



INFORME FINAL DE INTERPRETACIÓN SÍSMICA COMPONENTE HORIZONTAL Y VERTICAL

Elaborado por: **PETROSEIS LTDA.**
Elaborado para: **ANH.**



Programa: SINÚ SAN JACINTO 2D 2008
Fecha: 30 DE SEPTIEMBRE 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.....	7
4. ALCANCES DEL ESTUDIO.....	7
5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
6. GEOLOGÍA REGIONAL.....	10
6.1 MARCO TECTÓNICO REGIONAL.....	10
6.2 GEOLOGÍA DEL CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO.....	10
6.3 SISTEMA PETROLERO.....	11
7. CALIDAD DE DATOS SÍSMICOS.....	14
8. INTERPRETACIÓN.....	14
8.1 ANTECEDENTES.....	19
8.2 BASES DE DATOS.....	22
8.2.1 Mapa Geológico.....	22
8.2.2 Estratigrafía.....	22
8.2.3 Horizontes Interpretados.....	23
8.2.4 Calibración.....	25
8.3 INTERPRETACIÓN SISMO-ESTRATIGRÁFICA Y ESTILOS ESTRUCTURALES.....	25
8.3.1 Interpretación Sismo-Estratigráfica.....	25
8.3.2 Estilos Estructurales Definidos.....	39
8.3.3 Diferentes dominios tectónicos del programa Sinú San Jacinto 2D 2008.....	41
8.3.4 Observaciones importantes de los horizontes y unidades sísmicas.....	43
9. SÍSMICA MULTICOMPONENTE Y ATRIBUTOS SÍSMICOS.....	44
9.1 INTERPRETACIÓN SÍSMICA PS.....	44
9.2 INVERSIÓN ACÚSTICA PP.....	45
9.3 INVERSIÓN SÍSMICA MULTICOMPONENTE (ZP, D).....	47
9.4 INVERSIÓN CONJUNTA DE ONDA CONVERTIDA.....	47
10. INTEGRACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LEADS.....	49
10.1 INTERPRETACIÓN DE SECCIONES PS.....	65
11. PRODUCTOS FINALES.....	69
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
13. REFERENCIAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL PROGRAMA SINÚ SAN JACINTO 2D 2008.....	8
FIGURA 2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROGRAMA SINÚ SAN JACINTO 2D 2008.....	9
FIGURA 3. UBICACIÓN CUENCA DEL SINÚ, MOSTRANDO EL ÁREA DEL PROGRAMA SÍSMICO	10
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES BLOQUES DEL CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO	12
FIGURA 5. ESPECTROS DE AMPLITUD DE LAS SECCIONES SÍSMICAS	14
FIGURA 6. REFLECTORES SÍSMICOS DE ONDA P (ARRIBA) Y ONDA CONVERTIDA (ABAJO) PARA UN SEGMENTO DE LA LÍNEA ANH-SSSUR-2008-03, SINÚ SAN JACINTO 2D 2008	15
FIGURA 7. REFLECTORES SÍSMICOS DE ONDA P (ARRIBA) Y ONDA CONVERTIDA (ABAJO) PARA UN SEGMENTO DE LA LÍNEA ANH-SSSUR-2008-03 (SINÚ SAN JACINTO 2D 2008) CON LA INTERPRETACIÓN DE LOS HORIZONTES MÁS RELEVANTES	16
FIGURA 8. REFLECTORES SÍSMICOS DE ONDA P (ARRIBA) Y ONDA CONVERTIDA (ABAJO) PARA UN SEGMENTO DE LA LÍNEA ANH-SSSUR- 2008-06 (SINÚ SAN JACINTO 2D 2008)	17
FIGURA 9. REFLECTORES SÍSMICOS DE ONDA P (ARRIBA) Y ONDA CONVERTIDA (ABAJO) PARA UN SEGMENTO DE LA LÍNEA ANH-SSSUR- 2008-06 (SINÚ SAN JACINTO 2D 2008)	18
FIGURA 10. SECCIÓN ESQUEMÁTICA DEL CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO, EN EL CUAL SE MUESTRAN LOS RASGOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES DEFINIDOS POR ANTOLINEZ EN SU ESTUDIO	19
FIGURA 11. SECCIÓN SÍSMICA DEL SINÚ POR REY Y RUBIANO.	20
FIGURA12. SECCIÓN SÍSMICA QUE MUESTRA EL MODELO ESTRUCTURAL INTERPRETADO POR CARO Y REY, QUE PERMITE OBSERVAR LAS FALLAS INVERSAS DE ÁNGULO ALTO..	21
FIGURA 13. SECCIÓN QUE MUESTRA LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLERO IDENTIFICADOS POR CARO Y REY EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
FIGURA 14. UBICACIÓN DEL LEVANTAMIENTO SÍSMICO 2D SOBRE MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA (INGEOMINAS,2007) 22	
FIGURA 15. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA PARA EL CINTURÓN DE SAN JACINTO.....	23
FIGURA 16. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE HORIZONTES Y UNIDADES INTERPRETADAS EN EL ÁREA DE SAN JACINTO	24
FIGURA 17. SECCIÓN SÍSMICA ANH-SSSUR-2008-02-04-06.	27
FIGURA 18. MAPA DEL HORIZONTE D1.....	28
FIGURA 19. MAPA DEL HORIZONTE D2.....	29
FIGURA 20. MAPA DEL HORIZONTE D3.	30
FIGURA 21. MAPA DEL HORIZONTE D4.....	31
FIGURA 22. MAPA DEL HORIZONTE D5.....	32
FIGURA 23. MAPA DEL HORIZONTE D6.....	33
FIGURA 24. MAPA DEL HORIZONTE D7.....	34
FIGURA 25. RELACIÓN S/R DENTRO DEL PROGRAMA SINÚ SAN JACINTO 2D 2008	37
FIGURA 26. DIFERENTES ESTILOS ESTRUCTURALES.....	40
FIGURA 27. DIFERENTES DOMINIOS TECTÓNICOS DEL ÁREA DEL PROGRAMA SINÚ SAN JACINTO 2D 2008.....	42
FIGURA 28. DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA INVERSIÓN ACÚSTICA BASADA EN UN MODELO	46
FIGURA 29. PERFIL DE IMPEDANCIA ACÚSTICA OBTENIDO DE LA INVERSIÓN SÍSMICA EN LA LÍNEA 3 APILADA DE LA ZONA SINÚ SAN JACINTO 2D 2008	47

