Condoto sobre el Río Condoto; en la base conglomerados de guijos, suprayacidos por una intercalación de areniscas y lodolitas en capas medias a gruesas. Estación L01-88 – Anexo 2.



Figura 24. Areniscas lodosas grises de la Formación Condoto, en capas delgadas, con laminación fina, plano paralela, aflorando sobre el Río Tamaná. Estación L01-109 – Anexo 2.

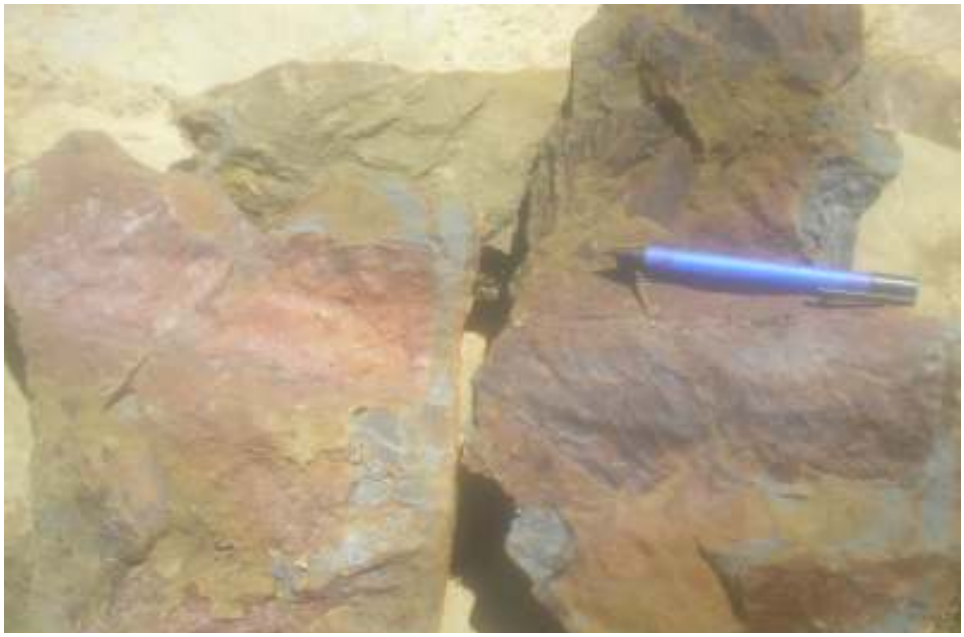


Figura 25. Fósiles de plantas observados en areniscas lodosas grises de la Formación Condoto. Estación L01-87 – Anexo 2.



Figura 26. Capa lenticular delgada de conglomerado de gránulos intercalado entre lodolitas grises, con meteorización de tonos rojizos. Estación L01-86 – Anexo 2.

Edad. A la Formación Condoto se le ha asignado una edad Mioceno Medio (Cossio, 2003), confirmando su ubicación estratigráfica entre la Formación Conglomerados de La Mojarra, de edad Mioceno Temprano tardío a Medio, y la Formación Munguidó de edad Mioceno Tardío.

Correlaciones. Se correlaciona temporalmente con la Formación Napipí de la cuenca del río Atrato mencionada por Cossio (2003) en la Plancha 203 Istmina y por Zapata (2001) en la Plancha 204 Pueblo Rico, sin embargo, para esta unidad se presenta un mayor contenido de material calcáreo y una ausencia de niveles conglomeráticos, indicando un ambiente netamente marino (Duque-Caro, 1990 a, b, c), mientras que la Formación Condoto presenta un ambiente transicional posiblemente en el borde de la cuenca.

La Formación Condoto se encuentra al tope del Grupo San Juan, descansando sobre la Formación Conglomerados de La Mojarra, aunque debido a la falta de continuidad de esta última unidad, también se puede presentar un contacto inferior neto con la Formación Istmina, dificultando la diferenciación de estas unidades debido a su similar litología. El contacto con la suprayacente Formación Munguidó no se observa en campo, pero puede ser discordante (correlacionándolo con el hiato NH3 de Duque-Caro, 1990 a, b, c) a transicional (como lo propone Cossio, 2003).

2.2.4. Formación Munguidó (Ngmm)

La Formación Munguidó aflora en un amplio segmento del extremo Sur de la línea ANH-CHBN-2005-01, desde el comienzo de la línea hasta aproximadamente la estaca 1733, donde se puede presentar el contacto discordante con la Formación Atrato; se presentan varios segmentos cubiertos por depósitos aluviales recientes. El contacto inferior no es observable en campo, pero se supone suprayaciendo la Formación Condoto.

Esta unidad esta constituida por intercalaciones de paquetes de lodolitas arenosas grises, areniscas lodosas grises amarillentas y conglomerados polimícticos matriz soportados. En campo, se caracteriza por presentar un relieve ondulado, de colinas con pendientes fuertes a muy fuertes, especialmente en el extremo Sur de la

línea, donde se presentan verticales en las que el uso de "manila" es obligatorio. Se presentan pocos afloramientos asociados a quebradas encañonadas; buenos afloramientos se observan en segmentos del Río Fujiadó.

Litología. Las areniscas son de grano fino a muy fino, variando el contenido de matriz de lodo; tienen un color gris claro con tonos ocre y amarillentos por meteorización; presentan laminación fina a gruesa, ondulada a plano paralela continua, en capas de a 1 a 2 cm. de espesor (Figuras 27 y 28); localmente se presenta abundante material carbonoso, con fósiles de hojas y restos vegetales, así como areniscas altamente bioturbadas (Figura 31, Estación L01-138 – Anexo 2).

Los conglomerados son polimícticos, matriz soportados, con clastos tamaño gránulo a guijarro, de cuarzo y fragmentos líticos de chert, areniscas, lodolitas, y rocas volcánicas. La matriz es tamaño arena media a gruesa de color gris claro y tonos amarillentos y rojizos por oxidación. Se presentan en capas delgadas a medias con estratificación plano paralela, localmente cruzada (Figura 29), en secuencias granodecrecientes a areniscas de grano medio variando el porcentaje de matriz (Figura 30). Localmente se presentan conglomerados clasto-soportados de guijos en capas muy gruesas (> 2 m), con granodecrecimiento a conglomerados de gránulos matriz soportados.

Hacia el segmento inferior o medio (en el extremo Sur de la línea ANH-CHBN-2005-01, ver Estación L01-137, Anexo 2) como parte del armazón en conglomerados o areniscas, se presentan fósiles y fragmentos de conchas de bivalvos y gasterópodos.

Ambiente. Estas rocas fueron depositadas en un ambiente de plataforma con variaciones del nivel del mar. Hacia la parte inferior – media (?) se presenta un ambiente de plataforma somera, de energía relativamente alta indicando períodos de erosión cerca de la costa evidenciado por la presencia de conglomerados y los fósiles de conchas. En el segmento superior (?) se puede evidenciar un ligero descenso en el nivel del mar, pasando a un ambiente más tranquilo cercano a la costa, deducido a partir de la presencia de fósiles de hojas en perfecto estado.



Figura 27. Afloramiento de la Formación Munguidó sobre el Río Fujiado; intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas en capas delgadas. Estación L01-100 A – Anexo 2.

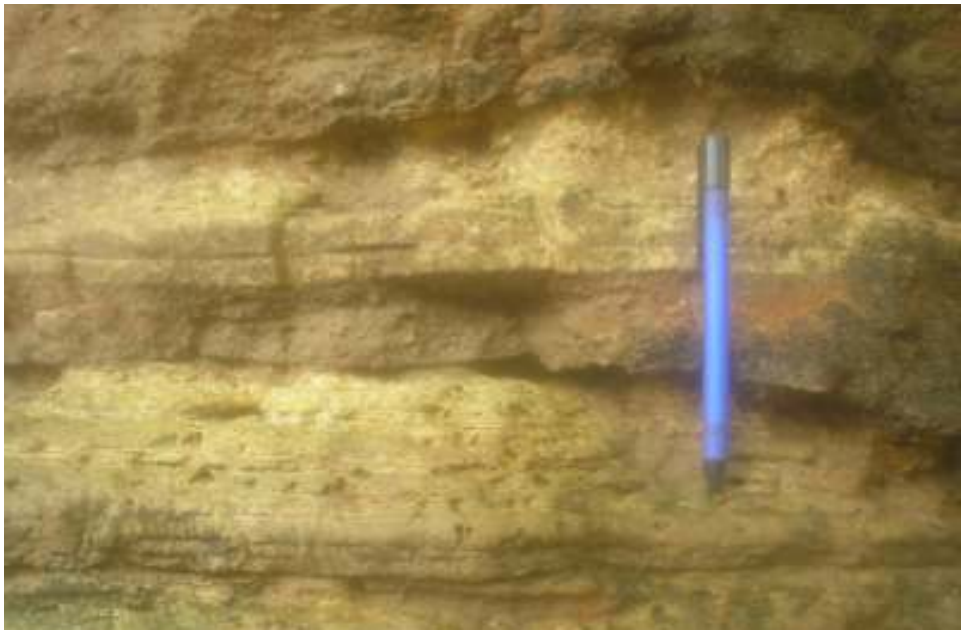


Figura 28. Intercalación de areniscas lodosas, lodolitas arenosas y areniscas lodosas conglomeráticas, en capas muy delgadas a láminas gruesas. Estación L01-100 A – Anexo 2.



