



INFORME FINAL DE INTERPRETACIÓN SÍSMICA

Elaborado por: PETROSEIS LTDA.
Elaborado para: ANH.



Programa: ANH CHOCO 2D 2005
Fecha: 31 DE OCTUBRE DE 2011

PetroSeis Ltda.
Calle 94A # 13-59 Of. 201
Bogotá, D.C. – Colombia
TEL. (571) 6237493
Fax (571) 6237729

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. OBJETIVOS.....	8
4. ALCANCES DEL ESTUDIO.....	8
5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
6. GEOLOGÍA REGIONAL.....	10
6.1 MARCO TECTÓNICO REGIONAL.....	10
6.2 GEOLOGÍA DE CADA ZONA DE ESTUDIO.....	12
6.3 SISTEMA PETROLERO.....	18
7. DATOS SÍSMICOS PARA INTERPRETACIÓN.....	21
7.1 REPROCESAMIENTO.....	21
8. INTERPRETACIÓN.....	23
8.1 ANTECEDENTES.....	23
8.2 BASES DE DATOS.....	25
8.2.1 Pozos.....	26
8.2.2 Mapas Geológicos de Superficie.....	28
8.2.3 Calibración.....	29
8.2.4 Horizontes Interpretados.....	33
8.3 INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL.....	35
9. INTEGRACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROSPECTOS.....	42
10. PRODUCTOS FINALES.....	44
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
12. REFERENCIAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL PROGRAMA ANH CHOCÓ 2D 2005.	8
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL PROGRAMA ANH CHOCÓ 2D 2005	9
FIGURA 3. CONFIGURACIÓN ACTUAL DE PLACAS TECTÓNICAS EN BORDE PACÍFICO DE COLOMBIA.....	10
FIGURA 4. SECUENCIA DE EVENTOS TECTÓNICOS EN EL ARCO CHOCÓ.	11
FIGURA 5. ROTACIÓN SW-NE DE LOS EJES DE PLIEGUES EN ARCO CHOCÓ.....	13
FIGURA 6. ZONA TRANSPRESIVA DE LA CUENCA SAN JUAN DEFINIDA POR EL DESPLAZAMIENTO DESTAL RELATIVO QUE GENERAN LOS SISTEMAS DE FALLAS SAN JUAN Y DE GARRAPATAS.....	14
FIGURA 7. TRANSPRESIÓN EN FALLAS TRANSCURRENTES PARALELAS TIPO DÚPLEX, QUE PERMITEN EL DESARROLLO DE ESTRUCTURAS COMPRIMIDAS DE TIPO FLOR POSITIVA	15
FIGURA 8. SUCESIÓN DE EVENTOS TECTÓNICOS QUE AFECTARON EL BORDE PACÍFICO DE COLOMBIA CON CUADRO DE UNIDADES GEOLÓGICAS CORRESPONDIENTES.	16
FIGURA 9. COLUMNA CRONOESTRATIGRÁFICA Y AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN PARA LA CUENCA ATRATO..	17
FIGURA 10. COLUMNA CRONOESTRATIGRÁFICA Y AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN PARA LA CUENCA SAN JUAN.....	18
FIGURA 11. SECUENCIA DE EVENTOS DEL SISTEMA PETROLERO PARA LAS CUENCAS ATRATO (ARRIBA) Y SAN JUAN (ABAJO)... ..	20
FIGURA 12. LÍNEA ANHCHBN-2005-02. ARRIBA: MIGRACIÓN POST-APILAMIENTO EN TIEMPO, ABAJO: MIGRACIÓN PRE- APILAMIENTO EN TIEMPO.....	21
FIGURA 13. LÍNEA ANHCHBN-2005-04. ARRIBA: MIGRACIÓN POST-APILAMIENTO EN TIEMPO, ABAJO: MIGRACIÓN PRE- APILAMIENTO EN TIEMPO.....	22
FIGURA 14. MAPA DE BASAMENTO GRAVIMÉTRICO DE LAS CUENCAS ATRATO Y SAN JUAN, EN EL CUAL SE DISTINGUEN CLARAMENTE DOS PATRONES GRAVIMÉTRICOS	23
FIGURA 15. MODELOS ESTRUCTURALES PREVIOS QUE PROPONEN ESTRUCTURAS EN FLOR PARA LA ZONA DE DEFORMACIÓN DE ISTMINA QUE SEPARA LAS CUENCAS ATRATO Y SAN JUAN... ..	25
FIGURA 16. UBICACIÓN DEL PROGRAMA SÍSMICO ANH CHOCÓ 2D 2005 (COLOR ROJO).. ..	26
FIGURA 17. MAPA UBICACIÓN DE POZOS CON RESPECTO A LAS LÍNEAS SÍSMICAS PERTENECIENTES A ANH CHOCÓ 2D 2005.....	27
FIGURA 18. MAPA GEOLÓGICO DE SUPERFICIE DE COLOMBIA A ESCALA 1:500.000 DE INGEOMINAS (2007).....	28
FIGURA 19. PROYECCIÓN DEL POZO URODÓ-1 HACIA LA LÍNEA ANHCHBN-2005-02....	29
FIGURA 20. CALIBRACIÓN URODÓ-1 CON LA LÍNEA SÍSMICA ANHCHBN-2005-04....	30
FIGURA 21. POZO URODÓ-1 CON TOPES DESPLEGADOS SOBRE LA LÍNEA SÍSMICA ANHCHBN-2005-04.....	31
FIGURA 22. UBICACIÓN DEL POZO ANH-CHOCÓ-1-ST-P Y PROYECCIÓN SOBRE LA LÍNEA ANHCHBN-2005-01.....	31
FIGURA 23. CALIBRACIÓN ANH-CHOCÓ-1-ST-P CON LA LÍNEA SÍSMICA ANHCHBN-2005-01.....	32
FIGURA 24. CALIBRACIÓN ANH-CHOCÓ-1-ST-P EN TIEMPO SOBRE LA LÍNEA SÍSMICA ANHCHBN-2005-01....	33
FIGURA 25. CORRELACIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA PARA LAS UNIDADES INTERPRETADAS EN LAS CUENCAS ATRATO Y SAN JUAN.....	34
FIGURA 26. HORIZONTES INTERPRETADOS PARA LAS CUENCAS ATRATO Y SAN JUAN.....	35
FIGURA 27. PROGRESO DE LA DEFORMACIÓN REFERENCIADA A LA LÍNEA ANHCHBN-2005-01....	36
FIGURA 28. CAMBIOS DE ESPESORES EN LA CUENCA ATRATO ASOCIADO A INVERSIÓN DE FALLAS NORMALES ENTRE LAS EJES EOCENO TARDÍO A MIOCENO MEDIO.....	38

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

FIGURA 29. LÍNEA ANHCHBN-2005-04: IDENTIFICACIÓN DE POSIBLE DIAPIRO DE LODO EN LA CUENCA ÁTRATO, POSIBLEMENTE ASOCIADO A LA FALLA INVERSA.....	39
FIGURA 30. ZONA DEFORMADA DE ISTMINA DOMINADA POR LAS FALLAS INVERSAS DE ALTO ÁNGULO RÍO PEPE, DIPURDÚ DE LOS INDIOS Y SAN JUAN..	39
FIGURA 31. MODELO TRANSPRESIVO EN LA CUENCA SAN JUAN PRODUCTO DE LA COMPONENTE OBLICUA (NE-SO) DE LA COLISIÓN NAZCA-SURAMÉRICA, EVIDENCIADO EN EL PERFIL ANHCHBN-2005-01.....	40
FIGURA 32. LÍNEA ANHCHBN-2005-04.	41
FIGURA 33. MAPA ESTRUCTURAL ASOCIADO AL NIVEL DE BASE EOCENO CON LOS PROSPECTOS IDENTIFICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	43

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN DEL PROGRAMA ANHCHBN-2D-2005.	26
TABLA 2. INFORMACIÓN DE UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS POZOS PERTENECIENTES A ANH CHOCÓ 2D 2005.. . . .	26
TABLA 3. RELACIÓN DE REGISTROS PARA LOS POZOS PERTENECIENTES A ANH CHOCÓ 2D 2005.	26
TABLA 4. TOPES LITOESTRATIGRÁFICOS PARA EL POZO URODÓ-1...	29
TABLA 5. TOPES LITOESTRATIGRÁFICOS PARA EL POZO ANH-CHOCÓ-1-ST-P...	31
TABLA 6. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS INTERPRETADAS PARA EL PROYECTO ANHCHBN2D-2005...	33
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE INTERÉS.	42

1. RESUMEN EJECUTIVO

Nombre del servicio:	Interpretación de Datos Sísmicos.
Proyecto:	ANH Chocó 2D 2005 359,93 km.
Cuenca:	Chocó.
Datos Interpretados:	PSTM Componente Vertical.
Fecha de Interpretación:	Agosto de 2011.
Compañía:	PetroSeis Ltda.
Responsables:	
Por PETROSEIS:	
	Enrique García. Gerente General.
	Luis A. Espinel. Geólogo/Analista Líder de Procesamiento.
Por IGS:	
	Jesús Sierra. Control de Calidad del Procesamiento.
	Marlene Bonilla. Gerente de Proyecto.
	Crelia Padrón. Intérprete Senior.
	Evert Durán. Geofísico Analista.
	William Marín. Geofísico Analista.
Por ANH:	
	Cristian Peñafort. Geólogo / Subdirección Técnica.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe muestra la interpretación de sísmica P para la identificación de *leads* en el programa ANH Chocó 2D 2005, en la Cuenca Atrato San Juan, Colombia.

El programa ANH Chocó 2D 2005 es un levantamiento 2D adquirido en el año 2005 en la Cuenca Atrato San Juan. Geográficamente se encuentra ubicado en el departamento Chocó, municipios: Bagadó, Tadó, Río, Iró, Condoto, Nóvita, Sipí, Medio San Juan, Istmina, Río Quito, El Cantón de San Pablo (Managrú), Unión Panamericana, Cértegui, Pie de Pato (Alto Baudó), Medio Baudó y Bajo Baudó. Éste fue realizado para la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-. Consiste en cinco (5) líneas y cuenta con 7.459 disparos y un total de 359,93 km.

El informe muestra los resultados de la interpretación de los cinco (5) perfiles, de los cuales se cartografiaron cuatro (4) horizontes, y la definición de los estilos o dominios estructurales presentes en el área. Finalmente se presenta la identificación de *leads* y la clasificación de tipos de trampas asociados.

3. OBJETIVOS

- Interpretar las secciones sísmicas en tiempo del programa sísmico ANH Chocó 2D 2005 (359,93 km en total) adquiridos por la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-.
- Identificar posibles oportunidades a partir de los resultados de la interpretación estructural.

4. ALCANCES DEL ESTUDIO

La Figura 1 presenta las actividades llevadas a cabo para cada una de las etapas contempladas en el programa ANH Chocó 2D 2005.

- **Preliminar:** Revisión del marco tectónico-estructural del área de estudio.
- **Procesamiento:** Revisión y control de calidad del procesamiento sísmico para las líneas.
- **Interpretación:** Estructural de las secciones de onda P en tiempo, de los límites de secuencias sísmicas asociados a topes de formaciones y horizontes sísmicos de interés prospectivo. Definición de los estilos estructurales en el área de estudio.
- **Integración y Leads:** Identificación, localización, descripción y clasificación de los diferentes prospectos.

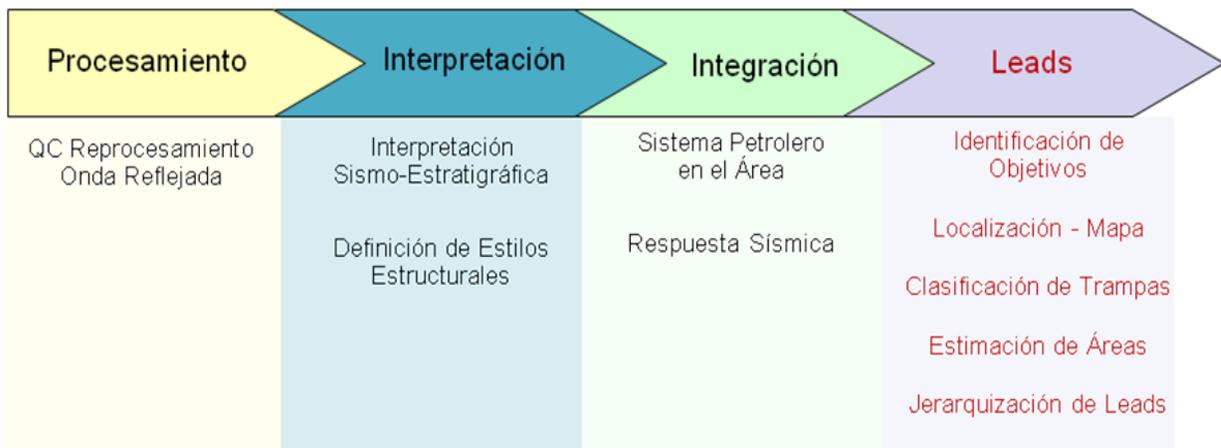


Figura 1. Actividades realizadas para el programa ANH Chocó 2D 2005.

5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Cuenca Chocó es una depresión alargada N-S ubicada al suroeste, margen Pacífico de Colombia. Al norte limita con el Istmo de Panamá, al sur con el Sistema de Fallas de Garrapatas, al este con el flanco occidental de la Cordillera Occidental y al oeste con la Serranía de Baudó (Figura 2).

Desde el punto de vista geológico, la Cuenca Chocó se divide en la Sub-Cuenca Atrato al norte y la Sub-Cuenca San Juan al sur, separadas por la Zona de Deformación de Istmina (Alto de Istmina-Condoto).

La Sub-Cuenca Atrato incluye las llanuras del Río Atrato y tiene un área aproximada de 19.200 km² y limita al este con la Cordillera Occidental y al oeste con la Serranía de Baudó. La Sub-Cuenca Atrato abarca las llanuras del Río San Juan con un área aproximada de 5.700 km². Limita al norte con el Sistema de Fallas de San Juan y al sur con la Falla de Garrapatas y las estribaciones occidentales de la cordillera Occidental.

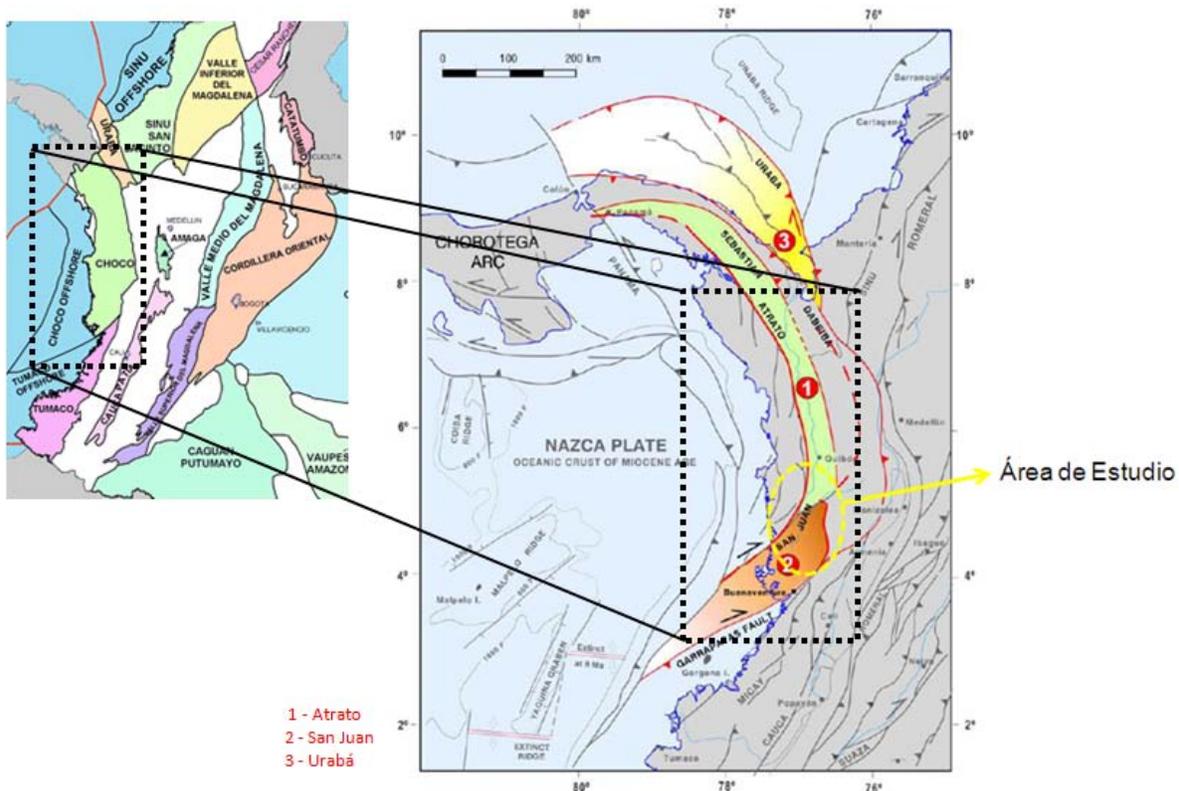


Figura 2. Ubicación del programa ANH Chocó 2D 2005. Las Sub-Cuencas San Juan y Atrato se delimitan por el recuadro de líneas segmentadas de color negro.

6. GEOLOGÍA REGIONAL

6.1 MARCO TECTÓNICO REGIONAL

El área de Chocó está ubicada en el margen convergente de las placas Nazca-Suramérica, que actualmente convergen a una tasa de 50-64 km/my (Kellogg y Vega, 1995), Figura 3. Esta convergencia parece ser un proceso que se inicia en el Jurásico cuando el borde NW de Suramérica sufrió la subducción de la placa Farallón, originando la fosa del Valle del Cauca a lo largo del antiguo borde occidental de la Cordillera Central de Colombia. Durante el Cretácico Tardío al Neógeno, ocurrieron acreciones regionales sucesivas de la corteza oceánica Mesozoica, en el margen de la placa Suramérica, las cuales controlaron el desarrollo de las sub-cuencas Atrato y San Juan y del Arco de Panamá, hasta cerrar la comunicación entre el Océano Pacífico y el Mar Caribe (Aspden et al., 1984; Estrada, 1995; Nivia, 1996). En el Neógeno la convergencia tuvo una reorganización importante con la separación de la placa Farallón en las placas Nazca y Cocos, a través de una serie de de crestas y fallas transformantes (Barckhausen y Mescheden, 2000; Ben-Avraham y McGeary, 1985; Duque-Caro, 1990a y 1990b; Mountney y Westbrook, 1997).