FIGURA 30. PROPAGACIÓN DE ONDA PP Y ONDA CONVERTIDA (PS).....	48
FIGURA 31. MAPA BASE QUE MUESTRA LAS LÍNEAS SÍSMICAS DISPONIBLES DE LA ZONA DE ESTUDIO Y LOS LEADS DEFINIDOS EN EL PRESENTE TRABAJO.....	51
FIGURA 32. MAPA DEL HORIZONTE D2 (TOPE FM. CANSONA?) CON LOS LEADS D1 Y D2 SUPERPUESTOS IDENTIFICADOS EN ESTE NIVEL	52
FIGURA 33. MAPA DEL HORIZONTE D2 (TOPE FM. CANSONA?) CON LOS LEADS A1, A2, A3, B1, B2 Y C1 SUPERPUESTOS IDENTIFICADOS EN ESTE NIVEL	53
FIGURA 34. MAPA DEL HORIZONTE D2 (TOPE FM. CANSONA?) CON LOS LEADS B3, B5, C2 Y D3 SUPERPUESTOS IDENTIFICADOS EN ESTE NIVEL	54
FIGURA 35. PERFILES DE AMPLITUD SÍSMICA (ARRIBA) E IMPEDANCIA ACÚSTICA (ABAJO) CON EL LEAD B1 IDENTIFICADO	56
FIGURA 36. PERFIL DE DENSIDAD CON EL LEAD B1 IDENTIFICADO (ZONAS DE COLOR NARANJA CORRESPONDEN A BAJAS DENSIDADES).	57
FIGURA 37. PERFILES DE AMPLITUD SÍSMICA (ARRIBA) E IMPEDANCIA ACÚSTICA (ABAJO)CON LOS LEAD B3, B4 Y B5.	59
FIGURA 38. PERFIL DE DENSIDAD CON LOS LEAD B3, B4 Y B5 (ZONAS DE COLOR NARANJA CORRESPONDEN A BAJAS DENSIDADES).	60
FIGURA 39. PERFILES DE AMPLITUD SÍSMICA (ARRIBA) E IMPEDANCIA ACÚSTICA (ABAJO) CON EL LEAD B1 IDENTIFICADO	62
FIGURA 40. PERFILES DE AMPLITUD SÍSMICA (ARRIBA) E IMPEDANCIA ACÚSTICA (ABAJO) CON EL LEAD C1 IDENTIFICADO	63
FIGURA 41. PERFIL DE AMPLITUD SÍSMICA PS CON EL LEAD C1 IDENTIFICADO.....	64
FIGURA 42. LEAD B1 QUE PRESENTA REFLEXIONES FUERTES EN LA UNIDAD CANSONA E INICIO DE LA UNIDAD SAN JACINTO	65
FIGURA 43. ALTOS ESTRUCTURALES DE LA UNIDAD CANSONA QUE SON CLARAMENTE IDENTIFICABLES EN LA SECCIÓN PS.....	66
FIGURA 44. INTERVALO DE INTERÉS DEL LEAD C1 QUE COMPRENDE LA ESTRUCTURA PLEGADA Y FALLADA DE LA UNIDAD CANSONA.	66
FIGURA 45. REFLEXIONES DE POSIBLES ARENAS BASALES DE LA FORMACIÓN CIÉNAGA DE ORO	67
FIGURA 46. ZONAS DE INTERÉS QUE PRESENTAN UNA ANOMALÍA DE AMPLITUD PS ENTRE LAS DISCORDANCIAS D2 Y D3 QUE SEPARAN LAS UNIDADES CANSONA (U1) Y SAN JACINTO (U2)	68



LISTA DE TABLAS

TABLA 1. HORIZONTES INTERPRETADOS Y SU CORRESPONDENCIA ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA.	35
TABLA 2. RESUMEN DE LAS UNIDADES SISMOESTRATIGRÁFICAS.	38
TABLA 3. <i>LEADS</i> IDENTIFICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO SINÚ SAN JACINTO 2D 2008	50

1. RESUMEN EJECUTIVO

Nombre del servicio:	Interpretación de Datos Sísmicos.
Proyecto:	Sinú San Jacinto 2D 2008 286,6 km.
Cuenca:	Sinú San Jacinto.
Datos Intepretados:	PSTM Componente Vertical. PSTM Componente Horizontal.
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.
Por ANH:	Cristian Peñafort. Geólogo / Subdirección Técnica.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta la integración de la interpretación conjunta de sísmica PP y PS con atributos de inversión sísmica multicomponente, para la identificación de *leads* en el Programa Sinú San Jacinto 2D 2008, en la Cuenca Sinú San Jacinto, Colombia.

El programa Sinú San Jacinto 2D 2008 es un levantamiento 2D adquirido en el año 2008 en la cuenca del Sinú San Jacinto. Geográficamente se encuentra ubicado en el departamento de Córdoba y parte de Antioquia. Éste fue realizado para la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-. Consiste en cuatro (4) líneas y cuenta con un total de 286,6 kilómetros.

El informe muestra los resultados de la interpretación conjunta PP y PS, donde se cartografiaron siete (7) horizontes (discordancias) y se definen los estilos o dominios estructurales presentes en el área. Adicionalmente se muestra la contribución de la interpretación de onda PS al entendimiento de los eventos sísmicos correlacionados. Finalmente, en el informe se describen los procesos de inversión y se integran estos resultados para la clasificación de los distintos tipos de trampas e identificación de *leads*.

3. OBJETIVOS

- Interpretar de manera conjunta las componentes verticales y horizontales de las secciones sísmicas en tiempo del programa sísmico Sinú San Jacinto 2D 2008 – 286,6 km, adquirido por la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-.
- Identificar posibles oportunidades a partir de la integración de los resultados de la interpretación estructural y de la inversión sísmica multicomponente.