Figura 29. Areniscas de grano muy grueso a conglomerados de gránulos en capas delgadas, con desarrollo de estratificación cruzada. Estación L01-97 – Anexo 2.



Figura 30. Conglomerados polimícticos de guijos, granodecrecimiento a gránulos y areniscas conglomeráticas, con lentes de areniscas lodosas. Estación L01-100 B – Anexo 2.

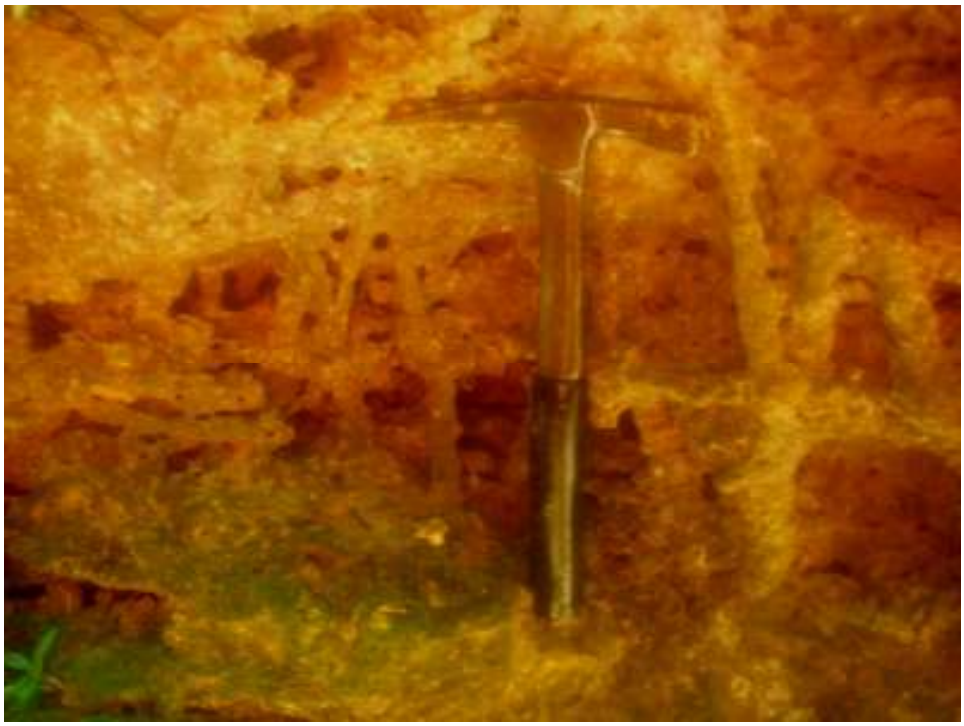


Figura 31. Areniscas altamente bioturbadas en la Formación Munguidó. Estación L01-138 – Anexo 2.

Edad. A estas rocas se les ha asignado una edad de Mioceno Tardío a Plioceno Temprano (Cossio, 2003), suprayaciendo las rocas de la Formación Condoto.

Correlaciones. Esta unidad se correlaciona temporalmente con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato en sentido de INGEOMINAS (Zapata, 2001, plancha 204; Cossio, 2003, plancha 203) la cual fue descrita por Hafner (1967, *en* Zapata 2001) en el Río Munguidó. Para la cuenca del San Juan, esta unidad se correlaciona muy bien con la Formación Nóvita, propuesta por Cossio (2003) para la geología de la plancha 222 – Sipí. (Ver Figura 1).

En la plancha 241, en el extremo Sur de la línea ANH-CHBN-2005-01, Montoya (2000, 2002) propone la unidad "Sedimentitas lodoso-arenosas", la cual correlaciona con la Formación Sierra de la cuenca del Atrato, y corresponde muy bien con la Formación Munguidó.

Es de resaltar que la Formación Munguidó es muy difícil de diferenciar de la Formación Condoto dada la gran similitud litológica, incluyendo la presencia de fósiles de plantas en ambas unidades; una característica distintiva son los colores rojizos y crema que presenta la Formación Munguidó.

2.2.5. Formación Atrato (Ngpa)

Se compone por sedimentos no muy consolidados que afloran en la línea ANH-CHBN-2005-01 en alrededores de los cruces con las líneas ANH-CHBN-2005-06 y -08, con un amplio segmento cubierto por depósitos recientes de los ríos Cajón y Sipí. Geomorfológicamente se caracteriza por presentarse como un nivel de terraza, con topografía ondulada, ligeramente disectada, con pendientes moderadas. Este nivel de terraza se observa desde la estaca 3205 (al Sur del río Tamaná) buzando suavemente hacia el Sur, pasando el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-06, hasta la estaca 2539, donde empiezan los depósitos recientes de los ríos Cajón, San Juan y Sipí.

Otro segmento de esta unidad se presenta al Sur del Río Sipí (hasta la estaca 1733), donde hay un posible contacto discordante con la infrayacente Formación Munguidó. Esta formación se presenta en afloramientos pequeños y aislados asociados a pequeñas quebradas. Su contacto superior es erosivo respecto a los depósitos cuaternarios suprayacentes, mientras que el contacto inferior no se observó, aunque se supone suprayaciendo discordantemente las formaciones Condoto y Munguidó.

Litología. De acuerdo a las observaciones de campo, la Formación Atrato está conformada por capas lenticulares casi horizontales y poco consolidadas (friables y deleznables) de conglomerados con intercalaciones de areniscas y lodolitas.

Los conglomerados son polimícticos, de bajo grado de consolidación, masivos, clasto a matriz soportados, con matriz de arena media a gruesa color gris claro con tonos amarillentos y pardo-rojizos por meteorización. Los clastos son subangulares a subredondeados, mal seleccionados, con tamaño predominante de gránulos a guijos. La composición predominante de los clastos es: chert, cuarzo lechoso, lodolitas y areniscas. (Figura 32).



Figura 32. Conglomerados polimícticos poco consolidados de la Formación Atrato, con intercalación de un tronco ligeramente carbonizado. Estación L01-93 – Anexo 2.

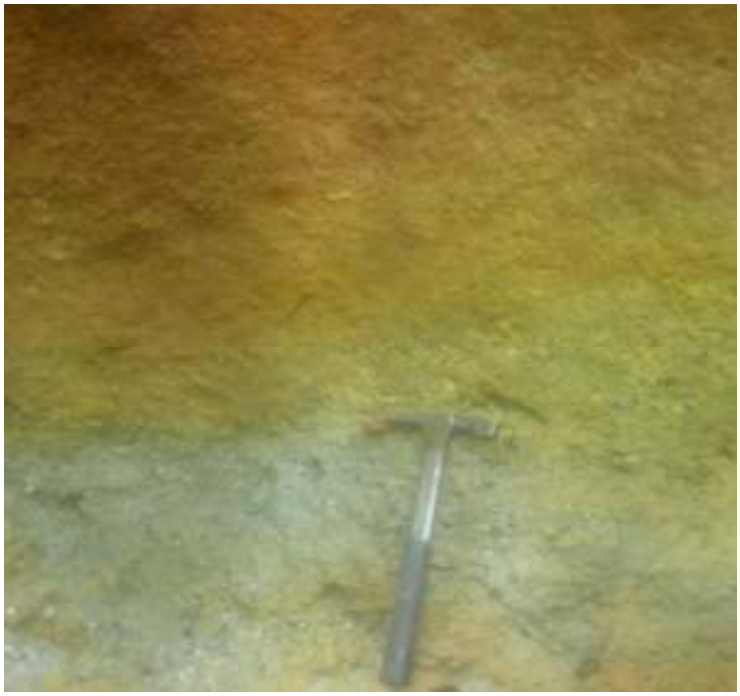


Figura 33. Intercalación de areniscas conglomeráticas con tonos grisáceos y pardos amarillentos. Estación L01-93 – Anexo 2.