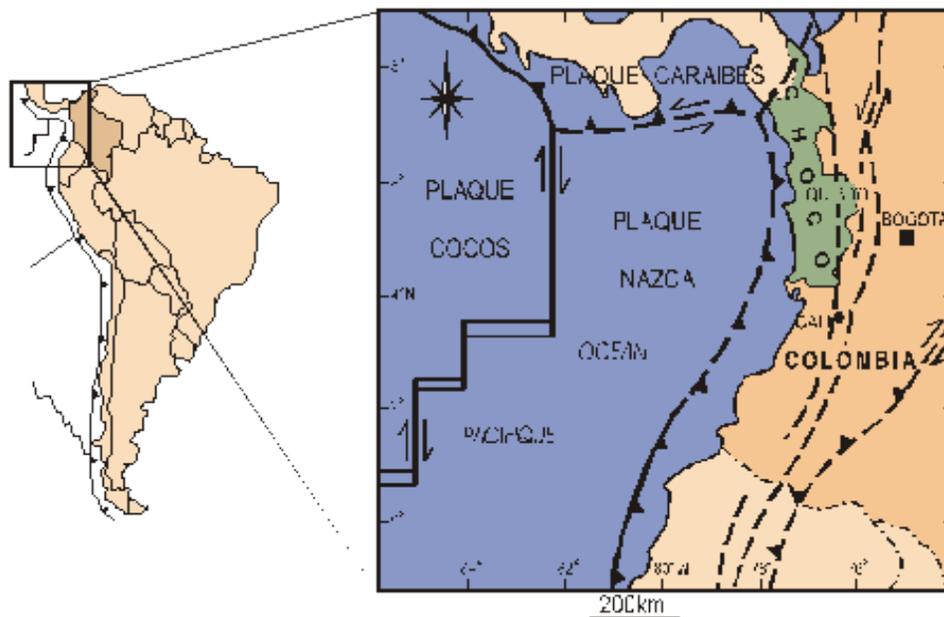


Figura 3. Configuración actual de placas tectónicas en borde Pacífico de Colombia.

La formación y desarrollo de las Cuencas Atrato y San Juan, están enmarcadas por una secuencia de eventos que esquemáticamente están representados en la Figura 4 (Bedoya et al., 2009):

1. Sutura Garrapatas-Dabeiba (Post-Cretáceo Tardío): Acreción continental del Terreno Cañasgordas Tardío (Barrero y Etayo, 1983; Cáceres et al., 2003) que generó la Sutura Garrapatas-Dabeiba, de edad Post-Maastrichtiano (Paleoceno?) y que dio paso a la génesis de la Sub-Cuenca San Juan.
2. Sutura San Juan-Sebastián (Eoceno): Colisión del Terreno El Paso, cuya subducción generó el Arco magmático de Mandé, datado entre 54 y 49 m.a. (Álvarez, 1983). Este evento ocasionó la Sutura San Juan-Sebastián y el subsecuente desarrollo de la Sub-Cuenca Atrato abierta hacia el Pacífico.
3. Evento de Baudó (Edad 8-4 m.a.?): Las edades sugeridas para este tercer evento son inferidas y muy inciertas; de hecho, los mecanismos que propician la aparición de la Serranía de Baudó como

elemento geotectónico destacado no están bien documentados y sin embargo, son los que conducen a la formación del margen occidental y cierre de la Sub-Cuenca Atrato (Bedoya et al., 2009). Baudó es un grupo de rocas oceánicas entre la placas, probablemente ligadas a la relación de densidades y flotabilidad, que durante la subducción llevaron a la flexura de la placa Nazca y el levantamiento de la corteza oceánica.

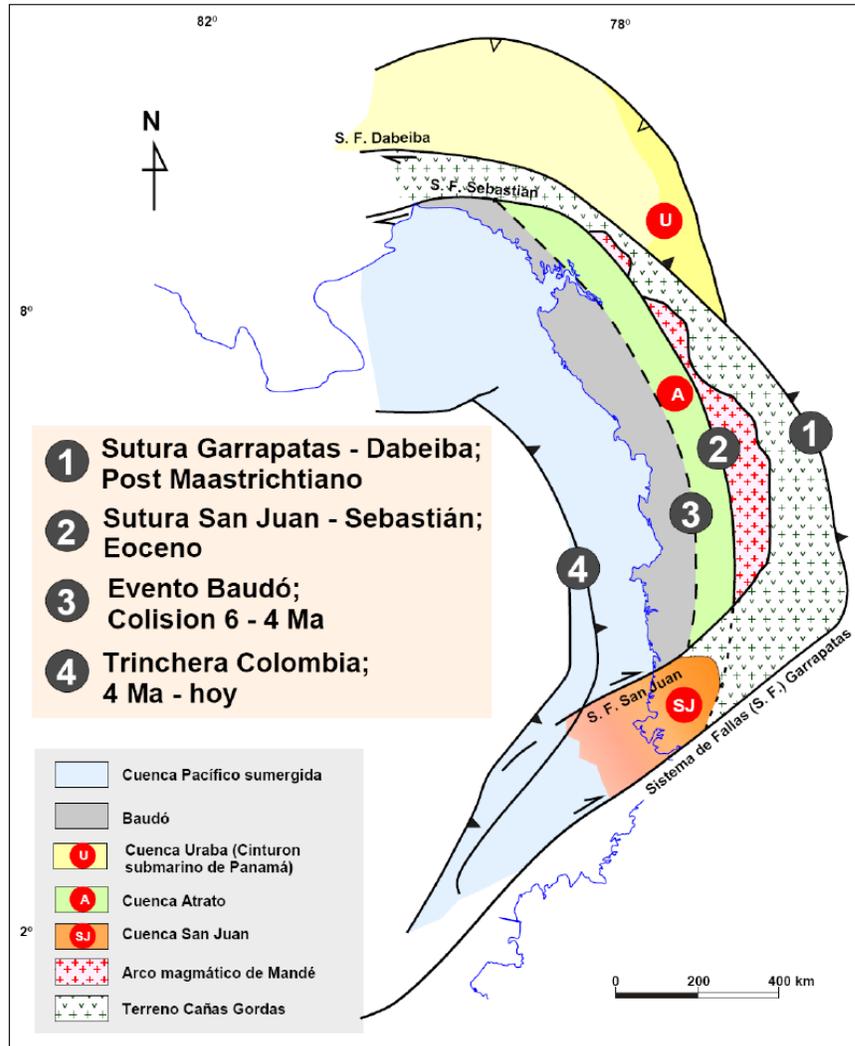


Figura 4. Secuencia de eventos tectónicos en el Arco Chocó. Tomado de Cediel et al., 2009.

Los siguientes datos sustentan la secuencia postulada de eventos tectónicos (Bedoya et al., 2009):

- Las sub-cuencas Atrato y San Juan son dos (2) cuencas sedimentarias de origen geológico distinto, con una evolución eventualmente compartida y con un estilo estructural diferente. La Cuenca Atrato está controlada por fallas de crecimiento y la Cuenca San Juan, está estructuralmente enmarcada por la deformación del Alto Istmina-Condoto y la Falla Garrapatas.
- El basamento de la Sub-Cuenca San Juan está constituido por el Terreno Cañasgordas y presenta una señal gravimétrica-magnetométrica distinta de la observada en el basamento de la Cuenca Atrato.

- El basamento de la Cuenca Atrato está constituido por el Terreno El Paso, que aflora en el Alto Istmina-Condoto.
- La Cuenca San Juan está delimitada por dos (2) importantes suturas, sistemas de fallas transcurrentes (Garrapatas-Dabeiba y San Juan-Sebastián) subparalelas que seguramente controlan todo el proceso sedimentario (desde el Oligoceno?), dando origen a un sistema deltaico que prograda en dirección NE-SW.
- La colisión tanto del Terreno Cañasgordas como del Terreno El Paso, es inicialmente ortogonal, pero en el transcurso de la migración tectónica se produce una rotación hacia el noroccidente, dando lugar al desarrollo del Arco Chocó-Panamá (Barrero y Etayo, 1983; Duque-Caro, 1990a y 1990b), entendido en su expresión morfoestructural actual. Esa rotación está atestiguada por la existencia de fallas de desgarre y alineamientos con tendencia E-O y la progresiva orientación SO-NE de ejes anticlinales cartografiados en el flanco occidental, tanto en la Cuenca Atrato como en su prolongación en Panamá.

El Arco de Panamá colisionó con la parte norte de Colombia en el Plioceno temprano y produjo la deformación tectónica hacia el continente en una dirección O-E (De Portas, 2003).

6.2 GEOLOGÍA DE CADA ZONA DE ESTUDIO

Expresión Estructural:

El límite oriental de la Cuenca Atrato está conformado por un sistema de fallas con orientación referencial N-S que pone en contacto parte de la secuencia sedimentaria con unidades ígneas del Arco Magmático de Mandé. El patrón geométrico del sistema sugiere que éste es el medio de desplazamiento dextral en la historia más reciente de deformación tectónica. El límite sur de la Cuenca Atrato está constituido por el Alto Istmina-Condoto que a su vez es el límite N-NE de la Cuenca San Juan (Bedoya et al., 2007).

En la Zona Deformada del Alto de Istmina-Condoto (Sistema de Fallas San Juan-Sebastián), la estructura misma del Alto Istmina-Condoto es un ensamble de fallas con dirección SW-NE de diversos estilos estructurales (cabalgamientos, normales y de rumbo) muy deformada (Figura 5), la cual está confinada a una franja relativamente angosta, donde hay numerosos cambios faciales y evidencia de tectonismo sindeposicional. Los grandes saltos de unidades sedimentarias constituyen otra característica común, lo cual hace difícil la correlación de reflectores. Los caracteres estratigráficos, estructurales y petrológicos que califican el Alto Istmina-Condoto, lo identifican como una zona extensa transcurrente que se añade al escenario compresivo del área (Bedoya et al., 2007). Ver Figura 6. De acuerdo a este escenario de deformación transpresivo, es de esperarse que se encuentre asociado un sistema de fallas dúplex con estructura de flor positiva (Figura 7). La falla dominante en la Zona Deformada de Istmina es la Falla de San Juan de cabalgamiento de tipo lístrico con despegue horizontal, de rumbo N50E y buzamiento 70SE (Manjarrez, 2011).

En superficie, la Cuenca San Juan no presenta estructuración importante, ya que más del 90% de su área está cubierta por sedimentos recientes. La Cuenca San Juan se caracteriza por pliegues cortos y fallados con fuertes buzamientos y un rumbo promedio de N60E. Pliegues y fallas menores son muy abundantes en este sector y presentan diferentes direcciones. Es común la tendencia curvada y arqueada de los pliegues y fallas hacia el norte del área (Manjarrez, 2011).

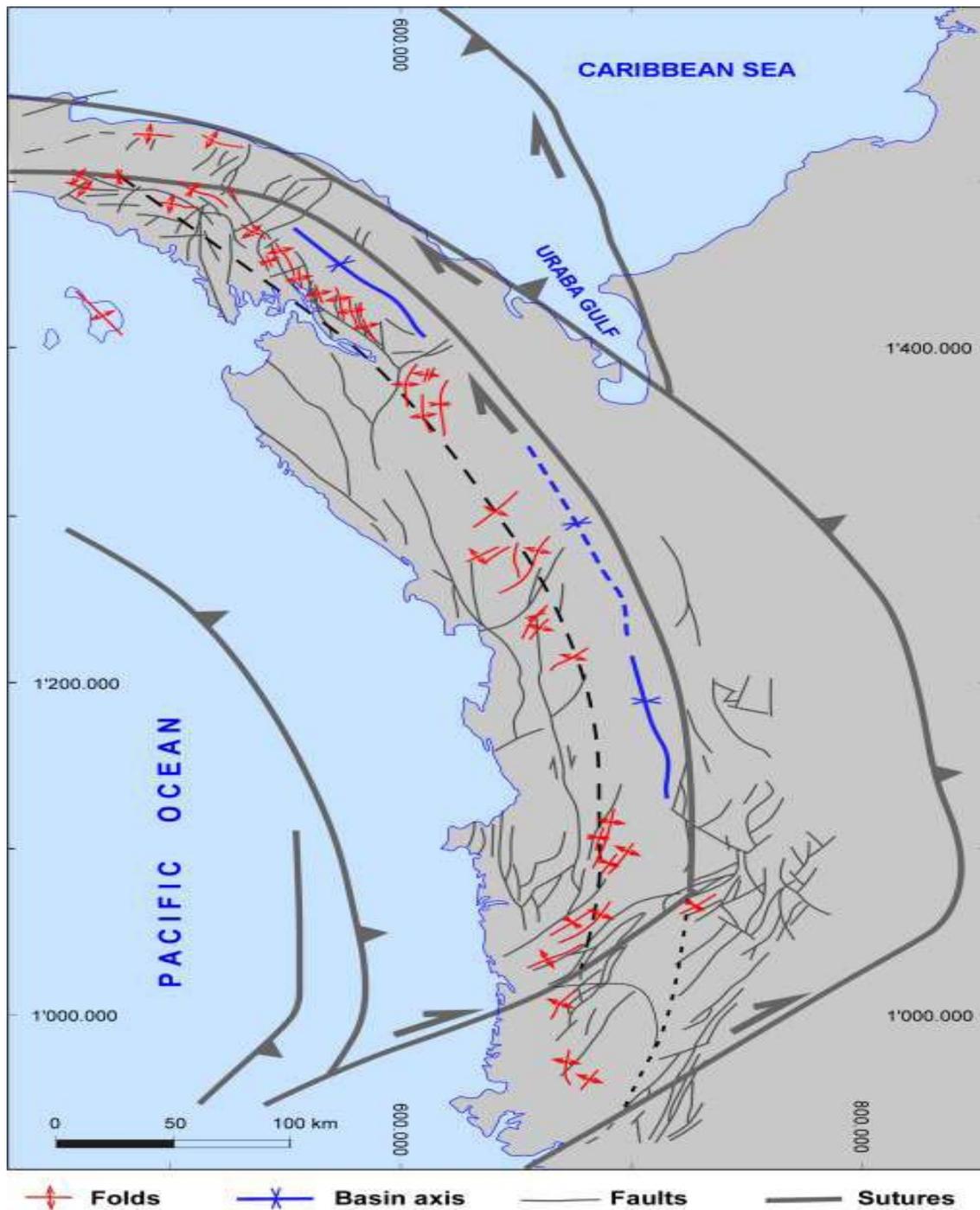


Figura 5. Rotación SW-NE de los ejes de pliegues en Arco Chocó. Tomado de Cediel et al., 2009.

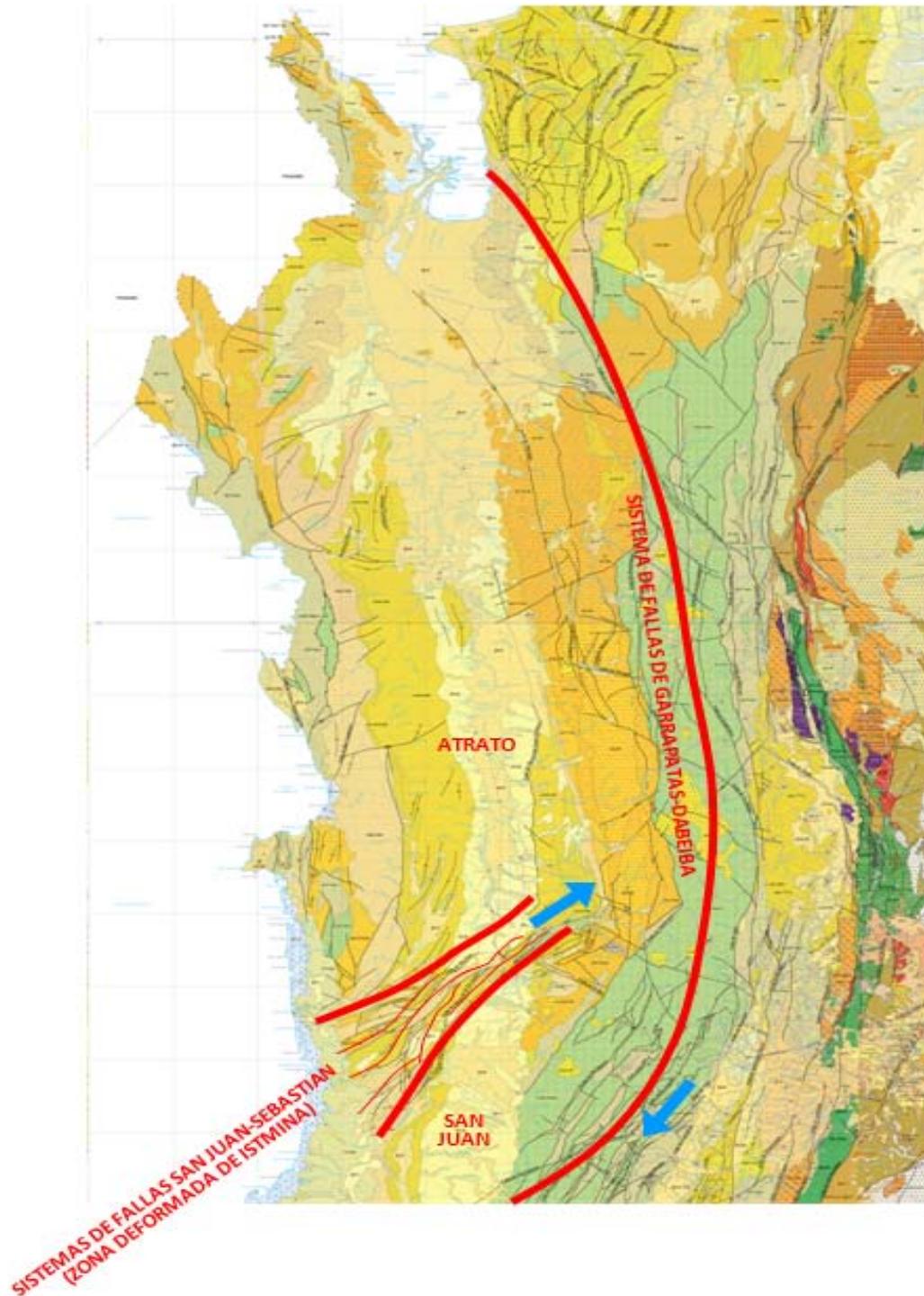


Figura 6. Zona transpresiva de la Cuenca San Juan definida por el desplazamiento dextral relativo que generan los sistemas de Fallas San Juan y de Garrapatas.