4. ALCANCES DEL ESTUDIO

Para la interpretación conjunta de componentes verticales y horizontales de la sísmica y la identificación de prospectos en el programa Sinú San Jacinto 2D 2008, se realizaron las siguientes actividades (Figura 1):

- **Preliminar:** Revisión del marco tectónico-estructural del área de estudio.
- **Procesamiento Especializado:** Revisión y control de calidad del procesamiento sísmico de las líneas multicomponente. Análisis de pozos vecinos (disponibles) que permitieron la construcción del modelo de velocidad de ondas P y S. Inversión sísmica multicomponente y cálculo de impedancias y densidad.
- **Interpretación conjunta de sísmica PP y PS:** Estructural conjunta de secciones de onda P y onda S 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:** Interpretación integrada usando resultados de la interpretación estructural, información del sistema petrolero de la cuenca y de la inversión sísmica para identificar posibles oportunidades.
- **Leads:** Identificación, localización, descripción y clasificación de los diferentes prospectos.

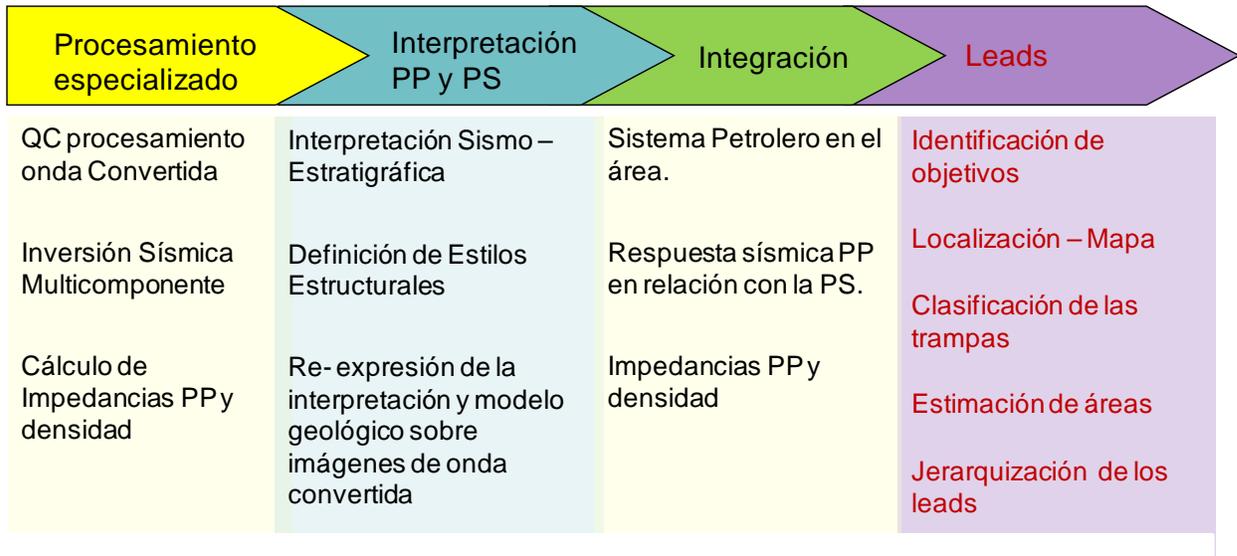


Figura 1. Actividades realizadas para el programa Sinú San Jacinto 2D 2008.

5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El programa Sinú San Jacinto 2D 2008 se encuentra ubicado en la Cuenca Sinú San Jacinto, específicamente sobre el Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ), limitado al oeste por el Cinturón Plegado del Sinú (CS) y al este por la Sub-cuenca de San Jorge.

Este programa, situado entre los departamentos Córdoba y Antioquia, cuenta con cuatro (4) líneas regionales, tres (3) paralelas en dirección NW-SE y la cuarta en la dirección ortogonal, ver Figura 2.

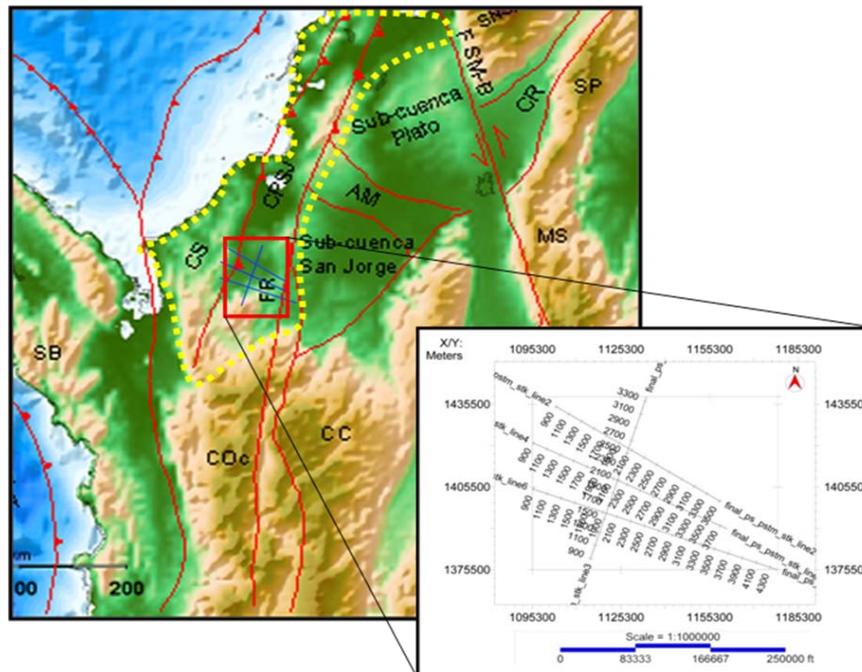


Figura 2. Ubicación geográfica del programa Sinú San Jacinto 2D 2008. Datos topográficos y batimétricos de Sandwell y Smith (1997). Cuenca Sinú San Jacinto, conformada por el Cinturón del Sinú (CS) al oeste y el Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) al este, separados por el Lineamiento del Sinú. Tomado de Suárez (2009).