Figura 34. Areniscas conglomeráticas de color rojo ladrillo con tonos amarillentos. Estación L01-93 – Anexo 2.

Las areniscas varían en tamaño de grano, predominan de grano medio a conglomeráticas con clastos de gránulos. Presentan un color gris claro con tonos amarillentos por meteorización, y localmente se presentan intercalaciones de capas muy gruesas de areniscas color rojo ladrillo, (figuras 33 y 34). Ocasionalmente se presentan intercalaciones de niveles carbonosos, con abundantes restos de madera y hojas.

Ambiente. La litología sugiere un ambiente continental fluvial. El predominio de conglomerados y areniscas de grano medio a conglomeráticas sugiere un ambiente fluvial de alta energía, con áreas de inundación que permiten la depositación de material más fino.

Edad. La edad de la Formación Atrato se ha asignado al Mioceno tardío – Plioceno (Cossio, 2003).

Correlaciones. La Formación Atrato se correlaciona con la Formación Quibdó de la Plancha 203 de Ingeominas (Cossio, 2003) y la Formación Raposo de las Planchas 222 (Cossio, 2003) y 241 (Montoya, 2000); ver Figura 2.

2.2.6. Depósitos Cuaternarios (Qal – Qt)

Durante el reconocimiento geológico a través de la línea sísmica, y en especial en el segmento Sur, se observaron depósitos cuaternarios formando aluviones y llanuras de inundación asociados a los principales drenajes del área: entre las estacas 1327 a 1379 (Río Fujiadó), 1670 a 1688 (Quebrada Cumperro), 1877 a 2103 (Río Sipí), 2473 a 2539 (Río Cajón), 3205 a 3393 (Río Tamaná). Entre las estacas 2103 a 2473, se presenta un nivel terraza aluvial que varía entre 20 y 30 m.s.n.m., la cual se encuentra entre las llanuras aluviales de los ríos Cajón al Norte, Sipí al Sur y San Juan al occidente. Estos depósitos aluviales corresponden a 896 estacas, equivalentes a 22.4 Km. de la línea sísmica.



Figura 35. Barra de punta en un meandro sobre el Río Condoto, en donde se depositan sedimentos gruesos como cantos y guijos.



Figura 36. Zonas pantanosa o de "chuquias", correspondiente a la llanura de inundación del Río Tamaná.

Litología y ambiente. Los depósitos son de origen aluvial y conforman una superficie plana subyacida por acumulaciones no consolidadas de gravas, arenas y limos, en general con abundante materia orgánica. Los sedimentos más gruesos (guijos, cantos y bloques) se observan principalmente hacia la parte alta de los ríos (*e.g.* hacia el Norte para el Río San Juan) en donde se desarrollan amplias "playas" que constituyen barras longitudinales o barras de punta de los meandros (Figura 35).

Las zonas de llanura de inundación aluvial (Qal) normalmente se encuentran anegadas y forman áreas pantanosas o "chuquias" (Figura 36), las cuales están conformadas por depósitos no compactados de material de grano fino, el cual también puede ser el resultado de la meteorización de las rocas infrayacentes.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El marco tectónico regional está enmarcado, de manera general, por la convergencia de las placas Nazca y Suramericana. La subducción de la Placa Nazca crea un prisma de acreción hacia el occidente que incluye los sedimentos depositados en la cuenca de *forearc* y segmentos del basamento oceánico, desarrollando un abanico imbricado con vergencia Oeste. Estos abanicos imbricados pueden tener un componente de rumbo importante en dirección N a NE, como resultado de un posible proceso de subducción oblicua.

En el área de estudio de acuerdo con Barrero (1979), Nivia et al. (1997) y Nivia (1998) (*en* Montoya, 2000) la Cordillera Occidental se caracteriza por una tectónica compresiva regional con grandes cabalgamientos que afectan las rocas de edad cretácica y terciaria, así como grandes fallas de rumbo e inversas a todas las escalas; principalmente con dirección N-NE, N-NW y N-S, en algunos casos casi paralelos a la dirección de la línea sísmica (N30E).

Estructuralmente el área de la línea ANH-CHBN-2005-01 se divide en dos zonas claramente diferenciables: La primera y más marcada, en el segmento Norte de la línea ANH-CHBN-2005-01, la cual corresponde a la *"Zona Deformada de Istmina"* propuesta por Duque-Caro (1990a), caracterizada por involucrar rocas no más jóvenes al Mioceno Medio, presentando pliegues cortos, apretados y fallados, con fuertes buzamientos y una dirección en promedio de N60E; dado que el azimut de la línea sísmica es oblicua a esta dirección, estas estructuras no se identifican tan fácilmente. La segunda zona, en la parte Sur, afecta a rocas terciarias superiores y depósitos cuaternarios caracterizados por pliegues amplios y estructuras monoclinales con buzamientos subhorizontales hacia el Sur.

De esta manera, para realizar la descripción estructural del área de estudio, se divide la línea ANH-CHBN-2005-01 en dos zonas principales: La *Zona Sur,* que comprende desde estacas menores hasta el inicio de la zona "deformada" en cercanías de la estaca 4109, y afecta principalmente a unidades más jóvenes al Mioceno Medio (formaciones Conglomerados de La Mojarra, Condoto, Munguidó y Atrato). La *Zona Norte* se refiere a los elementos estructurales que afectan a las

unidades del Paleoceno al Mioceno Medio (Batolito de Mandé, formaciones Iró, Sierra e Istmina). Ver Tabla 1 y Anexo 1 – Perfil geológico.

ZONA ESTRUCTURAL		ESTACA	ELEMENTO ESTRUCTURAL
Sur	**Formación Munguidó**	921	Anticlinal
		Aprox. 1350	Anticlinal
	Formación Atrato	1733 - 3205	Terraza discordante hacia el S
	Formación Condoto	Aprox. 3393	Monoclinal hacia el S, con replegamientos
	Formación Conglomerados de La Mojarra	3601	Sinclinal
		3661	Anticlinal
	Formación Condoto	3985	Sinclinal
		4021	Anticlinal
Norte (*Zona deformada de Istmina*)	**Formación Iró**	4109	Falla inversa
		4121	Sinclinal
		4922	Falla Las Mojarras
	Formación Sierra	4529 - 4667	Sinclinal
	Formación Istmina	5130	Anticlinal
		5152	Falla de rumbo (?)
	Batolito de Mandé	5613-5657	Zona fracturada

Tabla 1. Elementos estructurales de la Línea ANH-CHBN-2005-01 observados en cada formación; las estacas indican la localización de cada elemento.

3.1. Zona Sur.

Presenta rasgos estructurales suaves que afectan principalmente a las formaciones Conglomerados de La Mojarra, Condoto, Munguidó y Atrato, desde el comienzo de la línea extendiéndose hacia el Noreste hasta el inicio de la "Zona Deformada de Istmina", el cual se marca en el contacto fallado entre las formaciones Conglomerados de la Mojarra al Sur e Iró al Norte. (Ver Anexo 1).

Esta zona se caracteriza por el desarrollo en general de una estructura monoclinal con buzamientos constantes al Sureste de bajo ángulo, de 10^0 a 30^0, conformado por

las formaciones Condoto y Munguidó, el cual es suprayacido discordantemente por un nivel de terraza antiguo que de igual manera esta buzando ligeramente hacia el Sur (Figura 32), el cual corresponde a la Formación Atrato (ver Anexo 1).

No se evidencia algún tipo de fallamiento o lineamiento mayor, sólo en la Estación L01-106 (Estaca 3504, ver Anexo 2) se identificó una posible falla menor inversa dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra, con vergencia NNW (Figura 37). Localmente se presentan replegamientos amplios de bajo ángulo, entre los que se destacan los anticlinales con eje N-S de las estaciones L01-138 (Estaca 921) y L01-100 (Anexo 2) para la Formación Munguidó, en las estaciones L01-108 y L01-109 sobre el Río Tamaná para la Formación Condoto (Figura 38).