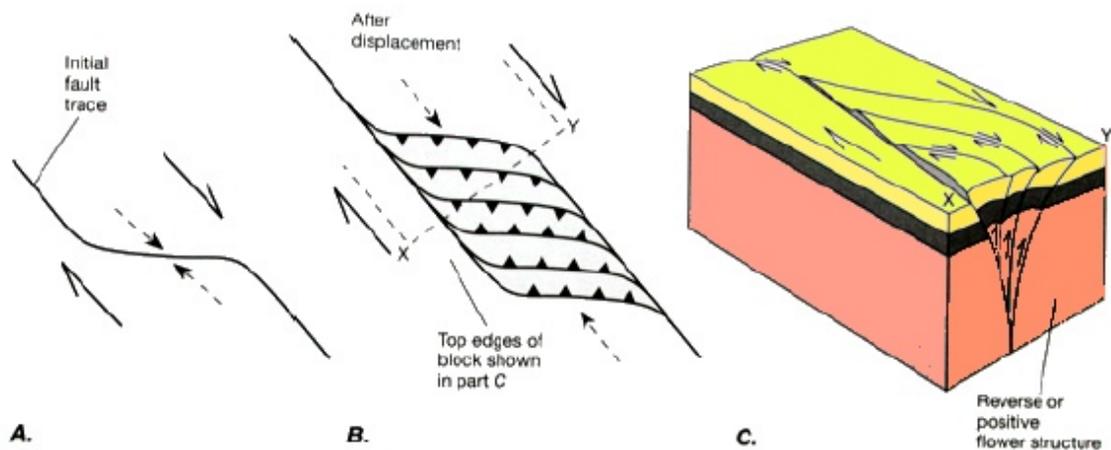


Figura 7. Transpresión en fallas transcurrentes paralelas tipo dúplex, que permiten el desarrollo de estructuras comprimidas de tipo flor positiva. Tomado de Fischer y Woodcock, 1986.

Estratigrafía:

La estratificación de las cuencas Atrato y San Juan es poco conocida. De ahí que no haya claridad en cuanto a una nomenclatura formal y la utilizada por la mayoría de los autores. En este trabajo, la nomenclatura utilizada se basa en la estratigrafía original de Haffer (1965 y 1967). La cual parte de la descripción de geología de superficie donde las asociaciones de foraminíferos son abundantes, bien preservadas y la influencia terrígena es escasa.

Dentro de la Zona Deformada de Istmina, todas las unidades litoestratigráficas cartografiadas presentan contactos discordantes responsables de notorios cambios de espesor (erosión o no-depositación). Los ambientes de sedimentación acusan gran inestabilidad tectónica desde finales (?) del Eoceno hasta hoy, con pulsos muy marcados en el Oligoceno y el Mioceno (Manjarrez, 2011), ver Figura 8.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

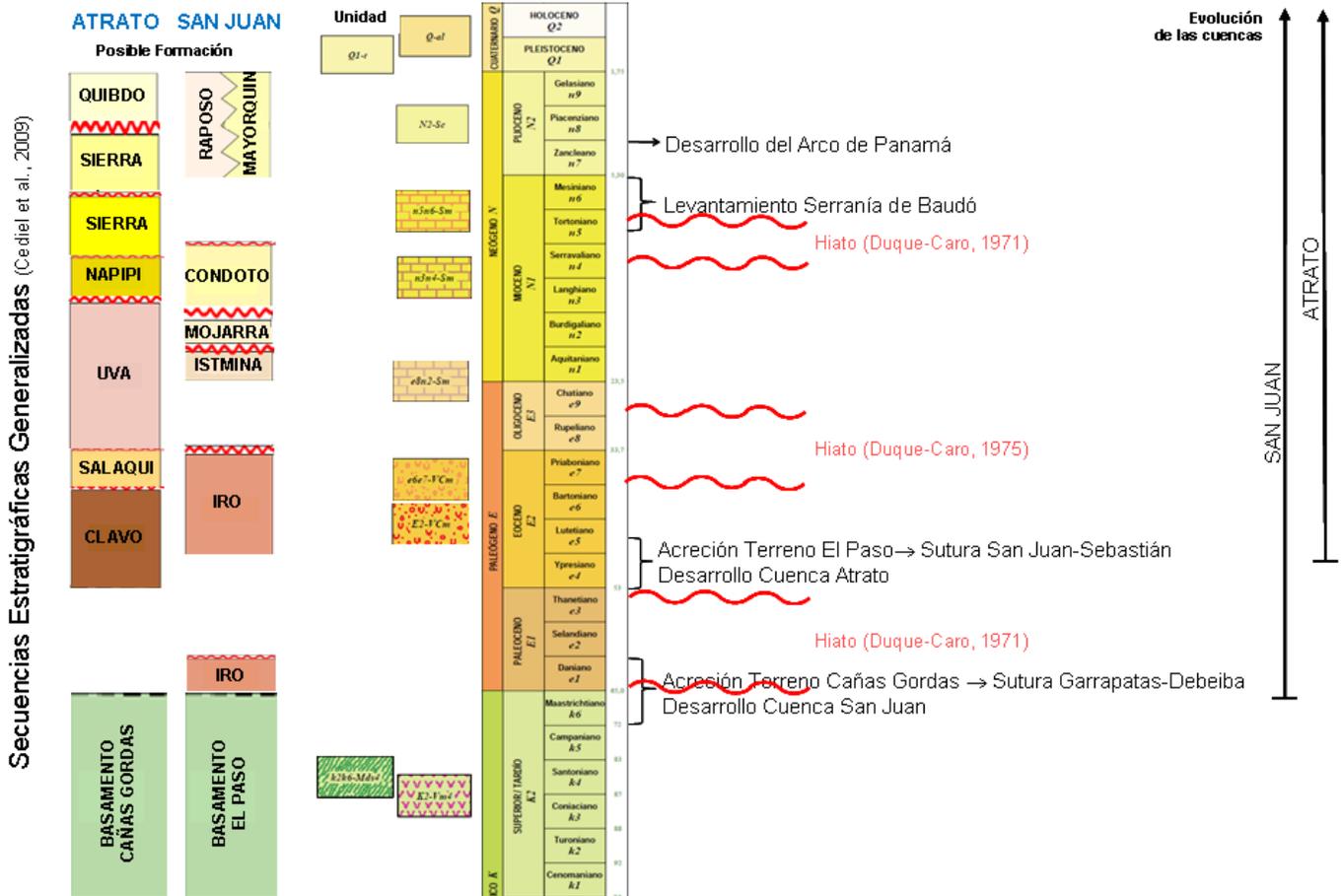


Figura 8. Sucesión de eventos tectónicos que afectaron el borde Pacífico de Colombia con cuadro de unidades geológicas correspondientes. Modificado de Ingeominas (2007). Adicionalmente se muestran las columnas cronoestratigráficas de las cuencas Atrato y San Juan (Cediel et al., 2009).

La secuencia sedimentaria de la Cuenca Atrato está compuesta por seis (6) unidades litoestratigráficas que con base en su contenido faunístico, se extienden desde al menos el Eoceno temprano hasta el Plioceno. Los ambientes de sedimentación son predominantemente marinos. Durante su desarrollo geológico más reciente se registra una marcada influencia de ambientes transicionales o continentales. En general, la correlación estratigráfica de estas unidades muestra un buen grado de continuidad. Igualmente, son evidentes las variaciones en los espesores de cada una de ellas indicando así, procesos sedimentarios controlados por actividad tectónica diferencial. En términos generales, las unidades tienden a hacerse más espesas hacia el sur. La Figura 9 muestra la columna estratigráfica generalizada para la Sub-Cuenca Atrato con los correspondientes ambientes de sedimentación (Bedoya et al., 2009).

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

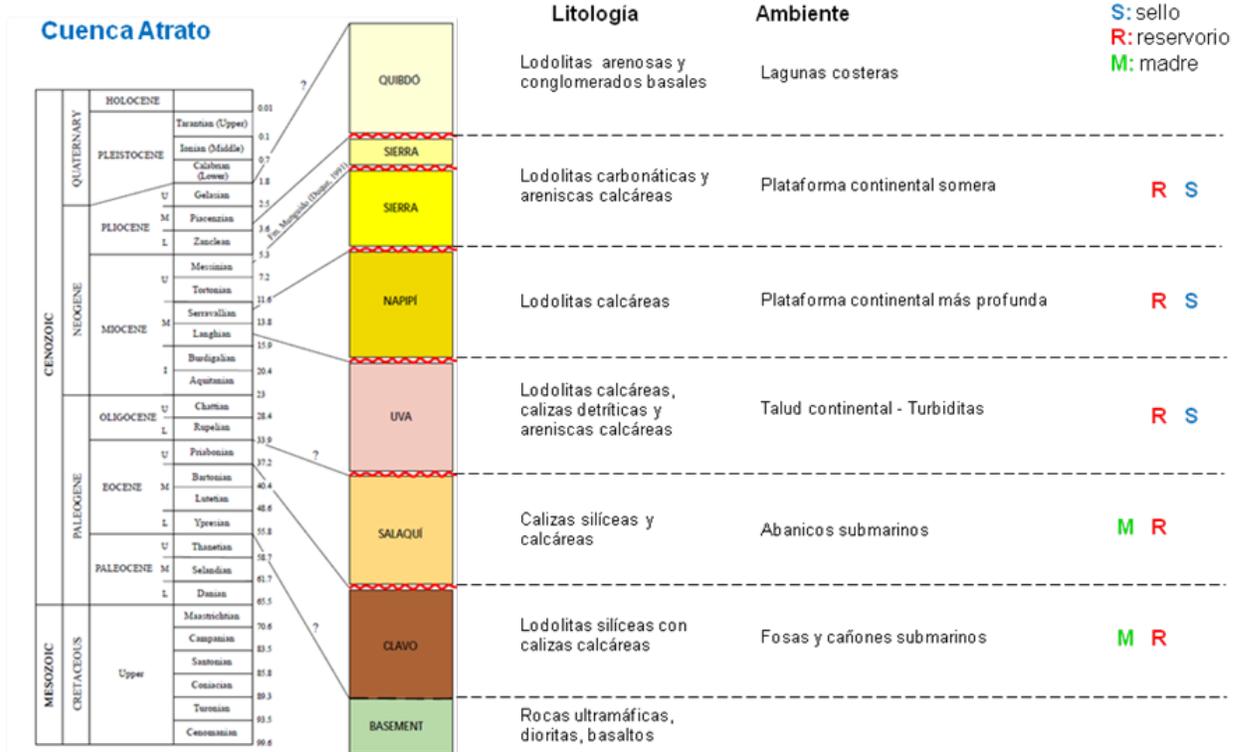


Figura 9. Columna cronoestratigráfica y ambientes de depositación para la Cuenca Atrato. Tomado de Cediell et al., 2009.

Un alto porcentaje de los estudios estratigráficos realizados en la Cuenca San Juan han sido de carácter local y concentrado en el denominado Alto Condoto (BGR – Ingeominas, 1989; Dunia Consultores Ltda., 2006; Figueroa y Núñez, 1990; Rojas, 1967). A partir de los estudios allí realizados, se pudo reconocer que la secuencia sedimentaria (desde el Paleoceno hasta el Plioceno) consta de cinco (5) unidades litoestratigráficas. La interpretación de su fauna permite definir que gran parte de la secuencia se depositó en ambientes marinos con una fuerte influencia continental. La aparente ausencia de rocas en el intervalo Paleoceno-Eoceno, y la ocurrencia de significativas inconformidades o discordancias en el Oligoceno (?) y Mioceno superior (?), cartografiadas en la Zona Deformada de Istmina, sugieren procesos erosivos intensos y de larga duración. La Figura 10 muestra la columna estratigráfica generalizada para la Sub-Cuenca Atrato con los correspondientes ambientes de sedimentación (Bedoya et al., 2009).

El delta actual del Río San Juan representa el modelo geológico para interpretar los depósitos Paleógenos y Neógenos de la Cuenca San Juan, bajo ambientes de depositación marinos y transicionales con condiciones capaces de acumular abundante materia orgánica, siendo un modelo propicio y adecuado para interpretar los depósitos Paleógenos y Neógenos de la Cuenca San Juan (Correa et. al., 2002; Correa y Restrepo, 1992).

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

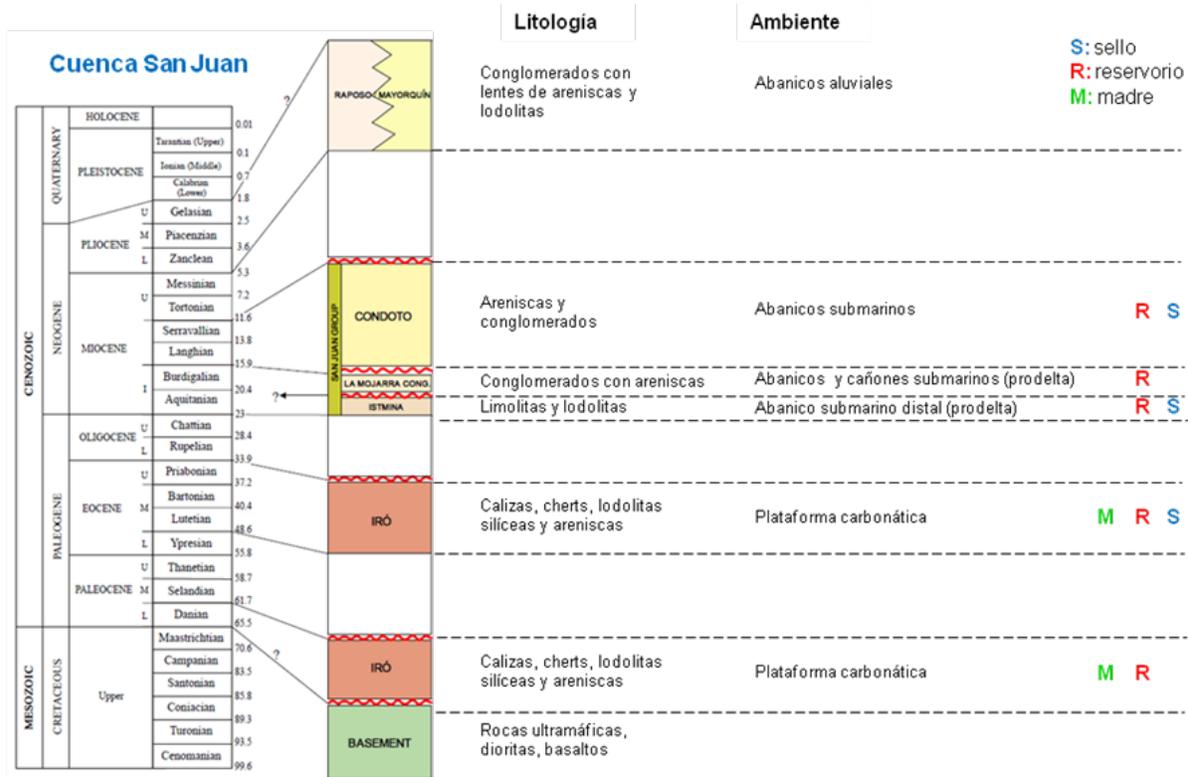


Figura 10. Columna cronoestratigráfica y ambientes de depositación para la Cuenca San Juan. Tomado de Cediel et al., 2009.

6.3 SISTEMA PETROLERO

En términos de identificación de trampas se tiene que según Cediel et al. (2009):

- **Cuenca Atrato:** Trampas estructurales con anticlinales formados durante fallamiento inverso a lo largo del borde occidental de la cuenca y asociadas con diapirismo de lodo, y trampas estratigráficas dentro de las Fms. Salaquí y Uva; principalmente relacionadas con el acuñamiento a lo largo del margen este de la cuenca.
- **Cuenca San Juan:** Estructuras combinadas con la progradación observada hacia el sur de la cuenca, trampas estratigráficas relacionadas a los arreglos lenticulares calcáreos (los cuales muestran excelente porosidad secundaria y el potencial del albergar hidrocarburos) y anticlinales asociados con fallamiento invertido a lo largo de los márgenes de la cuenca.

Con base en una simulación de generación y expulsión de hidrocarburos con datos geoquímicos del área, Cediel et al. (2009) postularon:

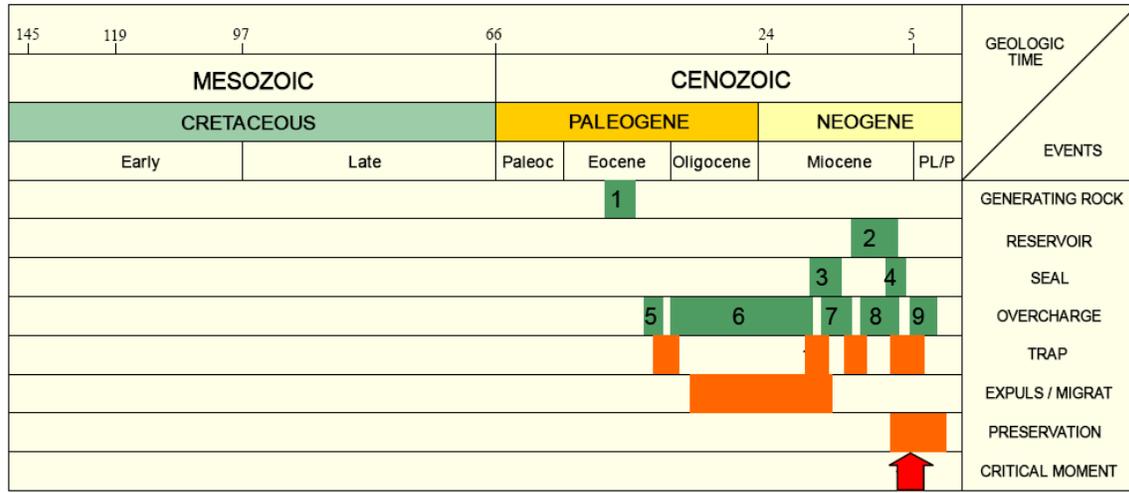
- **Cuenca Atrato:** Muestras de gas y petróleo reportadas para el pozo Buchadó-1 (con presencia de petróleo en superficie) proveen evidencia de generación para la cuenca. De acuerdo a la simulación, cualquier intervalo con buenas características de generación por debajo de los 11.000 pies habría expulsado hidrocarburos, el intervalo productor de la Fm. Clavo habría iniciado generación en el Eoceno medio, y los picos de generación principales para este intervalo estarían concentrados entre el Mioceno superior y el Plioceno.