6. GEOLOGÍA REGIONAL

6.1 MARCO TECTÓNICO REGIONAL

El programa sísmico Sinú San Jacinto 2D 2008, se enmarca en el contexto tectónico del borde de placas Caribe-Suramérica (Figura 3). El margen continental del Caribe colombiano forma parte del frente de deformación originado por la subducción en sentido oeste-este de la placa Caribe bajo la placa Suramericana, proceso que se presenta desde del Cretácico tardío. Este proceso compresivo ha determinado en gran parte los patrones estratigráficos y estructurales en las provincias geológicas del norte de Colombia, y ha traído como consecuencia un régimen tectónico transpresivo, que ha involucrado obducción y acreción a lo largo del tiempo geológico.

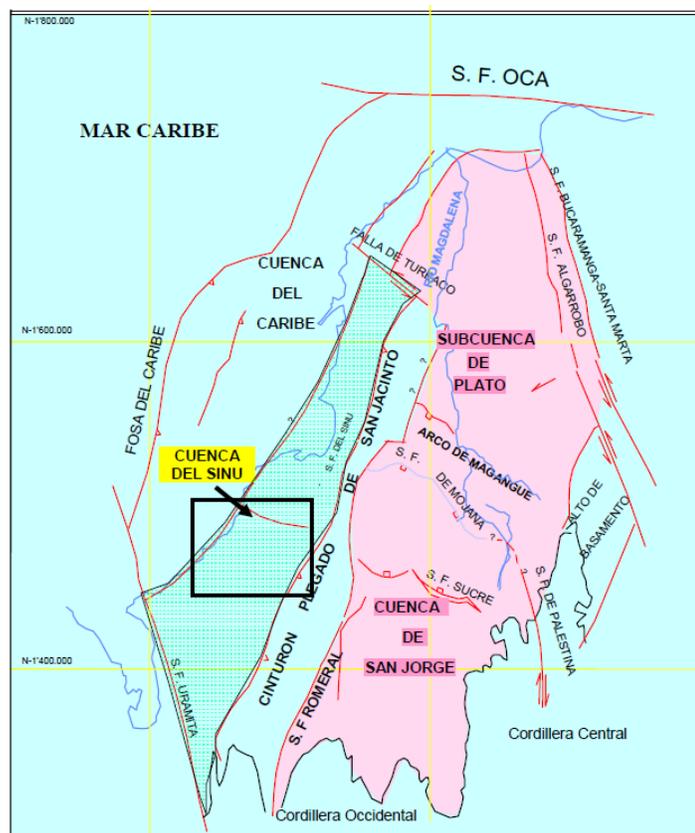


Figura 3. Ubicación Cuenca del Sinú, mostrando el área del programa sísmico. Modificado de Hernández y Jaramillo (2009).

El Cinturón Plegado del Sinú-San Jacinto ha sido definido por Flinch (2003) como un prisma de acreción clásico, donde su parte interna corresponde a la parte más antigua, Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) y su parte externa constituye la más joven, Cinturón Plegado del Sinú (CPS). El basamento de prisma de acreción consiste en gabros cretácicos, basaltos y lavas almohadilladas, intrusionadas por monzodioritas, monzonitas, sienitas y gabros.

Según Duque-Caro (1984) para el Cretácico existían dos (2) dominios geológicos completamente diferentes, el primero es una zona emergida, corteza continental, como continuación de la Cordillera Central, con presencia de rocas volcanoclásticas, cuyo metamorfismo es de bajo grado, y el límite ha

sido colocado en la actual zona de sutura del sistema de fallas de Romeral; y otro, al oeste del mencionado sistema de fallas, con rocas fundamentalmente oceánicas, como lo son serpentinitas y basaltos, previo a la depositación de sedimentos finos característicos de los cinturones plegados actuales (Jiménez, 2008).

Posterior a esta etapa, la sedimentación se ve fuertemente controlada por el proceso transpresivo que ocurre en la zona, a causa de la migración al este de la placa Caribe y el emplazamiento del arco de Panamá. Este episodio limitó la depositación de unidades en el dominio continental y generó cuñas acrecionarias conocidas como sistema acrecionario Sinú San Jacinto, pero pudiendo diferenciarse en: Cinturón Plegado de Sinú (CPS) y Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ).

6.2 GEOLOGÍA DEL CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO

El Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) está caracterizado por una sucesión de estratos altamente tectonizados y fallados por esfuerzos transpresivos, cuya actividad de formación comienza a finales del Cretácico Superior, debido al choque de las placas Caribe y suramericana, a lo largo de la sutura de Romeral, levantando el borde continental ya emergido y produciendo deformación y metamorfismo en la zona.

En este sentido, los diferentes eventos tectonoestratigráficos del CPSJ se pueden resumir en dos (2) fases, la primera correspondiente al margen pasivo y la segunda fase al activo, asociado a una serie de pulsos durante la deformación.

La evolución geológica del CPSJ se puede resumir en cinco (5) eventos:

Fase 1: Margen Pasivo (Cretácico temprano-Cretácico tardío)

Inicio del Margen Pasivo a partir del Cretácico temprano hasta Cretácico tardío (Maastrichtiense). Durante el Albiense cesa el fallamiento normal asociado a la fase de apertura e inicia la sedimentación marina que se extiende a los márgenes norte y oeste de Suramérica, alcanzando su máxima extensión en el Cenomaniense al Santoniense (Drake y Pindell, 1988; Covey y Dengo, 1993).

Fase 2: Margen Activo (Maastrichtiense – Eoceno temprano)

A esta fase se le pueden asociar diferentes eventos de deformación debido a la colisión oblicua de las placas antes mencionadas:

2.1 Cretácico Superior – Paleoceno: Comienza la actividad diapírica que da paso a la deformación y emergencia del cinturón. Una fase transgresiva en el área desarrolla una sedimentación de rocas pelágicas marino profundo (Fm. Cansona) y batial (Fm. San Cayetano), que suprayacen al sustrato oceánico existente.