Hacia el extremo Norte del área se destaca una zona ligeramente plegada, aunque manteniendo una tendencia de buzamientos hacia el SE (ver Figura 23), en la que se intercalan las formaciones Condoto y Conglomerados de La Mojarra, en una secuencia de estructuras sinclinales y anticlinales amplias con ángulos suaves a moderados (ver Anexo 1).



Figura 37. Posible falla con vergencia al NNW, dentro de la Formación Conglomerados de La Mojarra. Estación L01-106 – Anexo 29

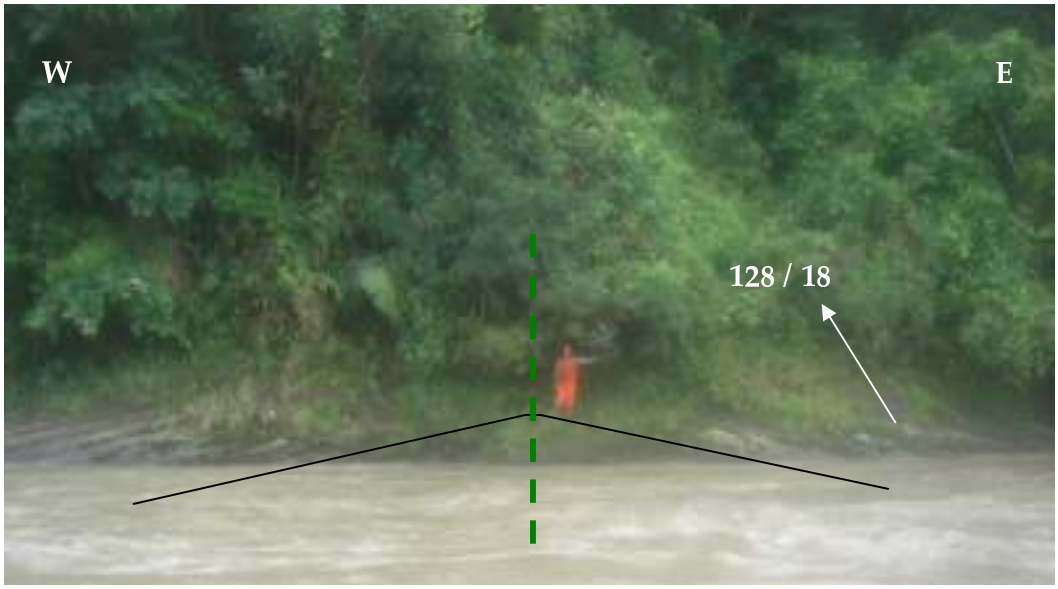


Figura 38. Replegamientos amplios a escala de afloramiento presentes en la Formación Condoto, con un buzamiento regional hacia el S. Estación L01-109 – Anexo 2.

La Formación Conglomerados de La Mojarra marca una zona de transición entre las zonas Sur y Norte, y puede corresponder a una unidad sintectónica, depositada como resultado del levantamiento de la Formación Iró, lo cual explicaría su litología, ambiente de formación, y la presencia de buzamientos relativamente altos cerca de la zona de falla (220/50, estaca 4085, Estación L01-49 Anexo 2) los cuales disminuyen hacia el Sur.

3.2. Zona Norte ("Zona Deformada de Istmina")

Afecta principalmente a las unidades más antiguas al Mioceno Medio, entre las que se encuentran: el Batolito de Mandé y las formaciones Iró, Sierra e Istmina, con desarrollo de secuencias de pliegues (anticlinales – sinclinales) subverticales y moderadamente apretados. En el área se observan pocas estructuras anticlinales, las cuales exhiben buzamientos moderados en sus flancos y se encuentran asociados a fallas en profundidad. Los sinclinales se presentan generalmente como estructuras amplias de buzamientos moderados en sus flancos, en promedio de 30^0. En general, se puede evidenciar que esta área presenta una tectónica compresiva caracterizada por la presencia de fallas inversas de alto ángulo.

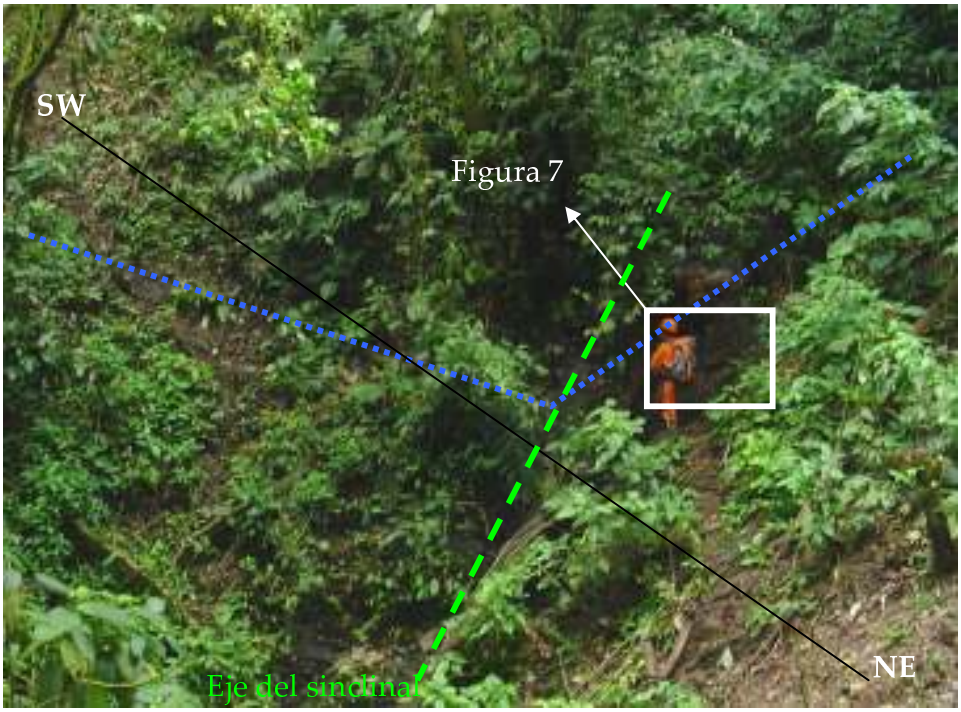


Figura 39. Sinclinal asociado a una falla en profundidad con vergencia al S, con el flanco trasero (frontal de una anticlinal) de alto ángulo (Figura 7). Estación L01-52 – Anexo 2.

La *Zona Deformada de Istmina* empieza en la zona de falla que pone en contacto las rocas de la Formación Conglomerados de La Mojarra de edad Mioceno Medio, con las lodolitas calcáreas y cherts fracturados de la Formación Iró de edad Paleoceno – Eoceno, inferida por el cambio litológico y la presencia de buzamientos de alto ángulo (55^0 a 85^0, ver Anexo 2 – Estaciones 50 a 52) como resultado de un sistema de fallas inversas de alto ángulo con vergencia al Sur (ver Anexo 1 – Perfil geológico). Como evidencia de este sistema de fallas, en las Figuras 39 y 7 (Estación L01-52 – Anexo 2) se puede observar un sinclinal, con un flanco trasero de alto ángulo (o flanco frontal de un anticlinal), indicando una vergencia del pliegue hacia el S, y la cercanía al contacto con la formación Conglomerados de La Mojarra.

Siguiendo hacia el Norte, se determinó una estructura sinclinal mayor inferida por el cambio litológico y la distribución espacial observada con ayuda de imágenes de satélite, entre las formaciones Sierra (Pgos) e Iró (Pgei), ubicando a la primera hacia

el centro de la estructura y la segunda en los flancos, con un eje en dirección NE, aproximadamente en la estaca 4583.



Figura 40. Replegamientos menores observados en la Formación Iró, sobre el Río Chato, al Sur del Volante 22, en cercanías al cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02.

Sobre el flanco Norte del sinclinal, en cercanías al cruce con la línea ANH-CHBN-2005-02, se observan algunos replegamientos menores aflorando sobre el Río Chato (Figura 40), aproximadamente en la estaca 4695, confirmando de esta manera la presencia de la Formación Iró en esta área.

Posteriormente, entre las estacas 4769 y 4969, la Formación Iró (Pgei) se caracteriza por la presencia de silos de composición diorítica a granodiorítica, los cuales entre las estacas 4821 y 4841 muestran desarrollo de foliación y diaclasamiento (ver Figuras 10 y 41, y Estaciones 27 y 28 – Anexo 2), posible evidencia de un proceso de metamorfismo dinámico, el cual se puede atribuir a la acción de la Falla Las Mojarras (Plancha 203 Istmina, Cossio, 2002) la cual aparece cercana a este segmento de la línea ANH-CHBN-2005-01, donde además se identifica el cambio litológico entre las formaciones Iró (al Sur) e Istmina (al Norte). No se pudo establecer claramente la ubicación del plano de falla, pero se infiere su ubicación sobre la línea sísmica en cercanías a la estaca 4922, teniendo en cuenta el cambio litológico, así como el lineamiento observado en imágenes de satélite que separa dos unidades litológicas. (Ver Anexo 1 – Perfil geológico).