- **Cuenca San Juan:** El contenido orgánico y potencial de generación de la Fm. Iró son mayores que aquellos de las unidades productoras de las cuencas del Valle Medio y Valle Superior de Magdalena. La interpretación de biomarcadores sugieren que la sedimentación de facies de la Fm. Iró se dieron en un ambiente de plataforma marina subóxica con influencia carbonática, y de acuerdo a la simulación, las rocas madres alcanzarían la ventana de generación a aproximadamente 12.000 pies y los mayores volúmenes de expulsión corresponden al Eoceno superior, Mioceno inferior y Oligoceno.

La síntesis del sistema petrolero de la Cuenca Chocó es la siguiente, de acuerdo a Cediel et al. (2009), Figura 11:

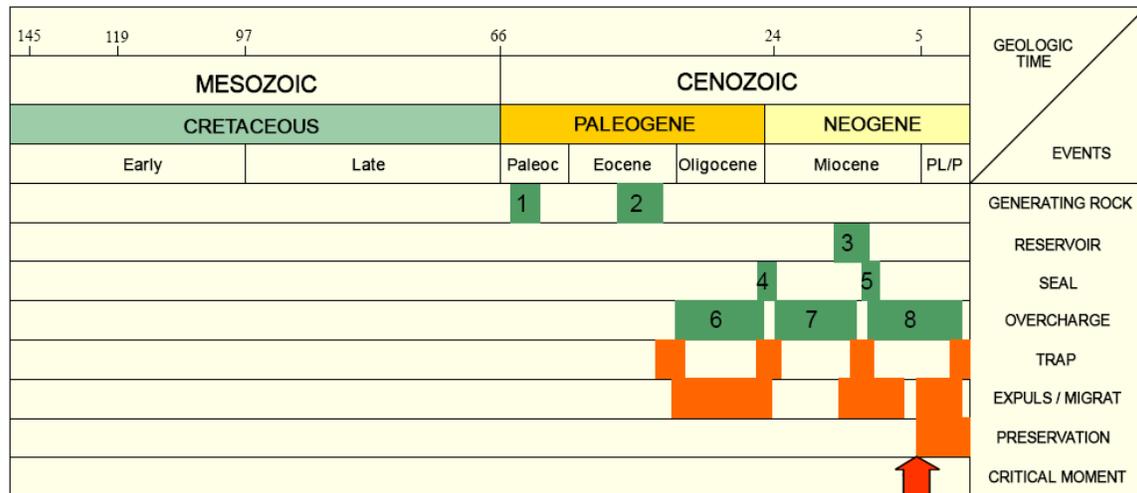
- **Roca Madre:** La presencia de rocas madres en las cuencas Atrato y San Juan se infiere de la caracterización geoquímica de la Fm. Iró (específicamente en el sector del Alto de Istmina-Condoto). De acuerdo a los datos, esta unidad presenta intervalos inmaduros con potencial de generación de bueno a excelente. Dichos intervalos muestran alto contenido de materia orgánica con predominio de kerógeno tipo II con alto contenido de hidrógeno. Si las facies orgánicas presentes en estas unidades existieran en los niveles profundos de la cuenca, las características de la roca madre serán altamente atractivas. Más aún, es posible encontrar intervalos generados adicionales en unidades poco estudiadas como la Fm. Salaquí.
- **Generación y Migración:** Basado en los resultados de la simulación, se puede inferir que la parte inferior de la Fm. Iró en la Cuenca San Juan, y su equivalente cronoestratigráfico la Fm. Clavo en la Cuenca Atrato, fueron afectados por procesos importantes de generación y expulsión durante el Mioceno.
- **Sincronización:** La presencia de eventos tectónicos de edad pre-Mioceno tardío y la posibilidad de formación de trampas estratigráficas en las cuencas Atrato y San Juan plantean un escenario de bajo riesgo para el posible entrapamiento de las unidades pre-Mioceno tardío.
- **Recursos Potenciales a ser Descubiertos:** Con base en el modelado geológico y geoquímico, las expectativas de recursos estarían en el orden de 600 MBPE (P50) para la Cuenca San Juan y de 850 MBPE (P50) para la Cuenca Atrato.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005



1: Clavo Formation
2: Sierra Formation

3, 4: Napipí Fm., Upper Sierra Fm.
5, 6, 7, 8, 9: Clavo, Salaquí, Uva, Napipí, Sierra, Quibdó Fms.



1, 2: Iró Formation
3: Condoto Formation

4, 5: Istmina Fm., Upper Condoto Fm.
6, 7, 8: Sierra, Istmina, La Mojarrá, Condoto, Munguidó, Atrato Fms.

Figura 11. Secuencia de eventos del sistema petrolero para las cuencas Atrato (arriba) y San Juan (abajo). Tomado de Cediel et al., 2009.

7. DATOS SÍSMICOS PARA INTERPRETACIÓN

7.1 REPROCESAMIENTO

La interpretación del programa sísmico ANH Chocó 2D 2005 se trabajó inicialmente con las líneas bajo el proceso de Migración Post-Apilado en Tiempo. Posteriormente se recibieron los perfiles con Migración Pre-Apilado en Tiempo, los cuales presentaron una mejoría en el contenido de frecuencia y un aumento de la relación señal/ruido, con lo que los eventos sísmicos se presentan mejor definidos (mayormente desde el tiempo 0 hasta los 7 segundos), de manera que la interpretación fue ajustada a este último proceso. Las Figuras 12 y 13 muestran la comparación entre ambos procesos de migración y se resaltan las zonas con incremento de la relación señal/ruido; lo que a su vez produce una mayor definición de los eventos.

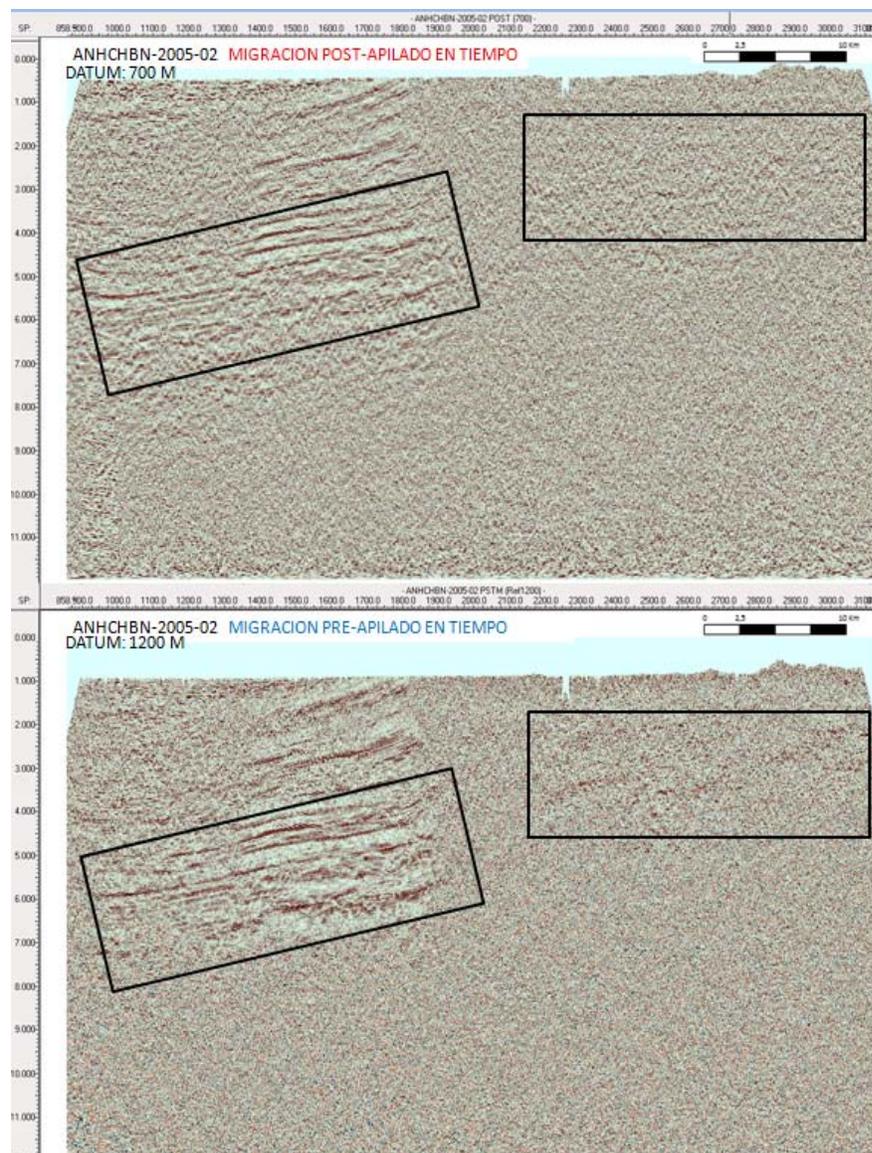


Figura 12. Línea ANHCHBN-2005-02. Arriba: Migración post-apilamiento en tiempo, abajo: Migración pre-apilamiento en tiempo (Petroseis Ltda 2011).

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

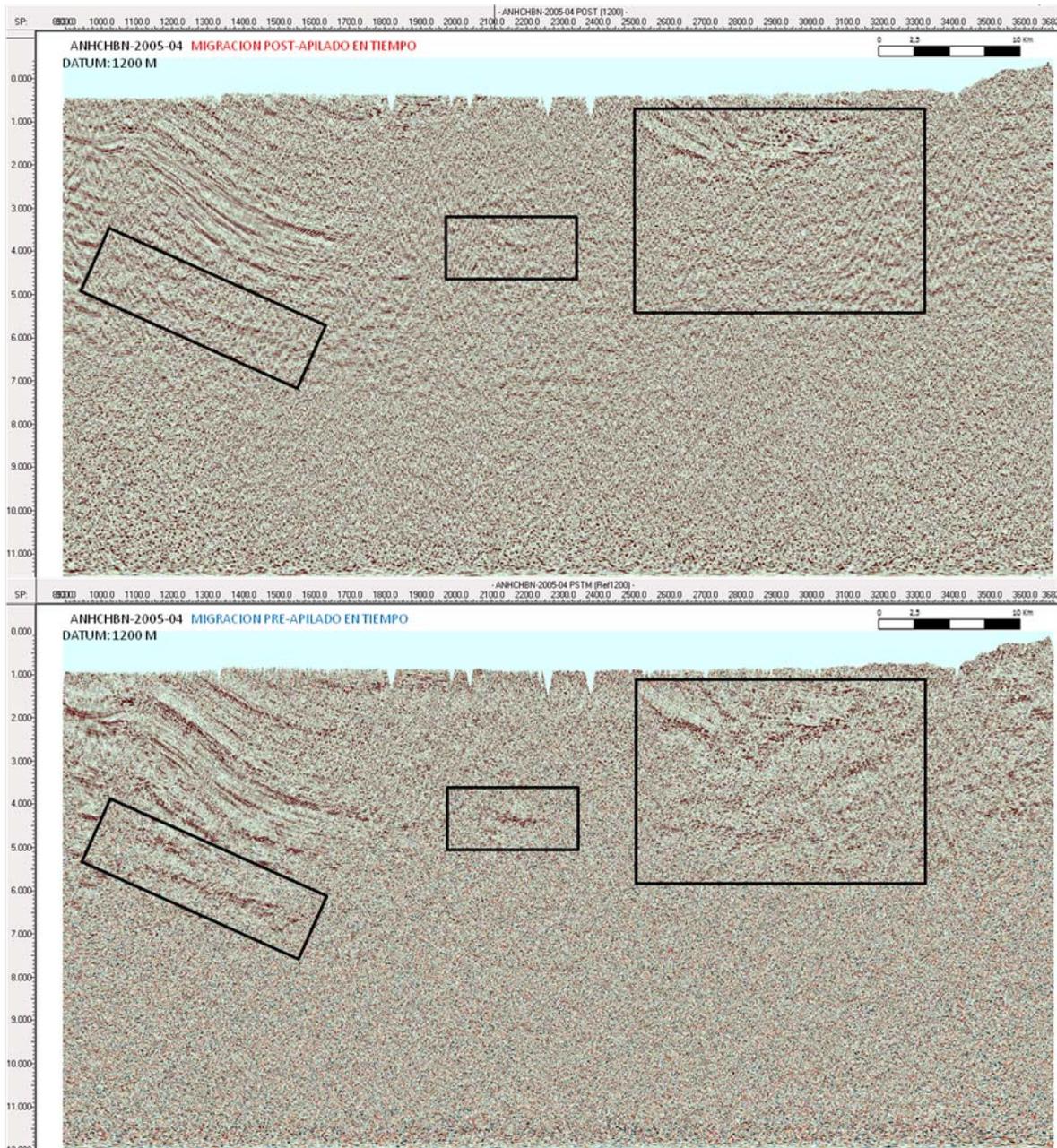


Figura 13. Línea ANHCHBN-2005-04. Arriba: Migración post-apilamiento en tiempo, abajo: Migración pre-apilamiento en tiempo (Petroseis Ltda 2011).

8. INTERPRETACIÓN SÍSMICA

8.1 ANTECEDENTES

Bedoya et al. (2009) analizaron la Cuenca de Chocó con datos gravimétricos y magnéticos. Elaboraron los mapas de intensidad magnética total (IMT), anomalías gravimétricas de Bouguer total (AGBT) y de basamento gravimétricos. Sus resultados fueron: La Cuenca Atrato es una depresión alargada de tendencia N10W, que alcanza profundidades máximas de 10 km, se profundiza y se hace más amplia hacia el sureste; la anomalía magnética mas fuerte corresponde a un cuerpo máfico-ultramáfico, que establece un control sobre la Cuenca “estrangulándola” en esta dirección y asociado con el alto estructural del Alto Istmina-Condoto (Figura 14).

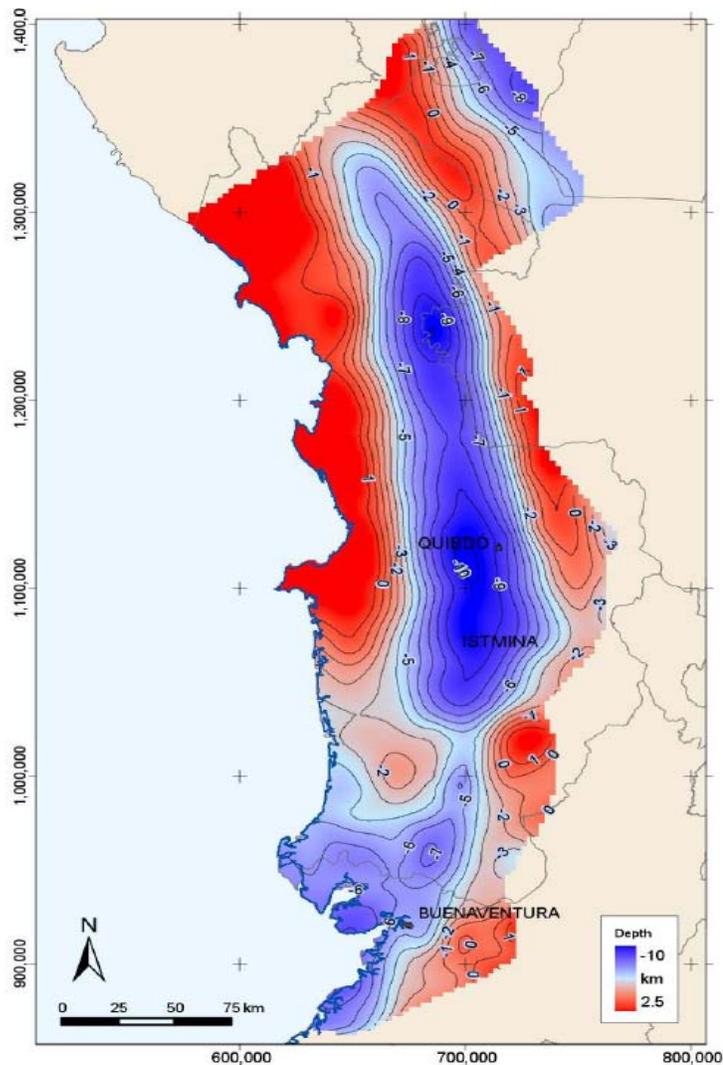


Figura 14. Mapa de basamento gravimétrico de las cuencas Atato y San Juan, en el cual se distinguen claramente dos patrones gravimétricos. Tomado de Cediel et al., 2009.

En los estudios de Bedoya et al. (2009), también se encuentra que la zona de transcurrencia, producto de la sutura creada por el Terreno El Paso (Cáceres et al., 2003) y sobre el cual se desarrolla la Cuenca Atrato, actualmente se expresa morfológicamente como un paleo-alto estructural denominado alto de Istmina-Condoto.

La Figura 15 muestra dos (2) imágenes para una misma propuesta de modelo estructural: Tren de estructuras en flor positivas (producto de las transpresión) paralelas a la colisión oblicua NW-SE en el Pacífico colombiano.