2.2 Eoceno medio – Oligoceno: Esfuerzos compresivos aumentan producto del avance del Caribe, generando un margen transformante y formando la Fosa del Sinú como nueva zona de subducción. Comienza la orogénesis pre-Andina, causante del primer levantamiento de mayor relevancia en el Cinturón de San Jacinto. La zona positiva al este de Romeral sirve de fuente a la sedimentación siliciclástica, depositando *cherts*, margas y lodolitas (Hernández, 2009).

2.3 Oligoceno - Mioceno temprano: Se caracteriza por una sucesión de eventos erosivos, basculamiento de estratos y levantamiento de la cuenca hacia el oeste del Cinturón, como consecuencia de los continuos esfuerzos ocurridos en la Fosa del Sinú. Este hecho produce el aumento del ángulo de la falla Romeral por acreción de la cuenca oceánica, y da origen a cabalgamientos transpresivos, levantando las serranías de Sinú y San Jacinto en el Mioceno medio (Hernández y Jaramillo, 2009).

2.4 Mioceno tardío – Plioceno: Inestabilidad tectónica relacionada a la separación de Sierra Nevada de Santa Marta definiendo un periodo de levantamiento, con inversión de las principales estructuras y *half-grabens*, seguido de sedimentación turbidítica con aporte terrígeno (Flinch, 2003; Hernández, 2009).

2.5 Pleistoceno – Holoceno: El área es controlada por la Orogenia Andina, se marca una etapa de plegamiento y fallamiento con intrusiones de lodo que deforman el cinturón plegado y en algunas zonas la exposición de la cubierta sedimentaria de la plataforma.

6.3 SISTEMA PETROLERO

El Cinturón Plegado de San Jacinto es dividido en dos (2) bloques por sistema petrolero, el bloque norte o Bloque Luruaco, representado por el anticlinorio del mismo nombre y el Bloque San Jacinto, al sur (Figura 4). En relación al segundo, su correspondiente anticlinorio es altamente tectonizado, imposibilitando el hallazgo de una sección estratigráfica bien representativa y limitando también la exploración del subsuelo. En sectores del centro de este anticlinorio, afloran estratos de sedimentación marina correspondientes al Cretácico tardío (Fm. Cansona), o cual es considerado la mayor sucesión de estratos con potencial de generación de hidrocarburos en este Cinturón.



Figura 4. Ubicación de los diferentes bloques del Cinturón Plegado de San Jacinto.

Los análisis geoquímicos establecen contenido de kerógeno tipo I y II, aptos para generar petróleo y gas, con valores de %COT entre 2-11% y una media de 5,6% (ANH, 2006).

En informes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-, se proponen como rocas reservorio los *cherts* fracturados y areniscas del Paleoceno y Eoceno, correspondientes a la parte superior de la Formación Cansona y a la Formación San Cayetano, sobre la cual se han obtenido porosidades entre 3 y 24%. Por otro lado, las trampas y sellos corresponden a los pliegues por fallamiento inverso, intrusiones de diapiros, trampas estratigráficas, cambios laterales de *facies*, discordancias sindepositacionales, truncamientos de reservorios por rellenos de valles incisos, entre otros. Las lodolitas

silíceas de la Formación San Cayetano pueden actuar como roca sello en las intercalaciones clásticas del área.

El mayor riesgo para el sistema petrolero en el área corresponde a la sincronización, debido a los diversos pulsos de deformación que pudieron destruir las estructuras formadas y remigrar el hidrocarburo previo al Plioceno (ANH, 2006).

7. CALIDAD DE DATOS SÍSMICOS

Las secciones fueron procesadas por Petroseis Ltda. La longitud total del levantamiento abarca aproximadamente 286,6 km en un total de cuatro (4) líneas (ver Figura 5).

Existen eventos sísmicos comunes en ambas secciones. Estos eventos se presentan con mayor definición en las secciones de onda P. Sin embargo, éstos aparecen también en las secciones PS con un contenido de frecuencia menor. La Figura 5 muestra el contenido de frecuencia de dos (2) líneas representativas del levantamiento (onda compresiva y convertida); en esta Figura es evidente el mayor ancho de banda de la onda compresiva, sin embargo, ambas secciones presentan una caída de energía similar dentro de su ancho de banda. Esta caída en la energía dentro del ancho de banda, ocurre para las líneas de onda P mostradas, alrededor de los 30 Hz mientras que para las líneas de onda PS a los 20 Hz.

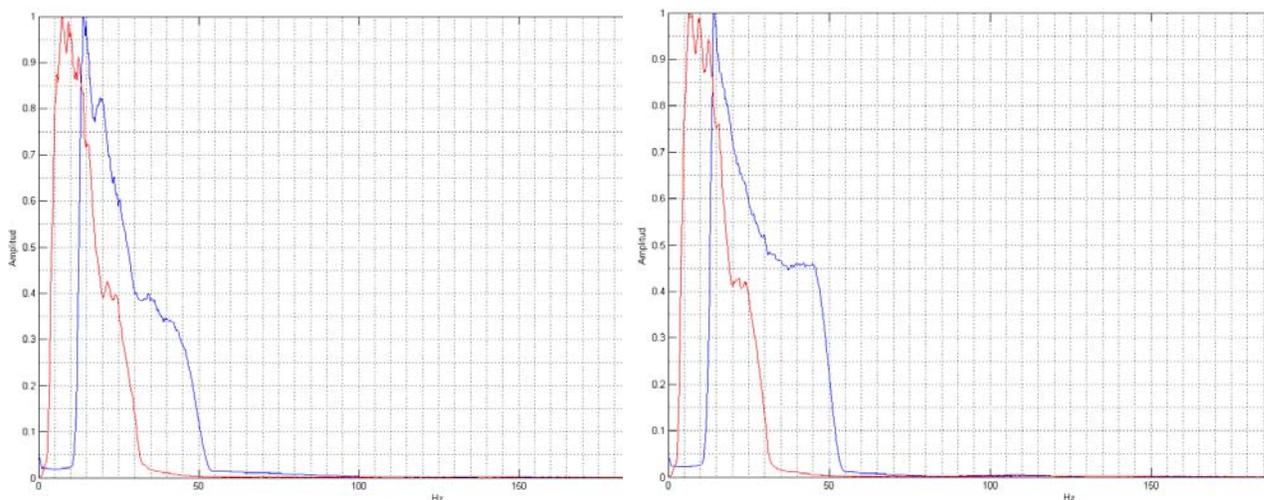


Figura 5. Espectros de amplitud de las secciones sísmicas. En azul se muestra el espectro de amplitud de la onda compresiva y en rojo el de la onda convertida para la línea correspondiente. Derecha: ANH-SSSUR-2008-03. Izquierda: ANH-SSSUR- 2008-06.