Hacia la parte septentrional de la línea ANH-CHBN-2005-01 (entre las estacas 4922 a 5559) se presenta la Formación Istmina, la cual se caracteriza por presentar buzamientos moderados a altos evidenciando la existencia de pliegues y fallas. El segmento más importante se presenta alrededor del cruce de la línea con el Río San Juan; hacia el Sur se encuentra un anticlinal ligeramente apretado, cuyo eje pasa casi paralelo a la línea aproximadamente en la estaca 5130, el cual se puede interpretar a partir de imágenes satelitales y cuyo cabeceo hacia el NE se puede identificar a partir de los datos tomados en campo (Estaciones 14 y 78, ver Anexo 1 - Mapa geológico), los cuales evidencian la existencia de un flanco noroccidental frontal de alto ángulo (64^0, Estación L01-78) indicando la relación del pliegue con una falla de cabalgamiento en profundidad con vergencia al NW, la cual puede cruzar la línea aproximadamente en la estaca 5190, marcando el cambio topográfico del final de la llanura de inundación del Río San Juan (Estación L01-127 – Anexo 2). Es de resaltar, que dado el azimut de la línea ANH-CHBN-2005-01, y la dirección del eje del pliegue, esta estructura no es fácilmente identificable en la sección sísmica, ni se representa en el perfil geológico (Anexo 1).

En el afloramiento sobre el cruce de la línea ANH-CHBN-2005-01 con el Río San Juan (Estaca 5152, Estación L01-78 – Anexo 2), las rocas de la Formación Istmina se ven afectadas por una posible zona de falla de rumbo (estructura en flor), en la que no es posible identificar el sentido de movimiento, caracterizada por presentar planos de falla casi verticales con respecto a la estratificación (Figuras 42 y 43), con

fallas antitéticas y sintéticas y desplazamientos menores relativos en sentido normal e inverso (Figuras 44 y 45).



Figura 41. Foliación y posibles estrías de falla, presentes en silos de composición granodiorítica dentro de la Formación Iró. Estación L01-28 – Anexo 2.

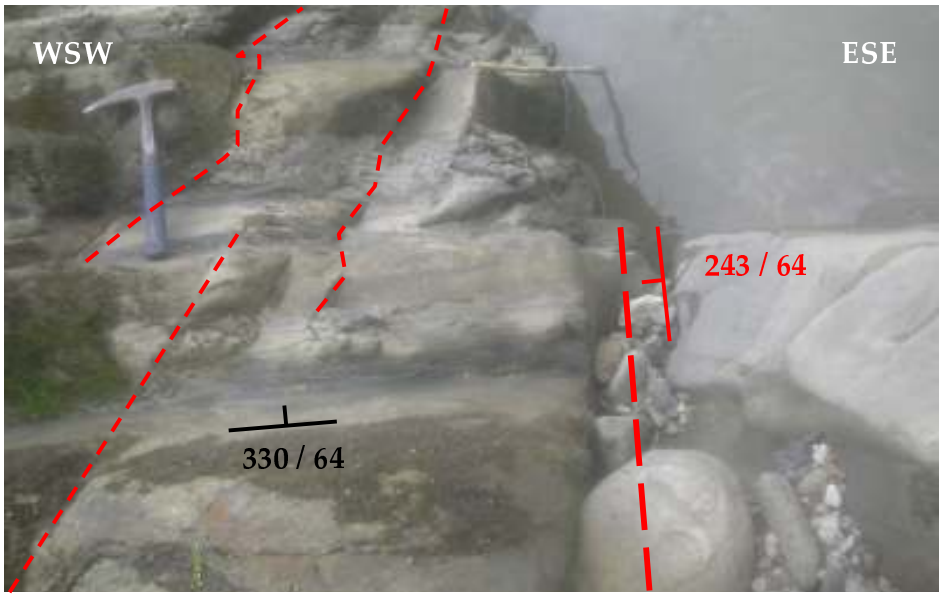


Figura 42. Falla de rumbo principal, evidenciando la falta de continuidad lateral entre los dos bloques, y fracturamiento incipiente. Estación L01-78 – Anexo 2.



Figura 43. Plano de falla principal, con una separación de 5 a 10 cm entre bloques, y un espesor de brecha de falla de aproximadamente 40 cm. Estación L01-78 – Anexo 2.

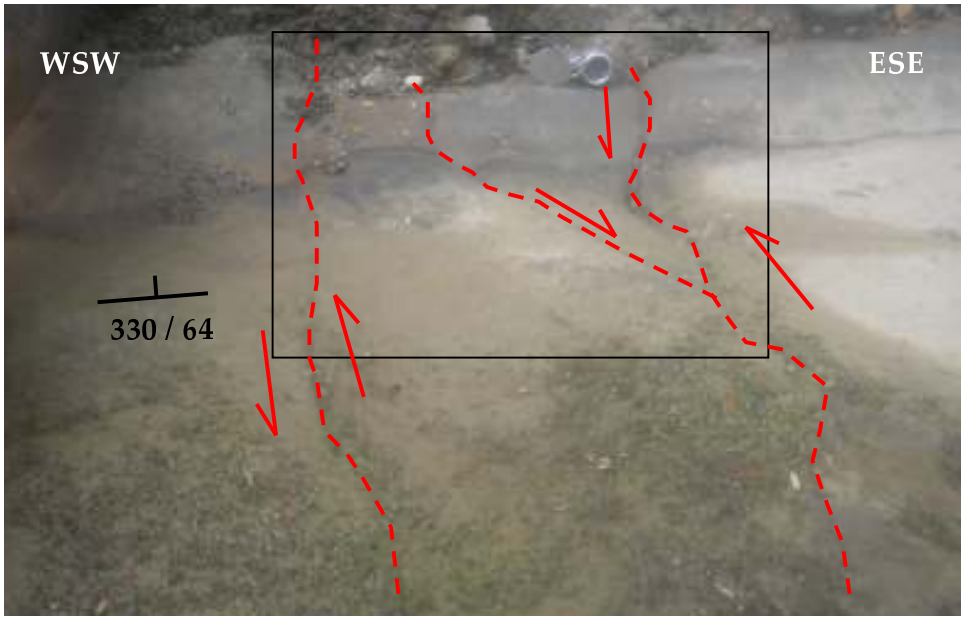


Figura 44. Fallas sintéticas y antitéticas asociadas al desplazamiento principal, perpendiculares a la estratificación. Ver detalle en la Figura 45. Estación L01-78 – Anexo 2.

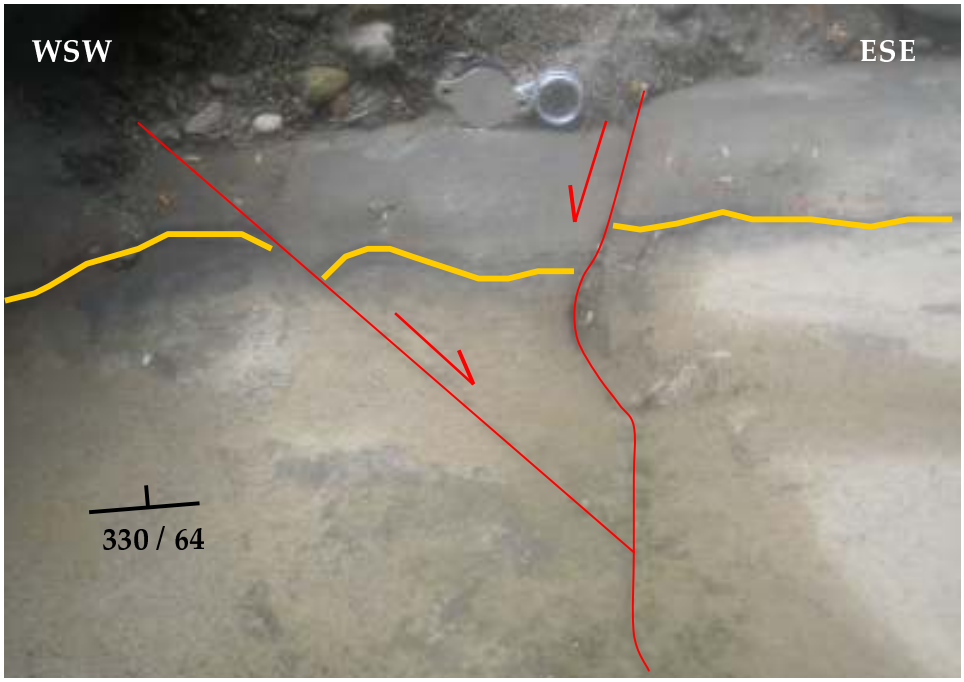


Figura 45. Fallas menores con desplazamientos relativos normales e inversos a pequeña escala, característicos de las fallas de rumbo. Estación L01-78 – Anexo 2.