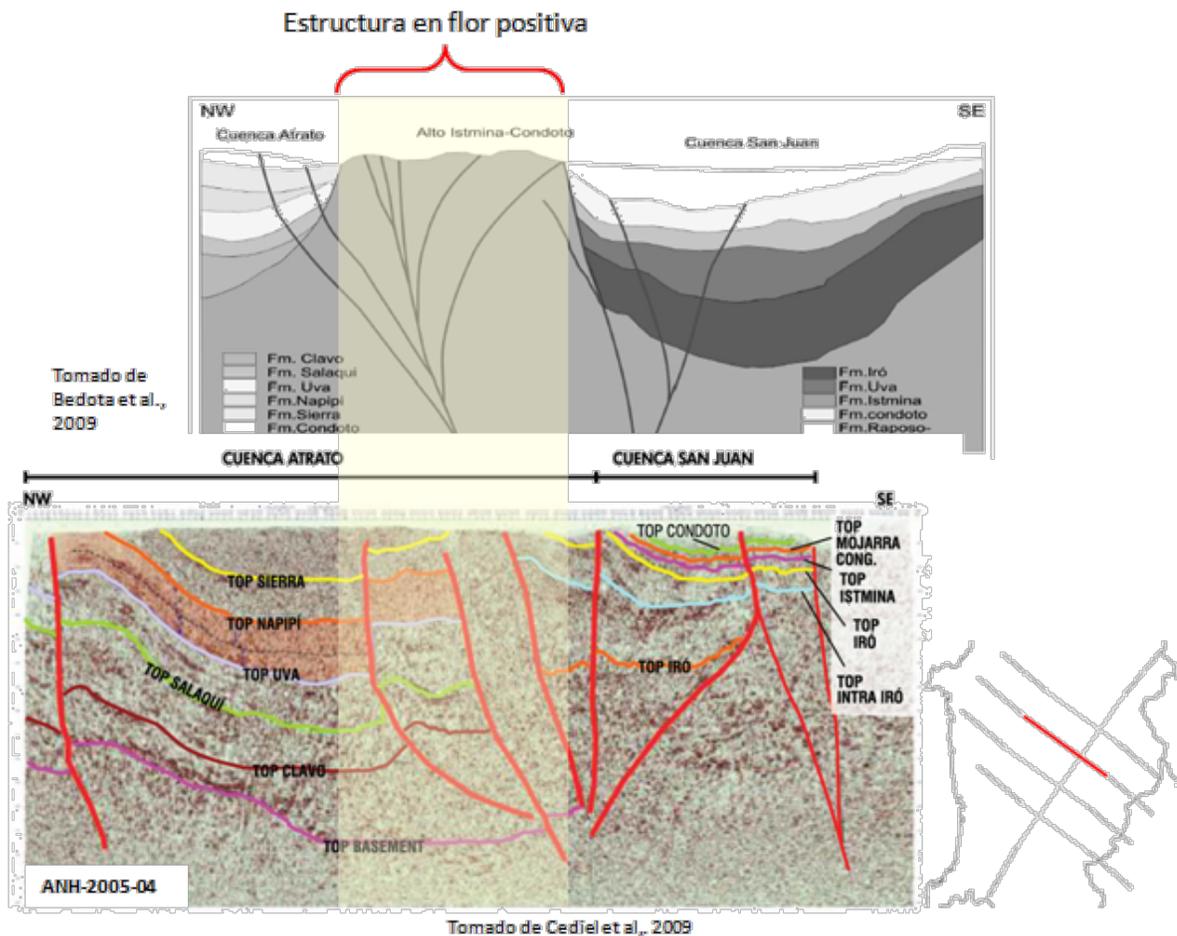


Figura 15. Modelos estructurales previos que proponen estructuras en flor para la Zona de Deformación de Istmina que separa las Cuencas Atrato y San Juan. Arriba: Sección genérica (Bedoya et al., 2009). Abajo: Línea ANHCHBN-2005-04 (Cediel et al., 2009).

8.2 BASES DE DATOS

PROGRAMA SÍSMICO:

La base de datos sísmicos del programa ANH Chocó 2D 2005 consta de cinco (5) líneas 2D (Figura 16) con migración pre-apilamiento en tiempo:

- ANHCHBN-2005-01.
- ANHCHBN-2005-02.
- ANHCHBN-2005-03.
- ANHCHBN-2005-04.
- ANHCHBN-2005-05.

El programa sísmico Chocó 2D 2005 cubre aproximadamente un 20% del área de la Cuenca Atrato (parte sur), de manera que los resultados arrojados en este estudio no deben ser generalizados para el 100% del área de Atrato. Para la Cuenca San Juan, el programa cubre cerca de 60% del área por lo que los resultados de la interpretación pueden explicar el modelo de deformación de toda el área San Juan.

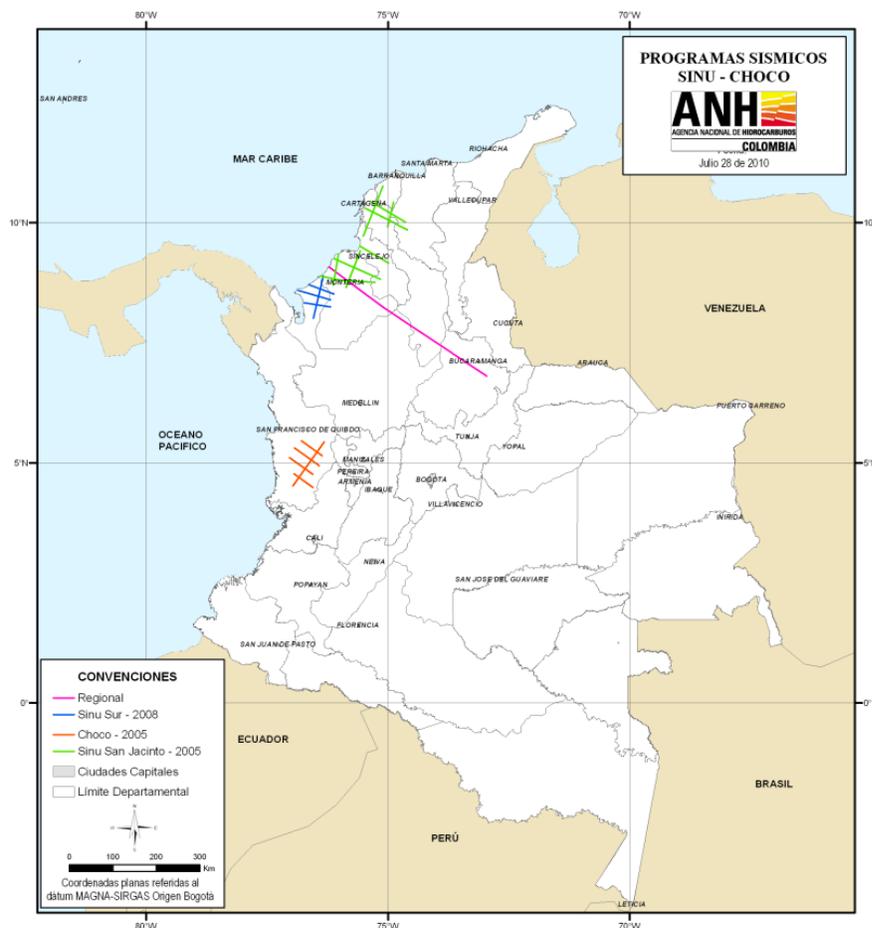


Figura 16. Ubicación del programa sísmico ANH Chocó 2D 2005 (color rojo).

Los parámetros de adquisición de las líneas 2D se muestran a continuación:

Tabla 1. Parámetros de adquisición del programa ANHCHBN-2D-2005. Datum sísmico de todas las líneas PSTM: 1200 m.

LINES	INTERV. DE GRUPO (MTS)	No. CANALES	FUENTES					CDP	
			FUENTES		INTERVALO DE FUENTES (MTS)	NUMERO DE DISPAROS	KMS	PRIMER	ULTIMO
			PRIMERA	ULTIMA					
ANHCHBN-2005-01	25	720	882.5	5774.5	50	2477	121,45	1764	11643
ANHCHBN-2005-02	25	720	896.5	3086.5	50	1099	54,75	1717	6271
ANHCHBN-2005-04	25	720	900.5	3668.5	50	1439	69,20	1786	7365
ANHCHBN-2005-06	25	720	911.5	3468.5	50	1359	63,95	1732	6976
ANHCHBN-2005-08	25	720	2330.5	4352.5	50	1085	50,58	4512	8708

8.2.1 Pozos

La información con la que se contó para la realización del programa ANH Chocó 2D 2005 consta de seis (6) pozos: Buchadó-1, Necora-1, Opogadó-1, Pacurita-1, Urodó-1 y ANH-CHOCÓ-1-ST-P. En el mapa expuesto en la Figura 17, se muestra la ubicación de los pozos con respecto a las líneas sísmicas pertenecientes al levantamiento Chocó 2005. La Tabla 2 muestra información relacionada con el posicionamiento de los pozos con coordenadas en Datum Magna Sirgas (zona oeste), mientras que en la Tabla 3 se observa la relación de registros para cada uno de ellos, así como la presencia de checkshots.

Tabla 2. Información de ubicación espacial de los pozos pertenecientes a ANH Chocó 2D 2005.

POZO	UWI	KB (pies)	COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)
Buchadó-1	BUC0001	116.66	1028188.10	1199331.10
Necora-1	NEC0001	221.00	1059033.60	1134399.20
Opogadó-1	OPO0001	202.00	1001470.80	1247565.90
Pacurita-1	PAC0001	200.00	1060066.00	1113162.00
Urodó-1	URO0001	380.00	1018118.40	1093459.60
ANH-CHOCÓ-1-ST-P	-	282.00	1048336.14	1044928.64

Tabla 3. Relación de registros para los pozos pertenecientes a ANH Chocó 2D 2005.

POZOS	REGISTROS						CHECKSHOT
	GR	SP	DT	Resistividad	RHO	PHI	
Buchadó-1		X			X		X
Necora-1		X	X	X	X	X	Construido a partir de Sismograma Sintético
Opogadó-1	X	X	X	X		X	X
Pacurita-1	X	X	X	X	X	X	
Urodó-1	X	X	X	X			
ANH-CHOCÓ-1	X	X	X	X	X	X	X

8.2.3 Calibración

Los pozos Buchadó-1, Necora-1 y Opogadó-1 se encuentran muy apartados (al norte) de las secciones sísmicas, como se muestra en la Figura 17, por lo que no fueron utilizados para realizar la correlación sísmica–pozo. Para ello fue utilizado el pozo Urodó-1, ubicado al norte de la línea ANHCHBN-2005-04, el cual, a pesar de que no contaba con registro de densidad, fue utilizado para realizar la calibración (Figuras 19 y 20). Dicho registro fue calculado a través de la Ecuación de Gardner y el checkshot utilizado fue el calculado a partir de un sismograma sintético para el pozo Necocli-1. A pesar que el pozo Pacurita-1 se encuentra cerca de las líneas sísmicas, no fue utilizado en la correlación, debido a que su proyección sobre las líneas se desplegaba en zonas donde la relación señal–ruido no era favorable, lo que no permitía la correlación con los eventos sísmicos.

En cuanto a la información de topes para el pozo Urodó-1 (Tabla 4), se establecieron de acuerdo a los amarres realizados por Duque–Caro (1991), los cuales se apoyaron en información bioestratigráfica (Figura 21).

Tabla 4. Topes litoestratigráficos para el pozo Urodó-1.

FORMACIÓN (CUENCA ATRATO)	TOPE (pies)
Napipí	1057
Uva	6400
Salaquí	9489
Clavo	13150

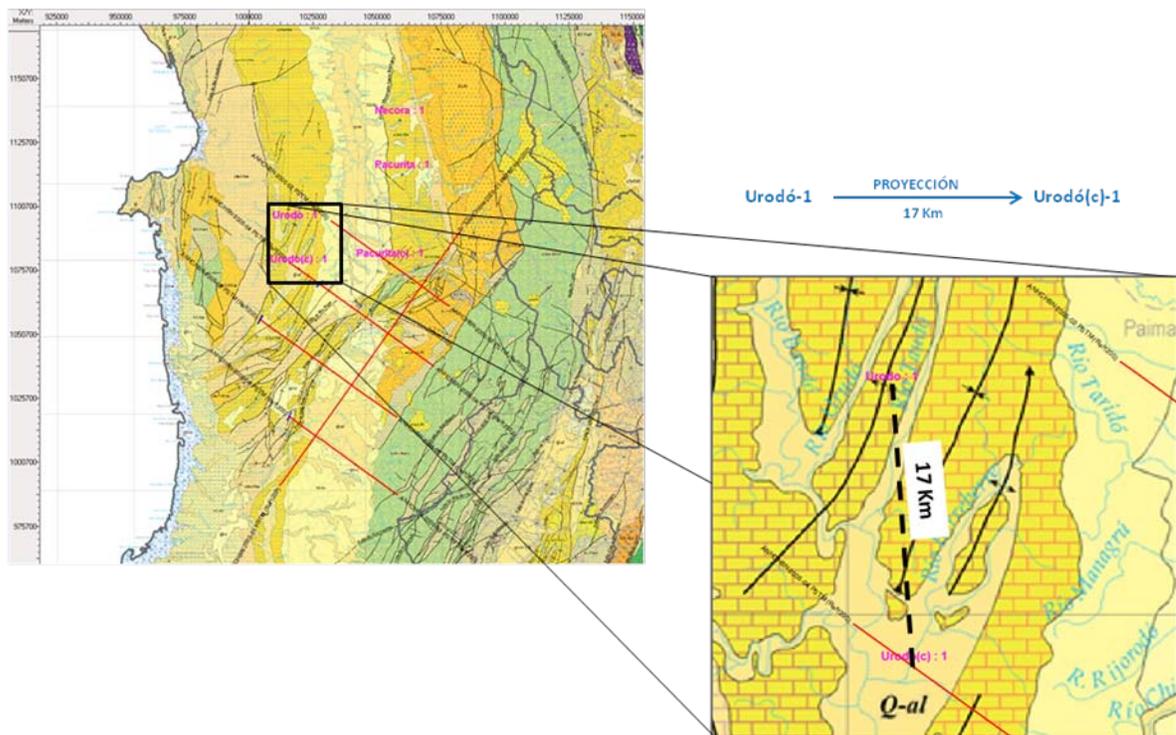


Figura 19. Proyección del pozo Urodó-1 hacia la línea ANHCHBN-2005-02.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

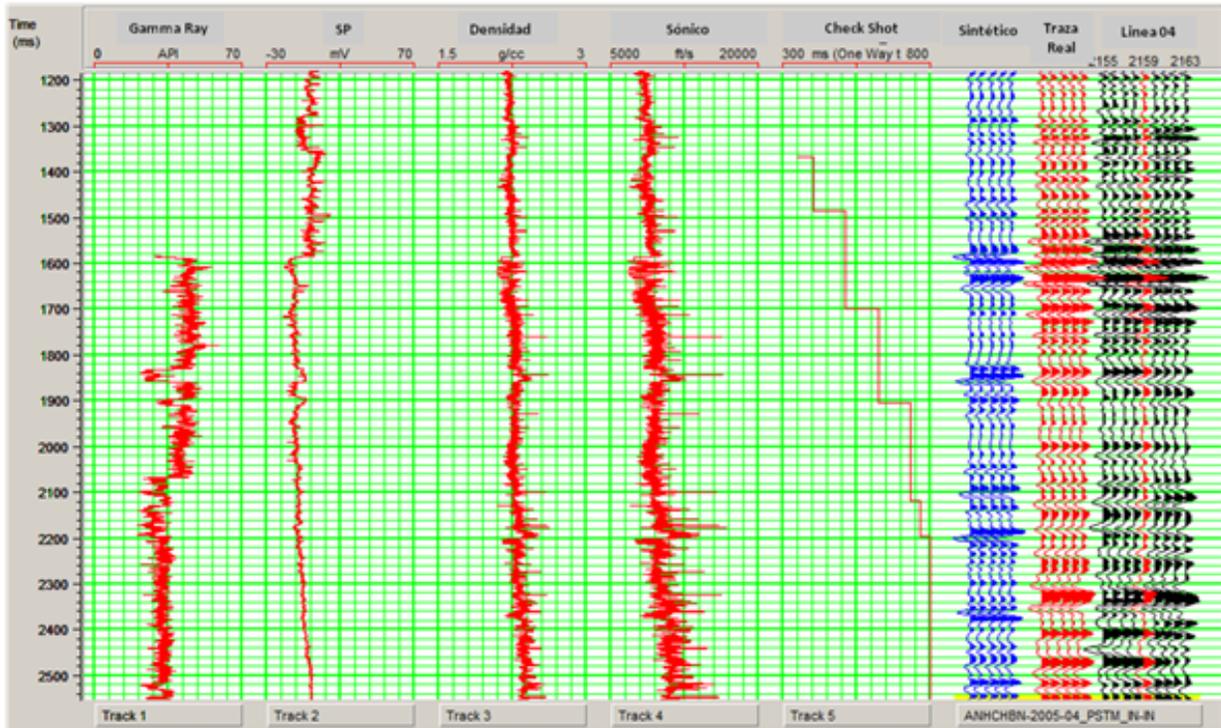


Figura 20. Calibración Urodó-1 con la línea sísmica ANHCHBN-2005-04.

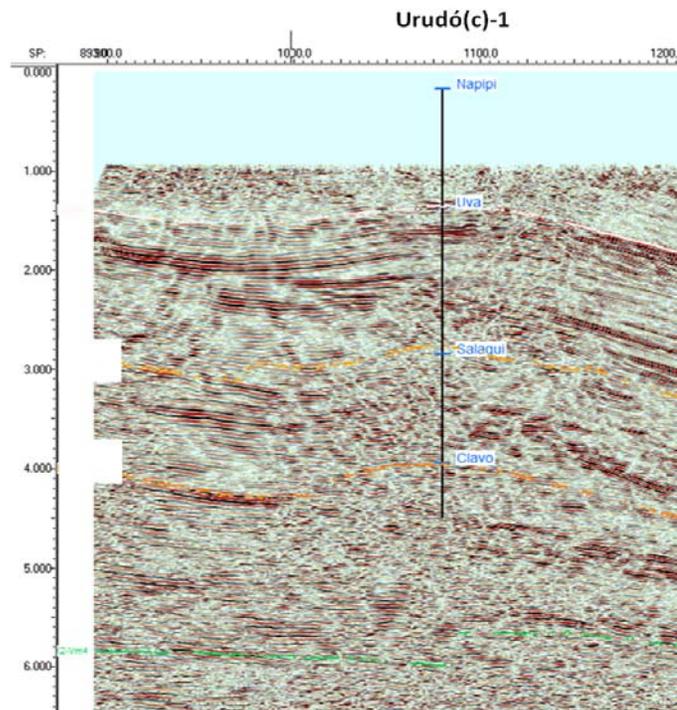


Figura 21. Pozo Urodó-1 con topes desplegados sobre la línea sísmica ANHCHBN-2005-04. Calibración del pozo ANH-CHOCÓ-1-ST-P

Este pozo vertical fue perforado cercano a la línea ANHCHBN-2005-01. El objetivo del pozo era estratigráfico y su profundidad total alcanzó los 10.000 pies. Su ubicación original y la proyección final sobre la línea se muestran en la Figura 22. Esta proyección se realizó tomando en cuenta la información geológica de superficie y el modelo estructural del área. Las coordenadas de la proyección son X: 1050579.68; Y: 1045743.97.

La Figura 23 muestra el sismograma sintético ajustado con los registros de pozo utilizados para la calibración y las formaciones reportadas. El grueso de la perforación corresponde a la Fm. Condoto hasta alcanzar los conglomerados de la Fm. Mojarra. En la Figura 23 se presenta la posición en tiempo del pozo sobre la línea sísmica, desplegando dichos topes.

Tabla 5. Topes litoestratigráficos para el pozo ANH-CHOCÓ-1-ST-P.