La calidad de la onda PS varía dentro de las secciones y en varios casos permite complementar la información estructural y estratigráfica observada en la sección de onda compresiva. Se identifican discordancias, terminaciones estratigráficas, pliegues y fallamiento. Por debajo de los 4 segundos la relación S/R empeora para la onda compresiva, mientras que para la onda convertida la disminución importante de resolución se encuentra alrededor de los 5 segundos.

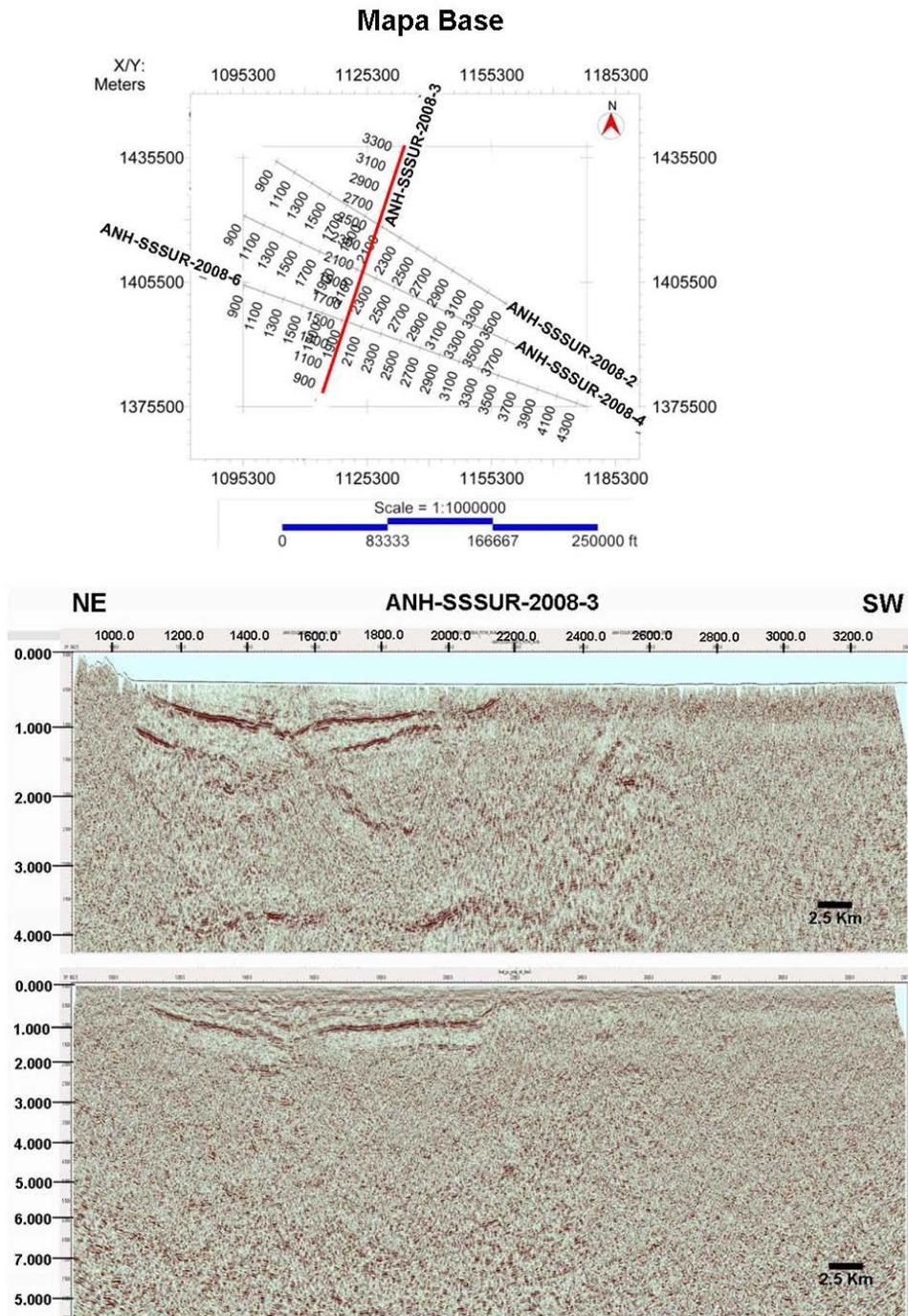
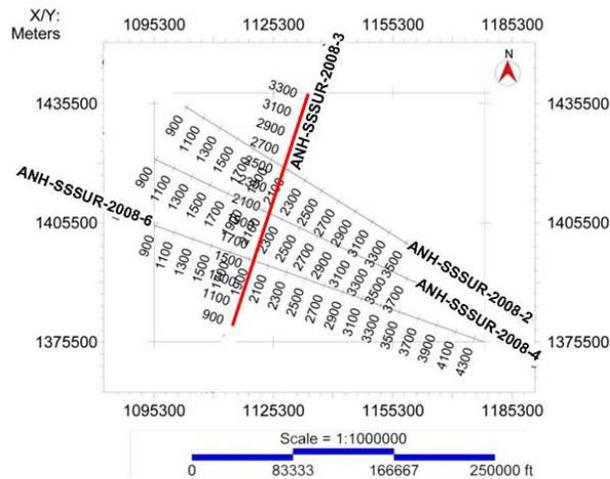


Figura 6. Reflectores sísmicos de onda P (arriba) y onda convertida (abajo) para un segmento de la línea ANH-SSSUR-2008-03, Sinú San Jacinto 2D 2008.