Figura 46. Lodolitas calcáreas *(mudstone)* de la Formación Sierra, presentando alto fracturamiento y replegamientos menores. Estación L01-10 – Anexo 2..

Se puede evidenciar que el desplazamiento de rumbo es más antiguo que el proceso de cabalgamiento, dado que la disposición actual de las capas con un alto ángulo de buzamiento (64^0 en la Estación L01-78) permite observar el desplazamiento de rumbo desarrollado previamente cuando las capas se encontraban subhorizontales. Infrayaciendo la Formación Istmina, posiblemente de manera discordante, se encuentra la Formación Sierra, la cual cerca al contacto con el Batolito de Mandé, presenta replegamientos a escala de afloramiento al igual que un alto diaclasamiento con una dirección predominante de fiSura de $340/44^0$ (ver Figura 46).

Finalmente sobre las rocas del Batolito de Mandé, en el extremo Norte de la línea, se observa el desarrollo de 3 familias de diaclasas, la principal con buzamiento hacia el NE, la segunda hacia el SE, y la tercera hacia el NW (ver Figuras 47 y 48), lo cual puede ser evidencia de una zona de falla la cual podría ser el límite con la Formación Sierra, aunque se ha interpretado un contacto inconforme, como fue propuesto por Taylor (1965 *en* Rodríguez, 1990).

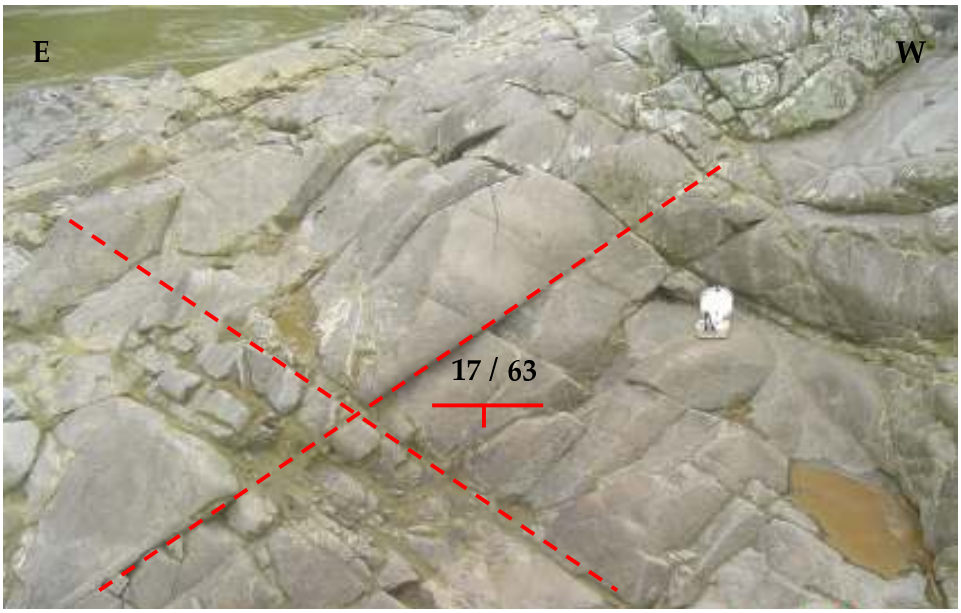


Figura 47. Tres familias de diaclasas y observadas sobre dioritas del Batolito de Mandé que afloran sobre el río Andágueda. Estación L01-12 – Anexo 2 (Estaca 5652).



Figura 48. Familias de diaclasas y fracturamiento presente sobre las rocas intrusivas del Batolito de Mandé. Estación L01-12 – Anexo 2.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo, y los estudios geológicos realizados previamente en el área (e.g. Duque-Caro, 1990 a, b, c, Ingeominas, ANH), la línea sísmica ANH-CHBN-2005-01, pasa casi paralelamente al frente del piedemonte occidental de la Cordillera Occidental de Colombia, sobre dos zonas estructurales bien diferenciadas que involucran todo el registro sedimentario de la Cuenca del San Juan.

- La Zona Sur, es la más tranquila tectónicamente, presentando pliegues amplios y estructuras monoclinales con buzamientos subhorizontales hacia el Sur; en ella afloran rocas posteriores al Mioceno Medio, entre las que se encuentran: La Formación Condoto (Mioceno Medio), caracterizada por una intercalación de lodolitas arenosas y areniscas lodosas grises, con paquetes de conglomerados polimícticos bien consolidados, presentando localmente fósiles de plantas, y material calcáreo. La Formación Munguidó (Mioceno Tardío), con una litología muy similar a la unidad anterior, y localmente con presencia de fósiles de plantas, bivalvos y gasterópodos. Y la Formación Atrato (Plioceno), correspondiente a un antiguo nivel de terraza conformado por rocas poco consolidadas que van de lodolitas a conglomerados polimícticos matrizsoportados, localmente con presencia de troncos parcialmente carbonizados.

- La Zona Sur presenta amplias áreas correspondientes a depósitos recientes (Formación Atrato y depósitos cuaternarios) los cuales pueden cubrir estructuras en el subsuelo, como lo evidencia la presencia de afloramientos de la Formación Condoto sobre el Río San Juan, presentando altos buzamientos, correspondiendo al flanco de una depresión rellena por sedimentos más jóvenes (formaciones Munguidó y Atrato).

- La Zona Norte, corresponde a la *"Zona Deformada de Istmina"*, caracterizada por presentar pliegues relativamente cortos y apretados como resultado de fallas de cabalgamiento en profundidad, con fuertes buzamientos y una dirección predominante de N60E, en donde también se puede evidenciar la existencia de fallas de rumbo posiblemente previas a la etapa de cabalgamiento.

- La *"Zona Deformada de Istmina"* afecta rocas no más jóvenes al Mioceno Medio, entre las que se encuentran: El Batolito de Mandé (Paleoceno – Eoceno), correspondiente a un cuerpo intrusivo de composición diorítica. La Formación Iró (Paleoceno Tardío – Eoceno), constituida por intercalaciones de calizas, cherts, y lodolitas, con presencia de silos de composición granodiorítica. La Formación Sierra (Oligoceno), conformada por una intercalación de lodolitas calcáreas, areniscas calcáreas, calizas, y areniscas y conglomerados polimícticos matriz soportados hacia la base (?). Y finalmente, la Formación Istmina (Mioceno Temprano), compuesta por una secuencia monótonoa de areniscas lodosas, lodolitas arenosas y conglomerados polimícticos bien consolidados, con presencia de abundante material carbonoso y capas delgadas de carbón.

- La Formación Conglomerados de La Mojarra (Mioceno Temprano tardío – Mioceno Medio) está conformada por una sucesión monótona de gran espesor de conglomerados bien consolidados, con clastos de tamaño gránulos a cantos, subredondeados a redondeados de chert, calizas, areniscas, limolitas, cuarzodioritas y rocas volcánicas, que flotan en una matriz arenosa de grano medio a grueso con esporádica cementación calcárea. Esta unidad puede corresponder a una unidad sintectónica depositada como resultado del levantamiento de la Formación Iró, explicando así su litología, ambiente de formación, y su ubicación en la zona de transición entre las zonas Sur y Norte.

- El Complejo Ultramáfico del Alto Condoto (Mioceno Temprano), al que se asocian tres cuerpos intrusivos correspondientes a gabros, puede ser evidencia del proceso de subducción de la Placa Nazca sobre la Suramericana, y de la alta actividad tectónica ocurrida a finales del Mioceno Temprano.