FORMACIÓN (CUENCA CHOCÓ)	TOPE (pies)
Condoto	150
Conglomerado de La Mojarra	9500



Figura 22. Ubicación del pozo ANH-CHOCÓ-1-ST-P y proyección sobre la línea ANHCHBN-2005-01.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

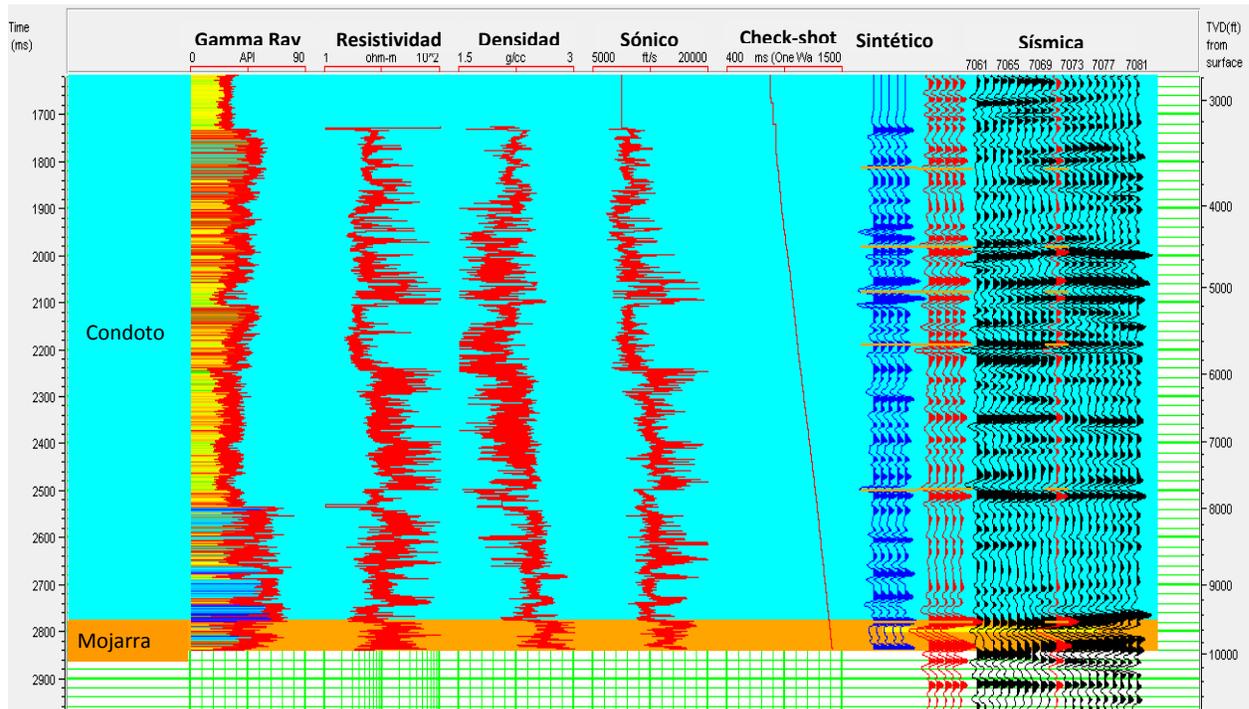


Figura 23. Calibración ANH-CHOCÓ-1-ST-P con la línea sísmica ANHCHBN-2005-01. Formación Condoto (Azul) y Conglomerados de La Mojarra (Mostaza).

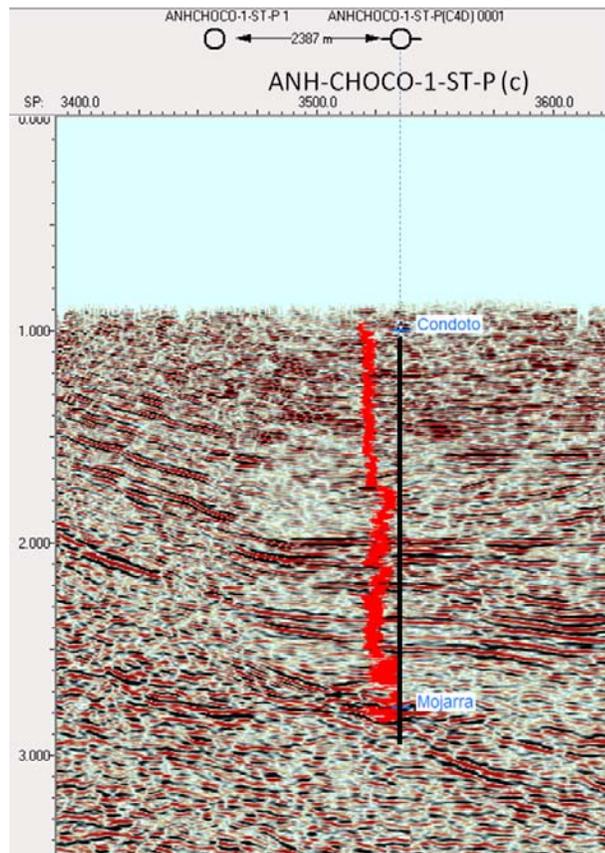


Figura 24. Calibración ANH-CHOCÓ-1-ST-P en tiempo sobre la línea sísmica ANHCHBN-2005-01. El registro mostrado es el de Rayos Gamma junto con los topes identificados. La distancia entre la ubicación real y la proyección del pozo es de 2387 m.

8.2.4 Horizontes Interpretados

Los horizontes interpretados se eligieron a partir de la correlación del Mapa Geológico 1:500.000 de Ingeominas (2007) y de la integración de la información en subsuelo de los pozos Urodó y ANH-CHOCÓ-1-ST-P mostrada en la sección de calibración.

En total cuatro (4) horizontes fueron interpretados y cartografiados en las secciones sísmicas, como se muestra en la Tabla 6 y las Figuras 25 y 26.

Tabla 6. Unidades litoestratigráficas interpretadas para el proyecto ANHCHBN2D-2005.

HORIZONTE	SUB CUENCA ATRATO	SUB CUENCA SAN JUAN
Base de la Cuenca	Base del Eoceno_Clavo?	Base del Paleoceno?
Base del Eoceno	Base de Salaqui?	Base de Iró?
Base del Oligoceno	Base de Uva?	Base de Istmina?
Base del Mioceno	Intra Uva?	Base de Mojarra?

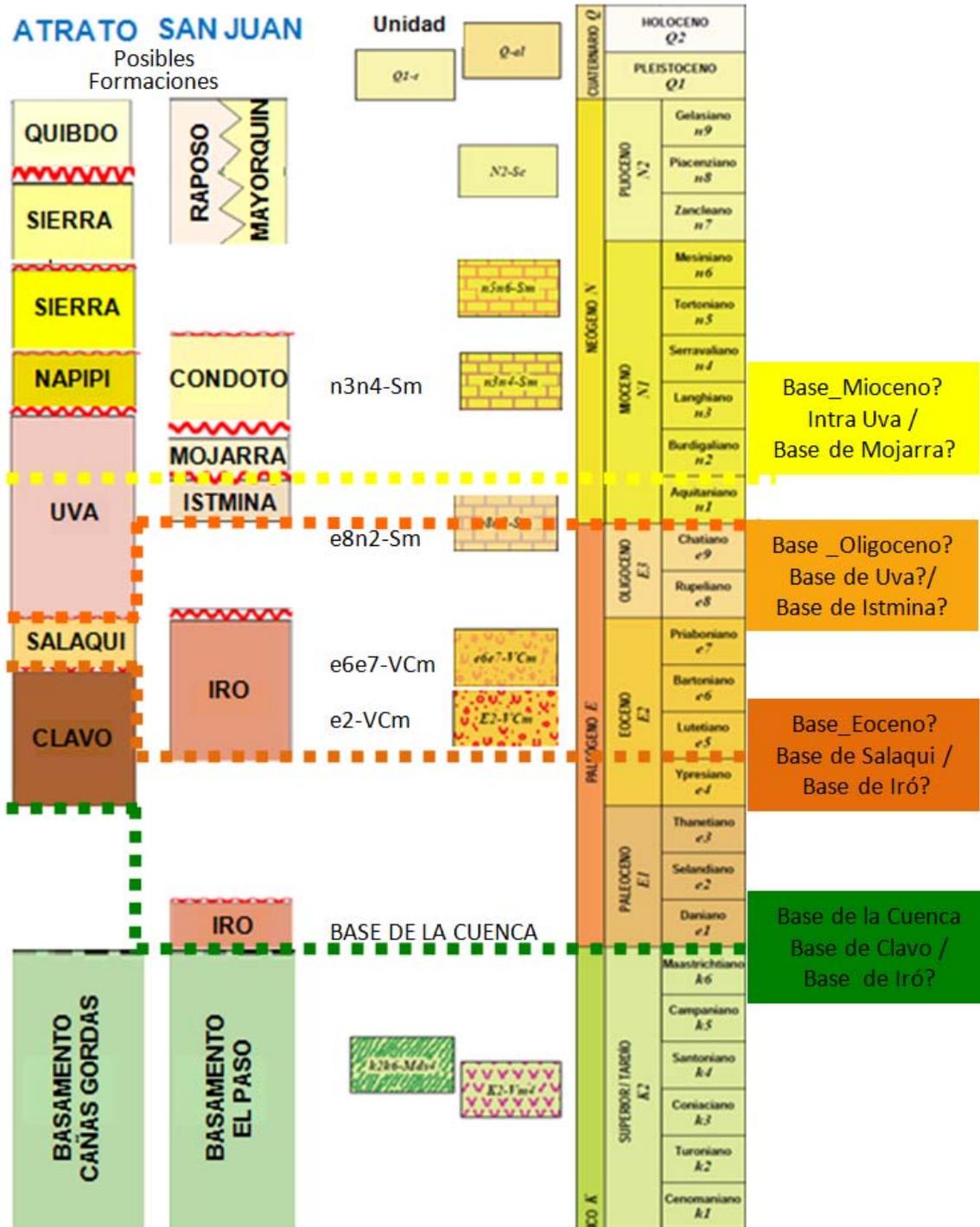


Figura 25. Correlación cronoestratigráfica para los horizontes interpretados en las Cuencas Atrato y San Juan.

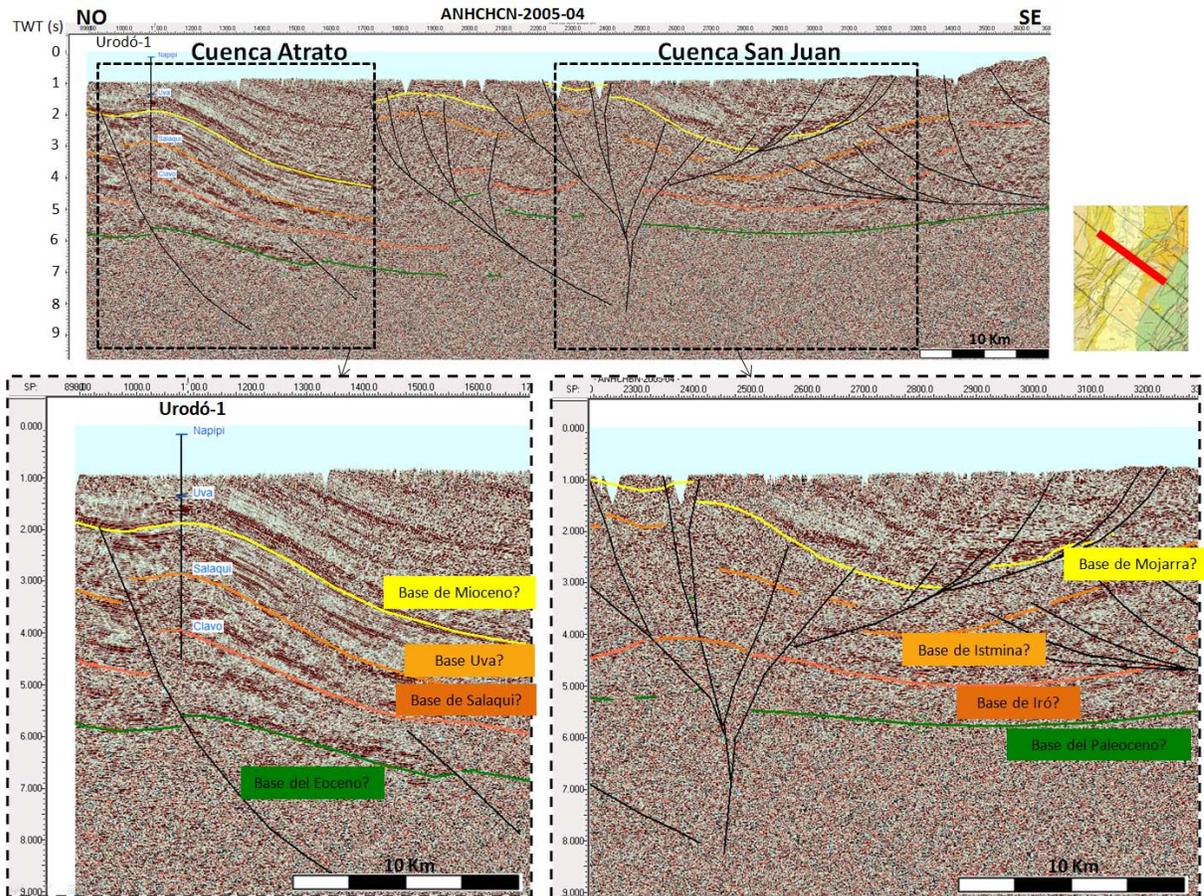


Figura 26. Horizontes interpretados para las Cuencas Atrato y San Juan.

8.3 INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Las fallas y estructuras se interpretaron con la misma metodología utilizada para los horizontes: Correlación con el Mapa Geológico de Superficie. La baja relación señal/ruido en las áreas de gran deformación (Sistema de Fallas de San Juan), dificultó la correlación de eventos y espesores. La geometría de las fallas se interpretó a partir de la geometría y terminaciones de los horizontes. Los mapas estructurales en tiempo y las secciones finales interpretadas se encuentran respectivamente en los Anexos A1 y A2.

El análisis de las cinco (5) líneas sísmicas permitió definir básicamente tres (3) diferentes estilos estructurales o familias de fallas, identificados por regiones geomorfológicas. El primer grupo está asociado a fallas normales invertidas positivamente, subcuenca de Atrato. Es importante resaltar que el programa sísmico ANH CHOCO 2D 2005 cubre cerca del 20% de la Cuenca Atrato hacia su parte sur, de manera que los resultados no deben ser generalizados para el 100% del área de Atrato. El segundo grupo está conformado por fallas inversas de alto ángulo, tipo flor positiva. Y el tercer grupo, consiste de corrimientos de bajo ángulo. Adicional a estos conjuntos de familias de fallas conseguimos pequeñas fallas normales de acomodo o deslizamiento, propias de la inestabilidad o engrosamiento cortical. El progreso de la deformación de NE a SO (referenciada a la línea ANHCHBN-2005-01) se presenta en la Figura 27.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

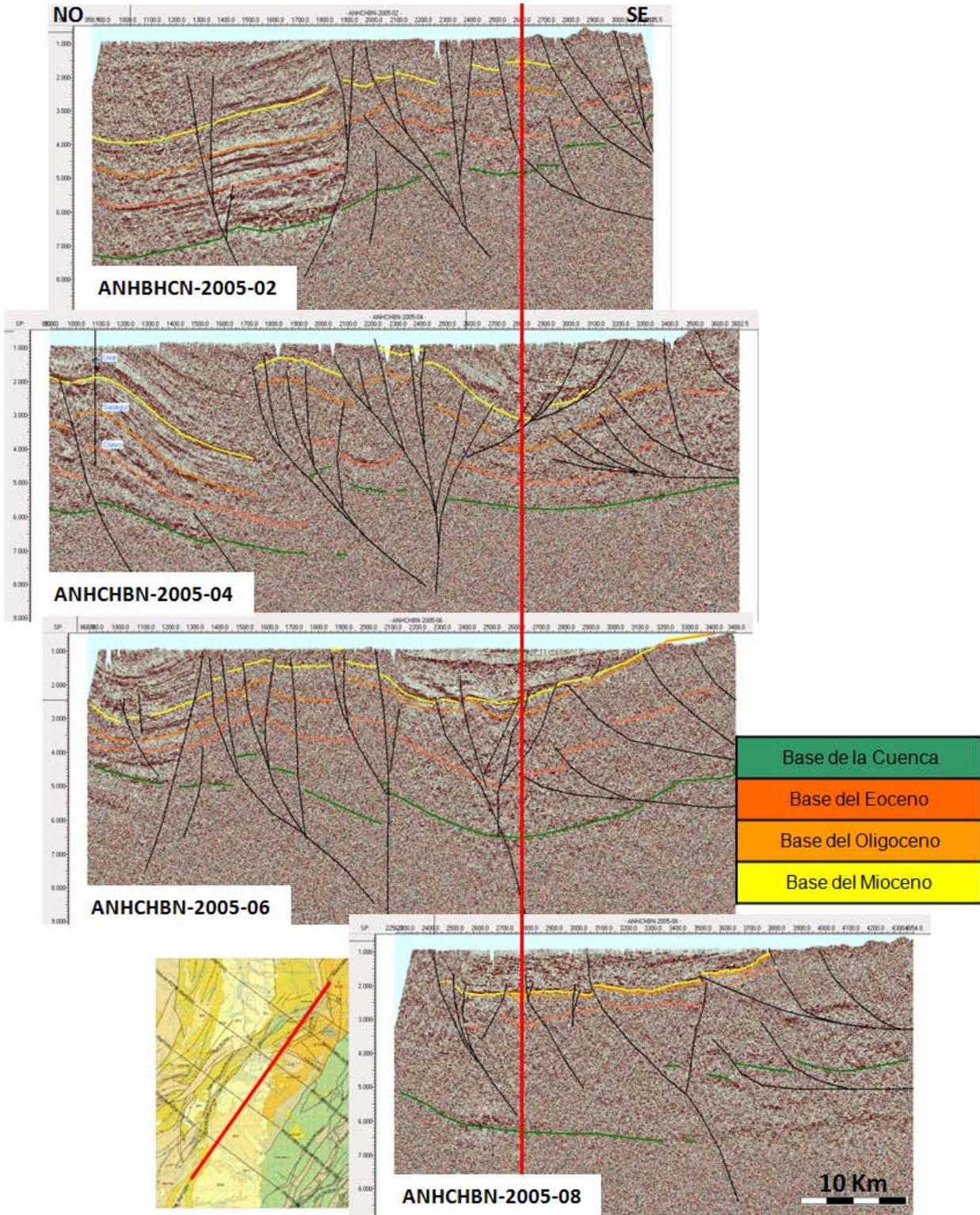


Figura 27. Progreso de la deformación referenciada a la línea ANHCHBN-2005-01.