Mapa Base



NE ANH-SSSUR-2008-3 SW

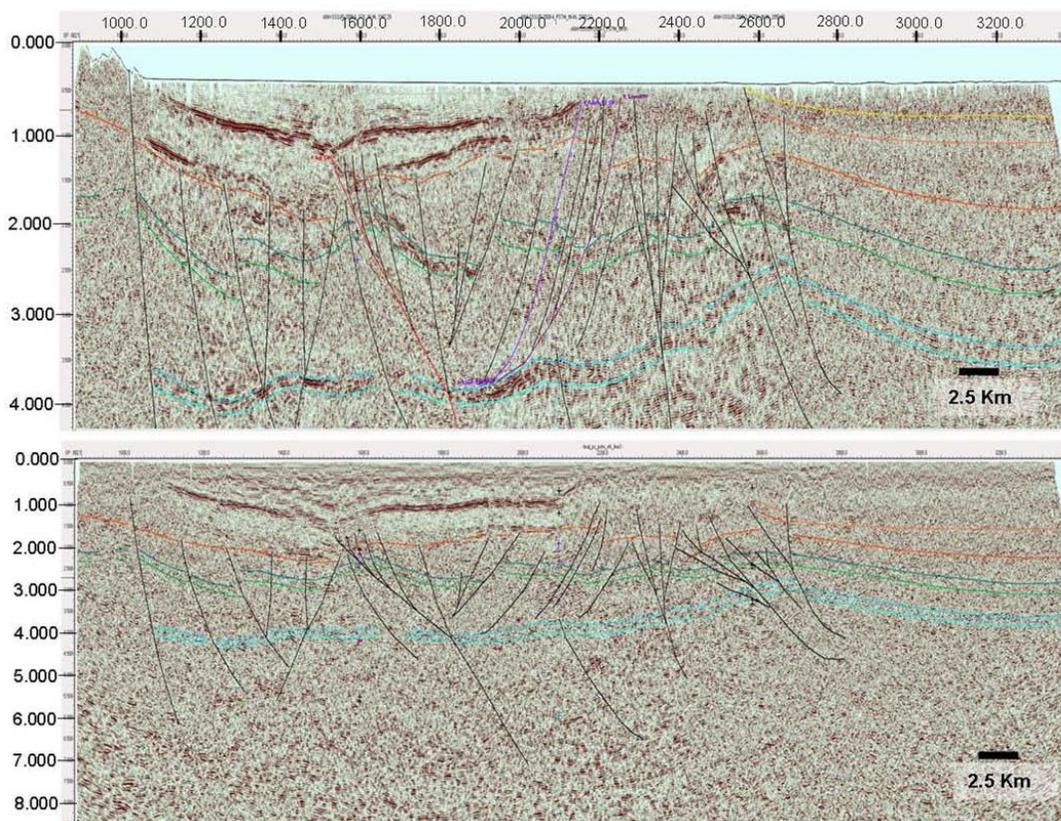


Figura 7. Reflectores sísmicos de onda P (arriba) y onda convertida (abajo) para un segmento de la línea ANH-SSSUR-2008-03 (Sinú San Jacinto 2D 2008) con la interpretación de los horizontes más relevantes.