- De esta manera, la cuenca del San Juan y en especial el área correspondiente al piedemonte de la Cordillera Occidental, ha sido afectada por un tectónica compresiva como resultado de un proceso de subducción, con un evento muy importante ocurrido entre finales del Mioceno Temprano y comienzos del Mioceno Medio, el cual pudo haber empezado con un desplazamiento de rumbo dextral sobre una falla en la base del piedemonte (*e.g.* Falla Tadocito?, Línea ANH-CHBN-2005-02), seguido (y tal vez de manera sincrónica) por desplazamientos inversos que dieron lugar a un abanico imbricado con

vergencia al NW, el cual se "apila" en el extremo Norte del área formando la denominada *"Zona Deformada de Istmina"*. Como resultado del levantamiento producido en la Zona Norte, y sintectónicamente (?), se deposita la Formación Conglomerados de la Mojarra a manera de un gran abanico aluvial.

- La Formación Sierra (en la nomenclatura de la ANH), corresponde a una unidad de transición entre las formaciones Iró e Istmina, presentando una gran similitud litológica en distintos segmentos con ambas unidades, por tal razón se sugiere omitir el uso de la unidad, evitando de igual manera problemas por homonimia con la Formación Sierra descrita por otros autores (Duque-Caro 1990), adoptando la división realizada por Ingeominas, en donde no se describe alguna unidad entre los depósitos marinos profundos de la Formación Iró (formaciones Tadó o Sataqui para Ingeominas) y los depósitos continentales a marino someros de la Formación Istmina (Formación Uva), donde la Formación Sierra puede corresponder a un segmento inferior de la Formación Uva.

- Es importante recalcar que dadas las condiciones geográficas del proyecto, el reconocimiento geológico de la línea ANH-CHBN-2005-01 se realizó a partir de afloramientos puntuales y relativamente aislados a lo largo de la línea, lo cual impide desarrollar un levantamiento geológico de gran detalle, donde se puedan realizar mediciones aproximadas de los espesores de las unidades observadas.

- Se recomienda realizar análisis de datación bioestratigráfica para revalidar la información recogida en campo, principalmente entre aquellas unidades que presentan una gran similitud litológica, como entre las formaciones Sierra, Istmina, Conglomerados de La Mojarra, Condoto y Munguidó, así como entre las formaciones Iró y Sierra.

REFERENCIAS

- Calle, B. y Salazar, G. 1999. Geología de la plancha 185 Bagadó. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2002. Geología de la Plancha 203 Istmina. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Cossio, U. 2003. Geología de las planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Duque-Caro, H., 1990 a. Major Neogene events in Panamic South America. In Tsuchi, R. (Ed.), Pacific Neogene Events. Tokyo, University of Tokyo Press, pp. 101 – 113.

- Duque-Caro, H. 1990 b. The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1, pp. 71 – 84.

- Duque-Caro, H. 1990 c. Neogene stratigraphy, paleocenography and paleobiogeography in the northwest South America and the evolution of the Panama seaway. Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, No. 77, pp. 203 – 234.

- Montoya, D. 2000. Geología de las planchas 240 Pichimá, 241 Cucurrupí, 259 Malaguita y 260 Aguas Claras. Departamentos de Chocó y Valle del Cauca. Escala 1:200.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Montoya, D. 2002. Geología de la plancha 241 Cucurrupí. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Parra, E. y Salazar, G. 1999. Geología de la plancha 185 Bagadó. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Peña, J. H. 1997. Informe Técnico Anual (1996); Contrato de Asociación Chocó Central. Repsol Exploración Colombia. ECOPETROL. Bogotá.

- Rodríguez, E. 1990. Informe geológico: Área de asociación Istmina. TEXAS PETROLEUM CO. Informe 2352, ECOPETROL. Bogotá.

- Suárez, M. 1990. Estado actual del conocimiento geológico de la Provincia del Pacífico. ECOPETROL. Bogotá.

- Zapata, G. 2000. Geología de las planchas 163 Nuquí, 164 Quibdó, 183 Coquí, 184 Lloró. Departamento del Chocó. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Memoria explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. 2002. Geología de la Plancha 184 Lloró. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

- Zapata, G. y Cossio, U. 1999. Geología de la Plancha 204 Pueblo Rico. Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS.

ANEXOS

ANEXO 1

1. Mapa geológico

2. Corte geológico

ANEXO 2

1. Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-01.

2. Listado de muestras de pozo de la Línea ANH-CHBN-2005-01.

3. Formatos de "Estaciones de campo"

1. Listado de estaciones de campo y muestras de mano recolectadas de la Línea ANH-CHBN-2005-01.

ESTACIÓN	ESTACA Y/O COORDENADAS	FORMACIÓN	DATO ESTRUCTURAL	MUESTRA^	TIPO DE ROCA^	PROPOSITO*
L01-01	5388	Ngmi	65/15	L01-01	Arenisca lítica	PP, B
L01-02	5409	Nguc		L01-02	Gabro microporfirítico	PP
L01-03	5458	Ngmi		L01-03	Arenisca conglomeratica. calcárea	PP
L01-04	5480	Ngmi	290/22	L01-04 A	Arenisca	PP, B
				L01-04 B	Arenisca lodosa	
L01-05	5501	Ngmi				
L01-06	5519-5522	Ngmi		L01-06	Arenisca conglomerática	PP, B
L01-07	5545	Ngmi	270/40			
L01-08	5570	Pgos		L01-08	Caliza (packstone)	PP, B
L01-09	5584	Pgos		L01-09	Caliza (Wackstone)	PP,B
L01-10	E: 1080378 N: 1087598	Pgos	270/75	L01-10	Caliza (Mudstone)	PP, B
L01-11	5620	Pgos		L01-11	Diorita	PP, G
L01-12	E: 1081854 N: 1088560	Pgem	Di: 25/80 Di: 365/60	L01-12 A	Diorita	PP
				L01-12 B	Basalto	
				L01-12 C	Granodiorita	
L01-13	E: 1080158 N: 1089098	Pgem		L01-13	Gabro?	PP, G
L01-14	E: 1075799 N: 1078021	Ngmi	80/45			
L01-15	E: 1073313 N: 1076842	Qal				
L01-16	E: 1073143 N: 1076418	Ngmi				
L01-17	E: 1073134 N: 1076094	Nguc		L01-17	Gabro?	PP, G
L01-18	E: 1072843	Nguc		L01-18	Gabro	PP, G

	N: 1075745					
L01-19	E: 1072764 N: 1075661	Nguc				
L01-20	E: 1072650 N: 1075444	Ngmi	110/65			
L01-21	E: 1072640 N: 1075109	Nguc				
L01-22	4907	Pgpei		L01-22	Diorita	PP, G
L01-23	E: 1070102 N: 1073370	Pgpei				
L01-24	4875	Pgpei	180/55?			
L01-25	E: 1069955 N: 1072981	Pgpei	80/56	L01-25	Arenisca lodosa lítica	PP, B
L01-26	4867	Pgpei				
L01-27	4834	Pgpei		L01-27	Granodiorita - Diorita	PP
01-28	4829	Pgpei	Fol: 230/50			
L01-29	4821	Pgpei		L01-29	Diorita	PP
L01-30	4814	Pgpei				
L01-31	4810	Pgpei				
L01-32	4798	Pgpei	Fol: 320/70			
L01-33	4785	Pgpei		L01-33	Diorita	PP
L01-34	4776	Pgpei		L01-34	Diorita foliada	PP
L01-35	4774	Pgpei				
L01-36	4758	Pgpei		L01-36	Lodolita	PP, B
L01-37	4679	Pgpei	150/70			

L01-38	E: 1066766 N: 1068787	Pgos				
L01-39	E: 1066749 N: 1068727	Pgos		L01-39	Arenisca lítica	PP, B
L01-40	4558	Pgos				
L01-41	E: 1065523 N: 1066114	Pgos				
L01-42	E: 1065727 N: 1065831	Pgos	170/35	L01-42	Arenisca	PP, B
L01-43	E: 1065798 N: 1065215	Pgpei	190/40	L01-43	Lodolita	B
L01-44	4498	Pgpei				
L01-45	3965	Ngmc	160/35			
L01-46	4015	Ngmc	180/35			
L01-47	4057	Ngmcm				
L01-48	4083	Ngmcm	70/30?	L01-48	Conglomerado	PP, B
L01-49	4085	Ngmcm	220/50			
L01-50	4110	Ppgei	280/55	L01-50	Caliza (*mudstone*)	PP, B
L01-51	4113	Pgpei	290/62			
L01-52	4121	Pgpei	230/80 // 270/85 272/80			
L01-53	4155	Pgpei		L01-53 A L01-53 B	Lodolita Chert silíceo	PP, B
L01-54	4194	Pgpei				
L01-55	4195	Pgpei		L01-55	Roca intrusiva Gabro?	PP
L01-56	4218	Pgpei			Roca intrusiva Gabro?	PP
L01-57	4248	Pgpei		L01-57	Gabro	PP, G
L01-58	4261	Pgpei				
L01-59	4350	Pgpei	220/35 // 122/35	L01-59	Caliza (packstone)	PP, B
L01-60	E: 1060489 N: 1062852	Pgos?				
L01-61	E: 1058372 N: 1061825	Pgpei	170/50	L01-61	Caliza (packstone)	PP, B
L01-62	E: 1054403 N: 1059348	Pgos		L01-62	Arenisca lodosa calcárea	PP, B