Cuenca Atrato:

- El borde sur de esta cuenca se caracteriza por un estilo estructural compresivo con fallas posiblemente invertidas de períodos extensivos. Esta inversión de fallas normales produjo tectonismo sindeposicional (a partir del Eoceno tardío) evidenciado en cambios de espesores de los estratos (Figura 28).
- En la línea ANHCHBN-2005-04 se identificó un diapiro de lodo en al área de Atrato que debe estar asociado a la falla inversa de la Figura 29 y a la formaciones estratigráficas Salaquí (Eoceno tardío) y Uva (Oligoceno-Mioceno temprano).
- De acuerdo a Duque-Caro (1984) en la zona de Atrato se describe una inconformidad (Mioceno temprano-medio) entre las secuencias de las formaciones Uva y Napipí correlacionada con el hiato NH2 (Barron y Keller, 1983) que pudo relacionarse con el levantamiento inicial del dique de Panamá (Duque-Caro, 1984). La referida discordancia está asociada a la fase inicial de diapirismo y levantamiento del Cinturón de la Cuenca Sinú (Duque-Caro, 1984). De igual manera, describe para el Mioceno medio una inconformidad entre el tope de la Fm. Napipí y la base de la Fm. Sierra correlacionada con el hiato NH3, 12.9-11.8 m.a. (Barron y Keller, 1983), la cual podría asociarse con el clímax de diapirismo del Cinturón Sinú (Duque-Caro, 1984).
- Adicionalmente, está registrada (a partir de análisis a las unidades muestreadas por los pozos exploratorios Opogadó-1, Buchadó-1, Pacurita-1 y Urodó-1) la existencia de dos (2) secuencias sedimentarias sobrepuestas en el Valle de Atrato: Una secuencia superior y coherente con facies pelágicas y hemipelágicas del Oligoceno-Mioceno medio, y una secuencia inferior, infrayacente y caótica, en la que los sedimentos del Mioceno medio aparecen mezclados con fauna foraminífera del Eoceno y Oligoceno (Duque-Caro, 1990b). En registros de sísmica de la Cuenca Atrato, cerca de los pozos Urodó-1 y Opogadó-1, el límite entre estas dos (2) secuencias coincide con una zona de contraste de amplitudes: La superior caracterizada por reflexiones con continuidad y la segunda por reflexiones incoherentes dentro de una zona de domo (Duque-Caro, 1990b). Sobre esta zona las estructuras en domo han sido interpretadas como estructuras de diapiros (Barlow, 1981). Características sísmicas similares a las descritas para la secuencia caótica inferior han sido observadas en registros de sísmica adyacentes al Cinturón Sinú y al Golfo de Urabá (Duque-Caro, 1984).
- A partir de las observaciones en el presente trabajo sobre la línea ANHCHBN-2005-04 y de las conclusiones arrojadas por Duque-Caro (1984 y 1990b), se propone la existencia de un cinturón de diapiros de lodo en el borde oeste de la Cuenca Atrato desarrollados entre las edades Oligoceno-Mioceno medio y relacionados con el diapirismo de la Cuenca Sinú y la deformación de la margen occidental del Pacífico colombiano.

Zona Deformada de Istmina:

- Es una zona compresiva de rumbo NE-SW dominada por corrimientos con altos buzamientos dentro de la cual se identificaron tres (3) familias de fallas (correlacionadas con el mapa geológico de superficie), todas inversas de alto ángulo y que dominan la zona de deformación: Falla de Río Pepe, Falla de Dipurdú de los Indios y Falla de San Juan (Figura 30).
- La falla dominante en esta Zona de Deformación es la Falla de San Juan, la cual está representada por una falla inversa de alto ángulo.
- Se aprecian cambios de espesor en los paquetes sedimentarios del área a causa de procesos erosivos que respondieron al levantamiento del área.

Cuenca San Juan:

- Se evidenció en el depocentro de la cuenca una serie de fallas inversas tipo dúplex, producto de la componente oblicua de la colisión Nazca-Suramérica que rota hacia NE-SW, tal como se observa en la línea ANHCHBN-2005-01 (Figura 31), en la cual se sobrecorren la base de la cuenca, la Fm. Iró (Eoceno medio y superior) y la Fm. Istmina (Mioceno temprano).
- Se evidenció tectonismo sindeposicional relacionado al levantamiento y deformación de los relieves que la limitan (al este el Sistema de Fallas de San Juan y al oeste la Cordillera Occidental).
- En el depocentro de la cuenca también fueron interpretados una serie de bloques extensionales (rotacionales) que desplazan las unidades correspondientes al Mioceno (formaciones Condoto y Mojarra?), posiblemente ligados a la carga de sedimentos acumulada en el ambiente marino presente en la paleo-Cuenca San Juan (Figura 32).
- La Cuenca San Juan presenta estructuras compresivas que fracturan su depocentro, convergencia al NW y provenientes de la deformación de la Cordillera Occidental (Figura 32).

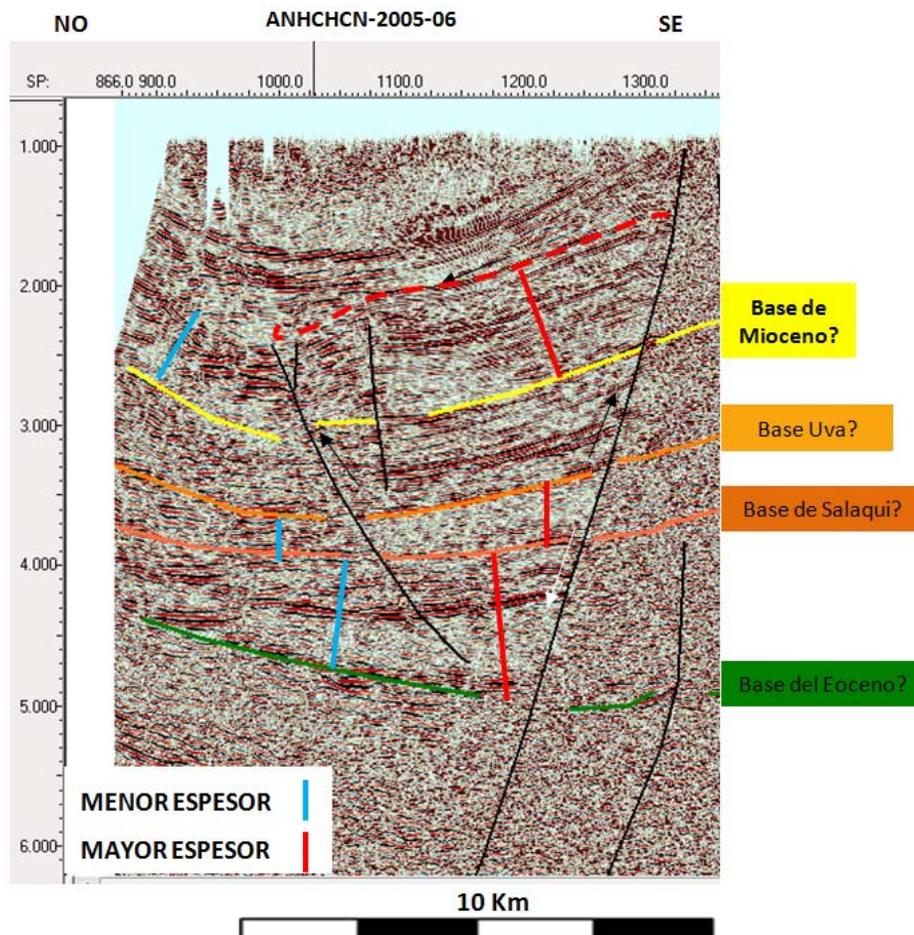


Figura 28. Cambios de espesores en la Cuenca Atrato asociado a inversión de fallas normales entre las edades Eoceno tardío a Mioceno medio.

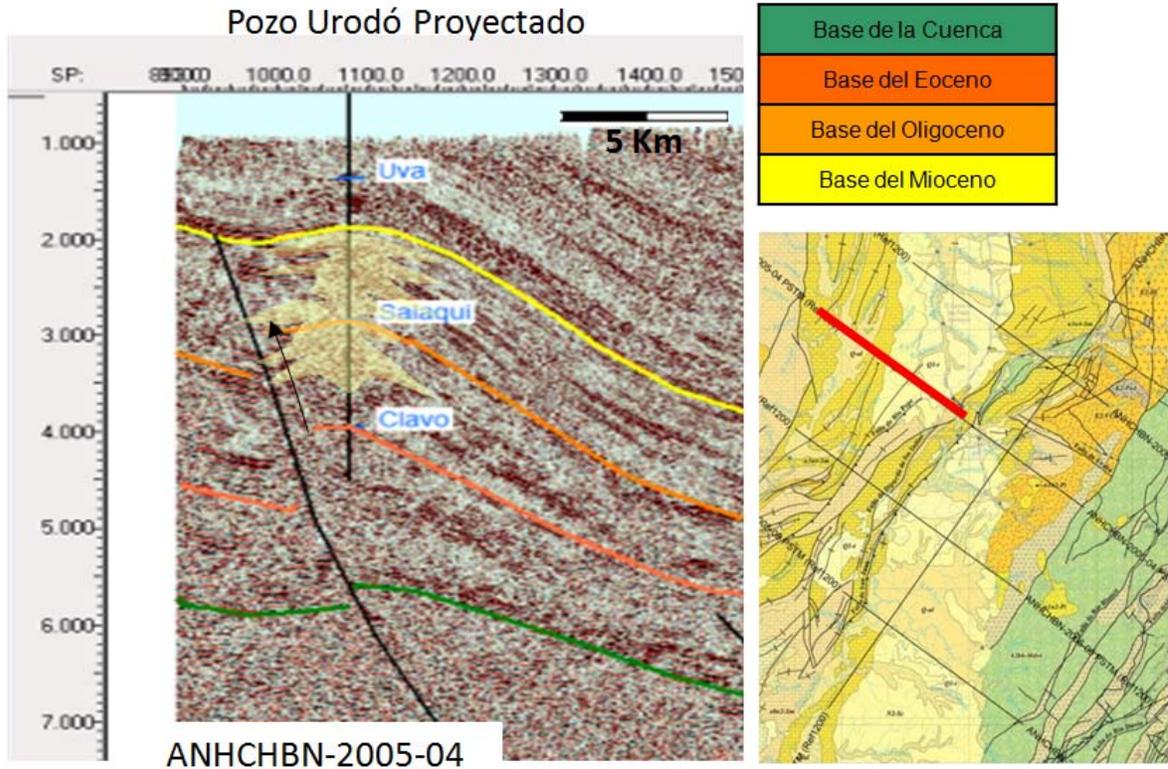


Figura 29. Línea ANHCHBN-2005-04: identificación de posible diapiro de lodo en la Cuenca Atrato, posiblemente asociado a la falla inversa.

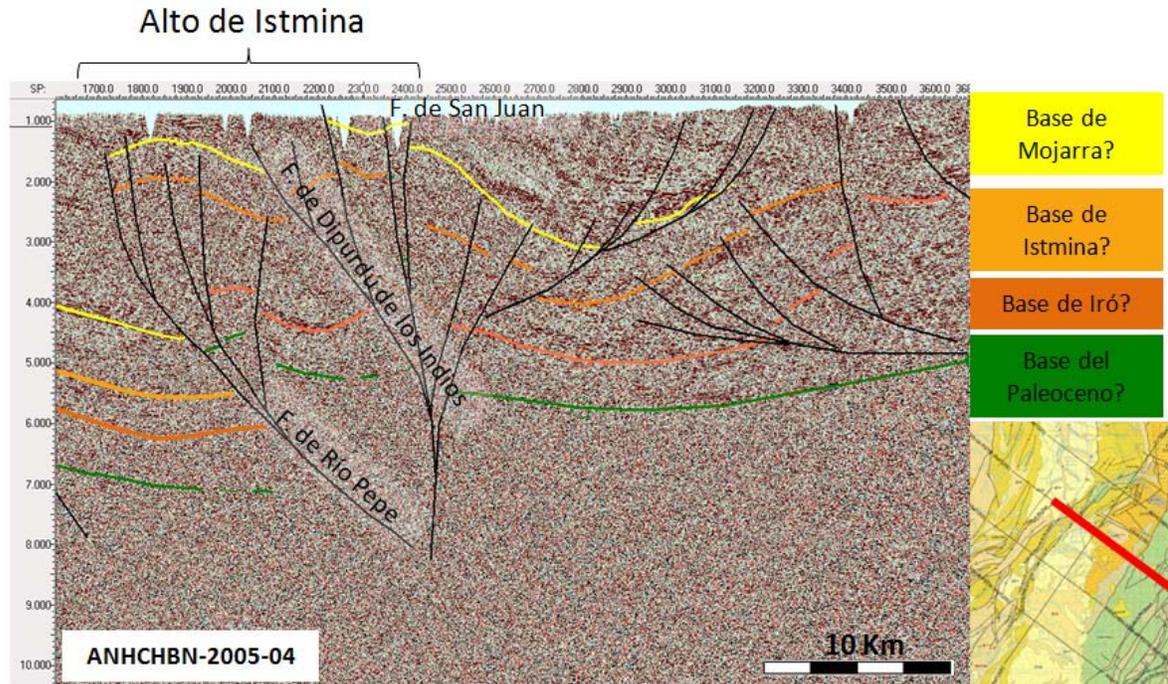


Figura 30. Zona Deformada de Istmina dominada por las fallas inversas de alto ángulo Río Pepe, Dipurdú de los Indios y San Juan.

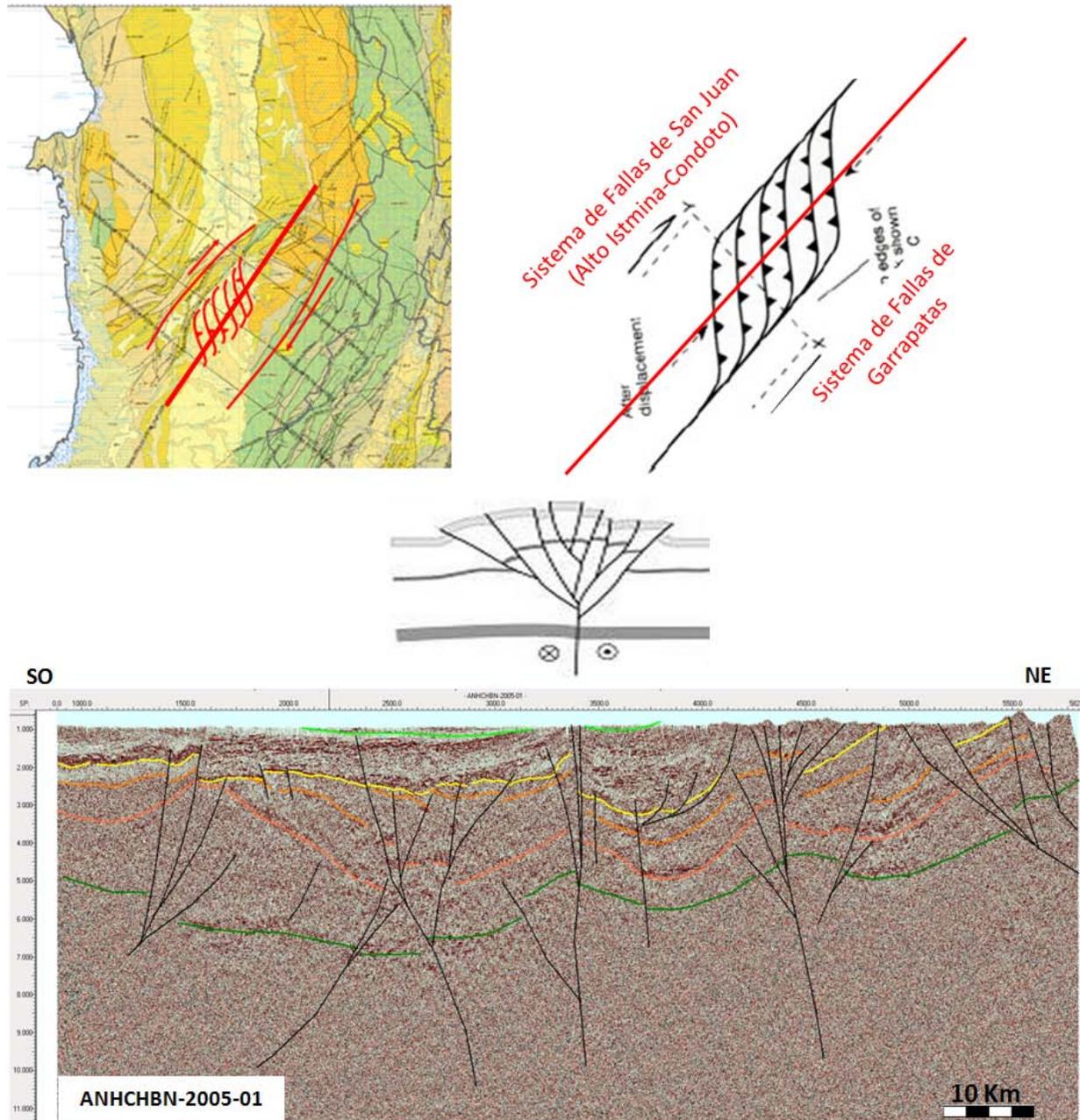


Figura 31. Modelo transpresivo en la Cuenca San Juan producto de la componente oblicua (NE-SO) de la colisión Nazca-Suramérica, evidenciado en el perfil ANHCHBN-2005-01.

Informe Final de Interpretación Sísmica – Programa ANH Chocó 2D 2005

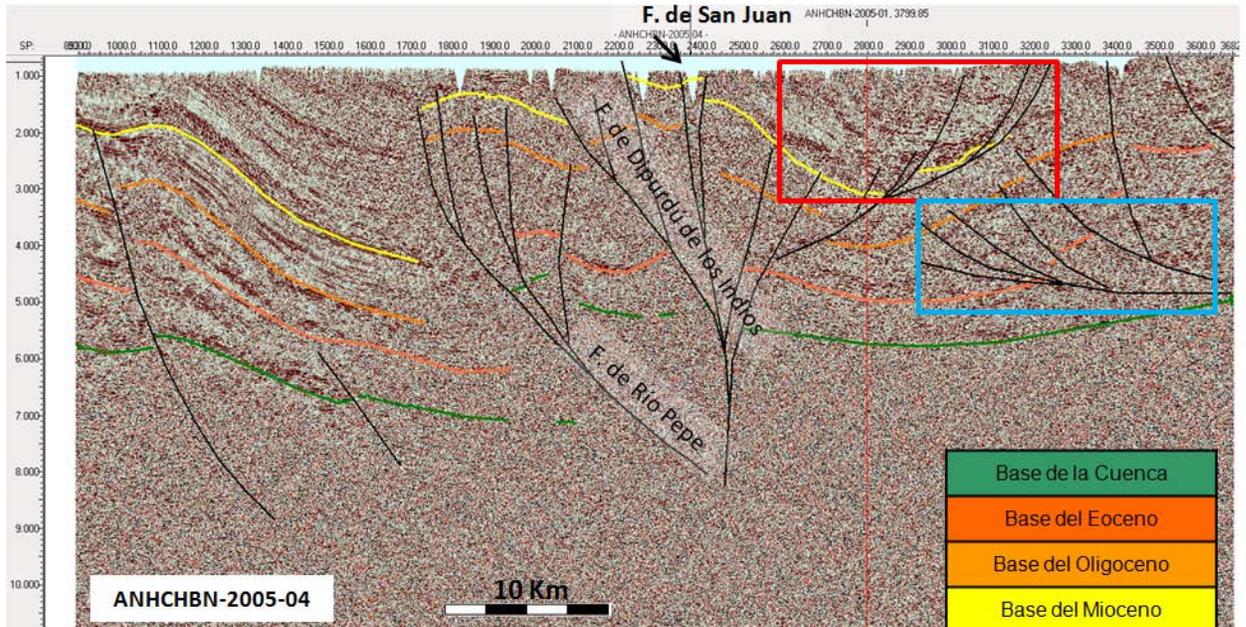


Figura 32. Línea ANHCHBN-2005-04. Recuadro rojo: Bloques extensionales asociados a acumulación de sedimentos que fracturan las unidades del Mioceno n3n4-Sm (Fm. La Mojarra?). Recuadro azul: deformación en el depocentro de la Cuenca San Juan proveniente de la Cordillera Occidental.

9. INTEGRACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROSPECTOS

Se identificaron un total de tres (3) prospectos en la zona de estudio, específicamente en la subcuenca San Juan. El estilo de trampa de los mismos es estructural, ubicado en un alto con cierre contra fallas. Asimismo el nivel objetivo para los tres (3) casos corresponde al nivel de la base del Eoceno, posiblemente Fm. Iró.

Para la identificación y clasificación de los mismos se consideraron los siguientes parámetros:

- Existencia de cierre estructural a nivel de mapas en las unidades objetivo: En esta zona de estudio se debe tener sumo cuidado porque la gran mayoría de altos estructurales están asociados a diapirismo donde la relación señal-ruido de la sísmica es bastante bajo.
- Estratigrafía y sedimentación asociado a los diferentes niveles de interés.
- Amplitud sísmica y la continuidad de los reflectores.

La jerarquización de las zonas más relevantes se basó principalmente en la búsqueda de las posibles mejores condiciones de acumulación, a partir de los prospectos y *leads* definidos.

En la Tabla 7 se muestran los objetivos, tipo de trampa y área aproximada de cada uno de los *leads*, asimismo se muestra una cuarta columna de “evaluación”, a modo de semáforo que permite jerarquizar el *lead* con base en los siguientes criterios:

- **Verde:** Poseen menor incertidumbre y son los que se recomiendan como prioridades para futuros estudios y actividades exploratorias.
- **Amarillo:** La incertidumbre es ligeramente menor y están asociados a posibles trampas estratigráficas / estructurales o solamente estratigráficas pero con una correlación lateral de la geometría del cuerpo.
- **Rojo:** El grado de incertidumbre es mayor, son *leads* estratigráficos observados en una sola línea y que no muestran cierre estructural.

Tabla 7. Clasificación de zonas de interés.

NOMBRE	OBJETIVO	TIPO DE TRAMPA	ÁREA APROX. (km ²)	EVALUACIÓN
P1	Base del Eoceno_ Fm Iró?	Estructural	100	
P2	Base del Eoceno_ Fm Iró?	Estructural	35	
P3	Base del Eoceno_ Fm Iró?	Estructural	40	

■ Grado Alto de Incertidumbre ■ Grado Medio de Incertidumbre ■ Grado Bajo de Incertidumbre

En la Figura 33 se muestra un mapa estructural asociado a la base del Eoceno con los 3 prospectos delineados. El prospecto P1 presenta mayor extensión con aproximadamente 100 Km² de área, mientras que los prospectos P2 y P3 presentan 35 Km² y 40 Km², respectivamente.

Los prospectos P1 y P3 presentan un orden de prioridad verde (prioridad 1) debido a que se observa una mejor continuidad de reflectores en el nivel objetivo en las líneas sísmicas correspondientes.

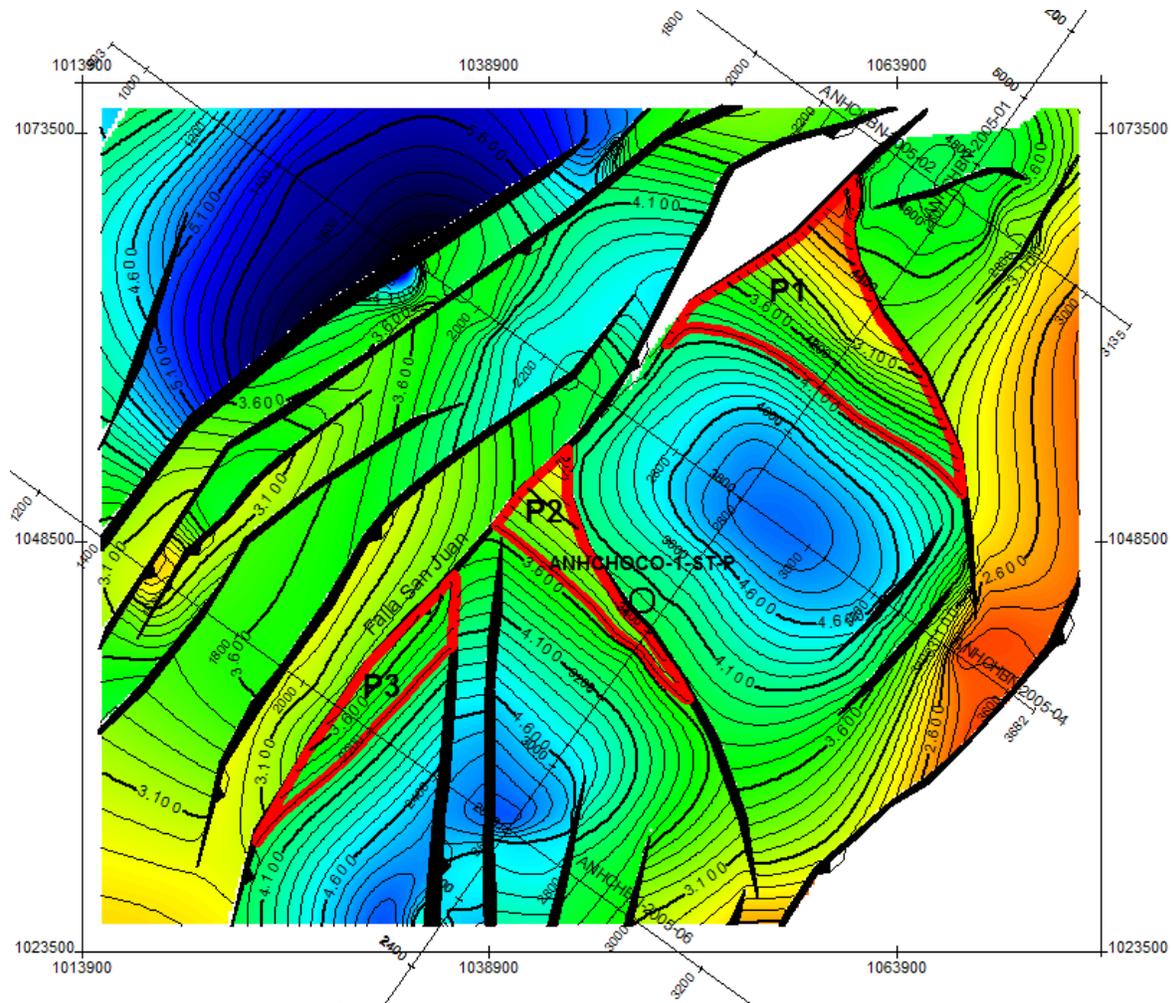


Figura 33. Mapa estructural asociado al nivel de Base Eoceno con los prospectos identificados en la zona de estudio.

Es importante resaltar que estas zonas de interés deben ser reevaluadas con una mayor cantidad de datos sísmicos que permita disminuir el alto grado de incertidumbre. Se recomienda un análisis de atributos sísmicos especializado (como por ejemplo Inversión sísmica o AVO) que permita definir mejor los posibles prospectos.

10. PRODUCTOS FINALES

EN MEDIO DIGITAL:

- 01. Informe Final de Interpretación (WORD y PDF)
 - 01.1. Anexos (WORD y PDF)
 - 01.2. Presentación (PPT)
- 02. Mapas de Interpretación de Horizontes (PDF y ZMAP).
 - 02.1. Mapas de Interpretación de Horizontes (PDF y ZMAP).
 - 02.2. Mapas de Leads (PDF y ZMAP).
- 03. Secciones Interpretadas (CGM).
- 04. Interpretación Sísmica (ASCII).
 - 04.1. Horizontes (ASCII).
 - 04.2. Fallas (ASCII).
- 05. Archivos de mallados (ASCII).
- 06. Backup del proyecto.

EN PAPEL:

- Informe Final de Interpretación.
- ANEXO A1. Mapas Estructurales en Tiempo. Escala 1:125.000. Cantidad: cuatro (4) mapas.
- ANEXO A2. Secciones Sísmicas Interpretadas. Escala 1:100.000. Cantidad: cinco (5) secciones.
- ANEXO A3. Mapa Estructural en Tiempo de *Leads*. Escala 1:75.000. Cantidad: un (1) mapa.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa sísmico ANH Chocó 2D 2005 cubre aproximadamente 20% del área total de la Cuenca Atrato y 60% del área de la Cuenca San Juan, de manera que los resultados para la zona de Atrato no deben ser generalizados para el resto de la cuenca.

La Cuenca Chocó es una cuenca ante-arco desarrollada con pulsos del Cretácico Tardío, Eoceno temprano y Mioceno tardío.

En la Sub-Cuenca Atrato, se identificó una deformación asociada a diapirismo de lodo, dentro de las unidades eocenas y oligocenas (posibles formaciones Salaquí y Uva).

Dentro de la Zona Deformada de Istmina (Sistema de Fallas de San Juan), se identificaron tres (3) familias de fallas principales: Río Pepe, Dipurdú de los Indios y San Juan; todas de tipo inverso de alto ángulo.

La Sub-Cuenca San Juan se desarrolla bajo un sistema transpresivo controlado por la transcurrencia destal relativa entre el Sistema de Fallas de San Juan (al oeste) y el Sistema de Fallas de Garrapatas (al este).

La transpresión dominante en la Sub-Cuenca San Juan genera una serie de fallas inversas al estilo flor positiva, las cuales desarrollan la prospectividad del área dentro de las posibles formaciones de Istmina y Mioceno temprano.

El depocentro de la Sub-Cuenca San Juan muestra cuerpos de contrastes de impedancias interesantes, posiblemente asociados con paquetes de abanicos submarinos de edad Mioceno (Fm. Condoto)

Se identificaron tres (3) prospectos localizados en la subcuenca San Juan. El estilo de trampa de los mismos es estructural, ubicado en un alto con cierre contra fallas. Asimismo el nivel objetivo para los tres (3) casos corresponde al nivel de la base del Eoceno, posiblemente Fm. Iró, depositada en un ambiente de plataforma carbonática.

Se recomienda incorporar una mayor cantidad de datos sísmicos con un análisis de atributos especializados para una evaluación más completa de los prospectos definidos en el presente trabajo.

12. REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, A. (1983). *Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos*. Boletín Geológico, Ingeominas, 26 (2), p. 175.
- ASPDEN, J., BROOK, M. y McCOURT, W. (1984). *New geological and geochronological data from the Colombian Andes: Continental growth by multiple accretion*. Journal of the Geological Society, London. 141, pp. 831-845.
- BARCKHAUSEN, U. y MESCHÉDE, M. (2000). *Plate tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center*. [Online]. Available from World Wide Web. Silver, E.A., Kimura, G., Shipley, T.H. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, vol. 170. Ocean Drilling Program, College Station, TX, pp. 1-10.
- BARLOW, C. (1981). *Radar Geology and Tectonic Implications of the Chocó Basin, Colombia, South America*. Unpublished MSc. thesis, University of Arkansas.
- BARRERO, D. y ETAYO, F. (1983). *Mapa de Terrenos de Colombia*, Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS, 14(1), p. 235.
- BARRON., J. y KELLER, G. (1983). *Paleoceanographic implications of Miocene deep-sea hiatuses*. Geological Society of America Bulletin. 94, pp. 590-613.
- BEDOYA, G., CEDIEL, F., CERÓN, R., CUARTAS, C., MARIN-CERÓN, M., MOJICA, J., MONTENEGRO, G. y RESTREPO-CORREA, I. (2009). *Aportes al Conocimiento de la Evolución Geológica de las Cuencas Atrato y San Juan dentro del Arco Panamá-Chocó*. Boletín de Geología, Vol.31, No.2, Bucaramanga.
- BEDOYA, G., CEDIEL, F., CORREA, I., CUARTAS, C., GARCÍA, E., MONTENEGRO, G., MORA, C., MUÑOZ, G., RESTREPO, I. y ZULUAGA, M. (2007). *Inventario, Compilación, Interpretación y Evaluación Integral De La Información: Evaluación Integral de la Información Geológica, Geofísica y Geoquímica de la Cuenca Atrato y Cuenca San Juan*. ANH - Universidad EAFIT, Medellín.
- BEN-AVRAHAM, Z. y McGEARY, S. (1985). *The accretion of Gorgona Island, Colombia: Multichannel seismic evidence*. Tectonostratigraphic Terranes of the Circum Pacific Region. Circum-Pacific Council for Energy Mineral Resources Earth Science Series, vol. 1, pp. 543-554.
- BGR - INGEOMINAS. (1989). *Mineralizaciones primarias de minerales del grupo del platino y oro en las cuencas de los Ríos Condoto e Iró. Chocó, Colombia*.
- CÁCERES, C., CEDIEL, F. y SHAW R. (2003). *Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. BARTOLINI, R., BLICKWEDE J. y BUFFER T. Eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean. Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics. AAPG Memoir 79, pp. 815-848.*
- CEDIEL, F., CUARTAS, C., DUQUE-CARO, H., GARCÍA, E., MARÍN-CERÓN, M., MONTENEGRO, G., MORA, C., MUÑOZ, G., RESTREPO, I. y TOVAR, D. (2009). *Geology and Hydrocarbon Potential, Atrato and San Juan Basins, Chocó (Panamá) Arc. Tumaco Basin (Pacific Realm), Colombia*. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín, p. 172.
- CORREA, I., GONZÁLEZ, J., KJERFVE, B. y RESTREPO, J. (2002). *Morphodynamics of a high discharge tropical delta, San Juan river, pacific coast of Colombia*. Marine Geology 192, pp. 355-381.
- CORREA, I. y RESTREPO, J. (1992). *Geología y Oceanografía del delta del Río San Juan. Litoral Pacífico colombiano*. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, p. 221.

- DE PORTA, J. (2003). *La formación del Istmo de Panamá: Su incidencia en Colombia*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 27, pp. 191-216.
- DUNIA CONSULTORES LTDA. (2006). *Cartografía geológica en el área de la cuenca Atrato-San Juan, Departamento del Chocó*. Informe final, p. 180.
- DUQUE-CARO, H. (1971). *A reply to: On planktonic foraminiferal zonation in the Tertiary of Colombia*. Micropaleontology. 17, pp. 365-368.
- DUQUE-CARO, H. (1975). *Los foraminiferos plactonicos y el Terciario de Colombia*. Revista Española de Micropaleontología, v. 7, pp. 403-427.
- DUQUE-CARO, H. (1984). *Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinú-San Jacinto terrane, southwestern Caribbean borderland*. Geological Society of America, Memoir 162, pp. 303-316.
- DUQUE-CARO, H. (1990a). *Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the Evolution of the Panama Seaway*. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 77, pp. 203-234.
- DUQUE-CARO, H. (1990b). *The Chocó Block in the northwestern corner of South America: Structural tectonostratigraphy and paleogeographical implications*. Journal of South American Earth Sciences, 3 (19), pp. 71-84.
- DUQUE-CARO, H. (1991). *Contributions to the geology of the Pacific and Caribbean coastal areas of northwestern Colombia and South America*. Princeton University, PhD. thesis, p. 132.
- ESTRADA, J. (1995). *Paleomagnetism and accretion events in the Northern Andes*. PhD. Thesis. State University of New York. Binghamton, p. 172.
- FIGUEROA, Y. y NUÑEZ, A. (1990). *Cartografía geológica de un área en las cabeceras del Río San Juan (Chocó)*. Informe final, p. 65.
- FISCHER, M. y WOODCOCK, N. (1986). *Strike-slip duplexes*. Journal of Structural Geology 8, pp. 725-735.
- HAFFER, J. (1965). *Río Uva-traverse*. Colombian Petroleum Company, Escala 1:50.000.
- HAFFER, J. (1967). *Geologic compilation map Northwestern Colombia*. Colombian Petroleum Company, Escala 1:500.000.
- INGEOMINAS. (2007). *Mapa Geológico de Superficie de Colombia, Escala. 1:500.000*.
- KELLOGG, J. y VEGA, V. (1995). *Tectonic development of Panama, Costa Rica and the Colombian Andes: Constrains from Global Positioning System geodetic studies and gravity*. P. Mann (ed.), Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in South Central America. Geological Society of America. Special Paper 295, pp. 75-90.
- KENNAN, L. y PINDELL, J. (2001). *Kinematic Evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean*. GCSSEPM Foundation 21st Annual Research Conference Transactions, Petroleum Systems of Deep-Water Basins, pp. 193-220.
- MANJARREZ, E. (2011). *Ensayo: Programa de Trabajos y Obras para la Legalización de la Explotación de Platino y Oro en el Corregimiento de la Hilaria en el Municipio de Condoto Departamento Chocó, Exploración Geológica*.

MOUNTNEY, N. y WESTBROOK, G. (1997). *Quantitative analysis of Miocene to Recent forearc basin evolution along the Colombian convergent margin*. Basin Res. 9, pp. 177-196.

NIVIA, A. (1996). *El complejo estructural Dagua, registro de deformación de la Provincia Litosférica Oceánica Cretácica Occidental*. Memorias VII Congreso Colombiano de Geología III, pp. 108-123.

ROJAS, O. (1967). *Geological traverses in the Choco region*. Northwestern Colombia.