L01-63	E: 1054363 N: 1059454	Pgos	85/55			
L01-64	E: 1053569 N: 1059187	Pgos	110/25	L01-64	Caliza (*packstone*)	PP, B
L01-65	E: 1052637 N: 1057863	Pgos	280/15	L01-65	Lodolita calcárea	PP, B
L01-66	E: 1052904 N: 1058213	Pgos	320/30			
L01-67	E: 1051920 N: 1057767	Pgos	170/50			
L01-68	E: 1051198 N: 1058318	Pgos?	145/35			
L01-69	E: 1050854 N: 1057949	Pgos?	150/35			
L01-70	E: 1047811 N: 1056618	Ngmcm	150/35			
L01-71	3785	Ngmc	150/35			
L01-72	3781	Ngmc	168/12			
L01-73	3772	Ngmc	170/22	L01-73	Conglomerado	PP
L01-74	3746	Ngmc	140/20	L01-74	Arenisca lítica	PP, B
L01-75	3723	Ngmc				
L01-76	3680	Ngmc	355/10			
L01-77	3640	Ngmc	190/20			
L01-78	5152	Ngmi	330/64 Plano de falla: 243/64	L01-78 A	Lodolita	B
				L01-78 B	Arenisca lítica	PP, B
				L01-78 C	Conglomerado	PP
L01-79	5209	Ngmi		L01-79 A	Arenisca lítica	PP, B
				L01-79 B	Lodolita	
L01-80	5297	Ngmi		L01-80	Arenisca lítica	PP, B
L01-81	E: 1076616 N: 1080806	Ngmi	315/80			
L01-82	E: 107631 N: 1082367	Ngmi	185/40 // 189/20	L01-82	Lodolita arenosa	PP, B
L01-83	E: 1077693 N: 1082607	Ngmi	249/6 // 190/26 220/36			
L01-84	E: 1058270 N: 1055387	Ngmcm	168/15	L01-84	Conglomerado polimíctico	PP, G
L01-85	E: 1057064 N: 1055419	Ngmc	204/25	L01-85	Arenisca	PP, B
L01-86	E: 1057187	Ngmc	124/30	L01-86	Conglomerado	PP

	N: 1055003				polimíctico	
L01-87	E: 1057324 N: 1054735	Ngmc		L01-87 A L01-87 B	Arenisca lodosa lítica	PP, B
L01-88	E: 1057324 N: 1054735	Ngmc	130/32 Di: 320/65			
L01-89	E: 1056352 N: 1054101	Ngmc				
L01-90	E: 1055713 N: 1053892	Ngmc	138/16	L01-90	Arenisca conglomerática	PP, B
L01-91	E: 1054858 N: 1053489	Ngmc	149/25			
L01-92	E: 1055524 N: 1053167	Ngmc	130/26			
L01-93	2629	Ngpa		L01-93 A	Carbón	G
				L01-93B	Arenisca conglomerática	PP, B
				L01-93 C	Conglomerado	PP
L01-94	2606	Ngpa				
L01-95	E: 1025195 N: 1010272	Ngpa		L01-95	Arenisca lodosa	PP, B
L01-96	1427	Ngmm		L01-96 A L01-96 B	Arenisca lodosa	PP, B
L01-97	1428	Ngmm	96/8 // 124/10	L01-97	Arenisca lodosa	PP, B
L01-98	1450	Ngmm				
L01-99	E: 1017581 N: 1001026	Ngmm	175/66	L01-99	Lodolita arenosa	PP, B
L01-100	E: 1018784 N: 1001308	Ngmm	85/10? // 95/8 285/10?			
L01-101	3603	Ngmcm				
L01-102	3573	Ngmcm	134/10	L01-102	Lodolita arenosa	PP, B
L01-103	3560	Ngmcm	48/13			
L01-104	3553	Ngmcm				
L01-105	3536	Ngmcm				
L01-106	3504	Ngmcm	Plano de falla: 155/30?			
L01-107	3471	Ngmcm				
L01-108	E: 1048968 N: 1041937	Ngmc	195/30 // 175/30			
L01-109	E: 1049403	Ngmc	128/18 // 170/9	L01-109	Arenisca	PP, B

	N: 1042483				lodosa	
L01-110	4009	Ngmc				
L01-111	1147	Ngmm	100/20	L01-111	Arenisca lodosa	PP, B
L01-112	1068	Ngmm		L01-112	Conglomerado	PP
L01-113	1078	Ngmm	110/15	L01-113	Arenisca	PP, B
L01-114	1108	Qal				
L01-115	1127	Ngmm	140/15	L01-115	Arenisca lodosa	PP
L01-116	1152	Ngmm				
L01-117	1041	Ngmm	110/20	L01-117	Conglomerado	PP
L01-118	1007-1009	Ngmm	115/5	L01-118 A	Arenisca lodosa	PP
				L01-118 B	Conglomerado	
L01-119	1232	Ngmm	125/12	L01-119	Arenisca con lám. de carbón	PP, G
L01-120	1261	Ngmm	100/10			
L01-121	1307	Ngmm	110/12	L01-121	Lodolita	B
L01-122	E: 1016319	Ngmm	95/20	L01-122 A	Caliza (*mudstone*)	PP, B
	N: 1008730			L01-122 B	Caliza (*packstone*)	
				L01-122 C	Caliza (*packstone*)	
L01-123	E: 1016031	Ngmm	190/20 Di: 170/60			
	N: 1010638					
L01-124	1606	Qal				
L01-125	1560	Ngmm	260/15?			
L01-126	1753	Qal				
L01-127	5196	Qal/Ngmi				
L01-128	5202	Ngmi				
L01-129	5209	Ngmi	333/58			
L01-130	5297	Ngmi	265/25			
L01-131	5294	Ngmi	280/25			
L01-132	5304	Ngmi	275/25			
L01-133	5306	Ngmi	290/25			
L01-134	5330	Ngmi	290/25			
L01-135	5344	Ngmi	285/28			
L01-136	5348	Ngmi	280/30			
L01-137	878	Ngmm		L01-137	Arenisca lítica	PP, B

L01-138	921	Ngmm	120/20 // 295/20?	L01-138	Arenisca	PP
L01-139	929	Ngmm		L01-139 A L01-139 B	Lodolita arenosa	PP, B
L01-140	940	Ngmm		L01-140	Lodolita lítica	PP, B
L01-141	978	Ngmm	223/18 // 225/20	L01-141 A	Arenisca	PP
				L01-141 B	Lodolita	PP, B
				L01-141 C	Arenisca	PP
*(PP: Petrografía, B: Bioestratigrafía, G: Geoquímica)						

2. Listado de muestras de pozo de la Línea ANH-CHBN-2005-01

MUESTRA	SP
1	920,5
2	1133,5
3	1742,5
4	1762,5
5	2121,5
6	2201,5
7	2281,5
8	2321,5
9	2961,5
10	3041,5
11	3081,5
12	3121,5
13	3201,5
14	3401,5
15	3438,5
16	3441,5
17	3481,5
18	3930,5
19	3961,5

MUESTRA	SP
20	4081,5
21	4121,5
22	4241,5
23	4281,5
24	4321,5
25	4343,5
26	4441,5
27	4601,5
28	4646,5
29	4681,5
30	4721,5
31	4761,5
32	4801,5
33	4811,5
34	4881,5
35	4921.5
36	4997,5
37	5100,5
38	5243,5

MUESTRA	SP
39	5281,5
40	5361,5
41	5402,5
42	5443,5
43	5521,5
44	5601,5
45	5681,5
46	5761,5