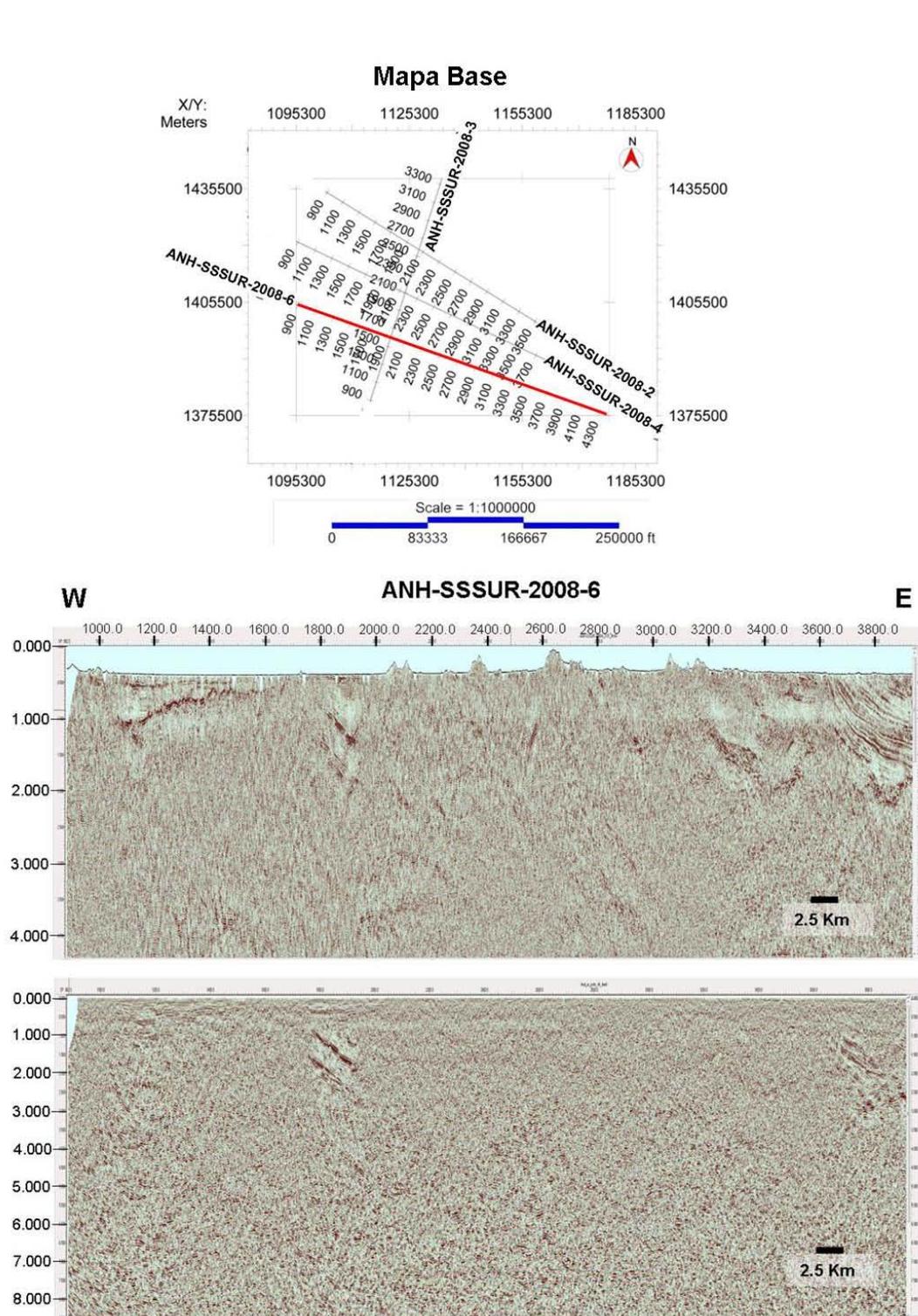


Figura 8. Reflectores sísmicos de onda P (arriba) y onda convertida (abajo) para un segmento de la línea ANH-SSSUR- 2008-06 (Sinú San Jacinto 2D 2008).

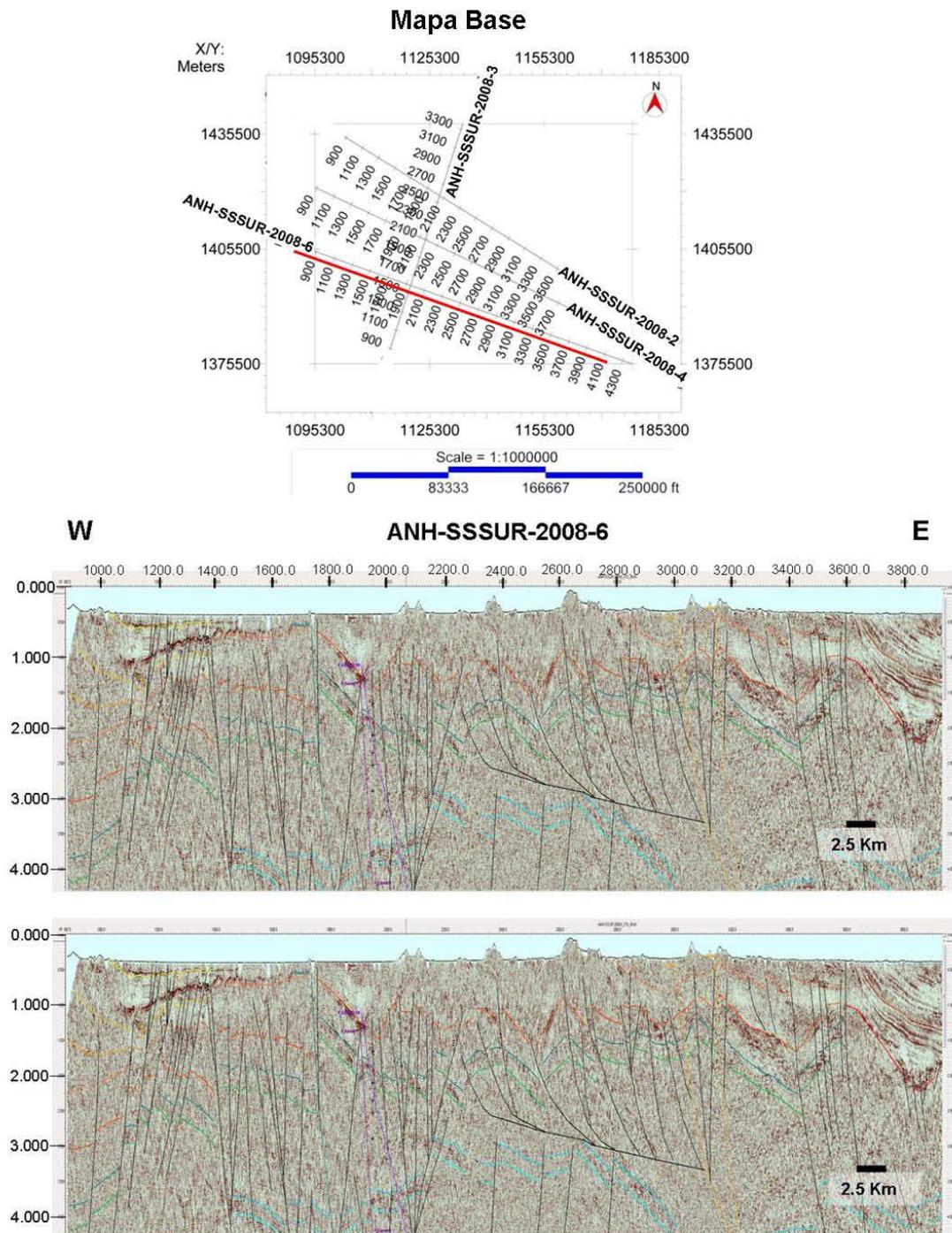


Figura 9. Reflectores sísmicos de onda P (arriba) y onda convertida (abajo) para un segmento de la línea ANH-SSSUR- 2008-06 (Sinú San Jacinto 2D 2008).

8. INTERPRETACIÓN

8.1 ANTECEDENTES

El área de Sinú – San Jacinto, ha sido objeto de investigación de diferentes autores, no solo con el fin petrolero, sino también como unidad tectónica fundamental para el entendimiento de la evolución geodinámica del margen oeste de Suramérica. Desde el punto de vista de prospectividad petrolera, que es el que atañe a este estudio; Antolinez et al., (2009) concluyen a partir de una sección NW – SE, que el cinturón deformado representa la continuación hacia el sureste de un frente de deformación, en el cual se presentan fallas inversas que convergen hacia esta misma dirección, con bloques que cabalgan sobre una zona no deformada en el noroeste que se depositó sobre la corteza oceánica (Figura 10).

Estos mismos autores plantean que las fallas tienen un despegue en rocas pre-oligocenas, además de proponer el desarrollo de una cuenca asimétrica limitada por fallas normales de edad Oligoceno – Mioceno.

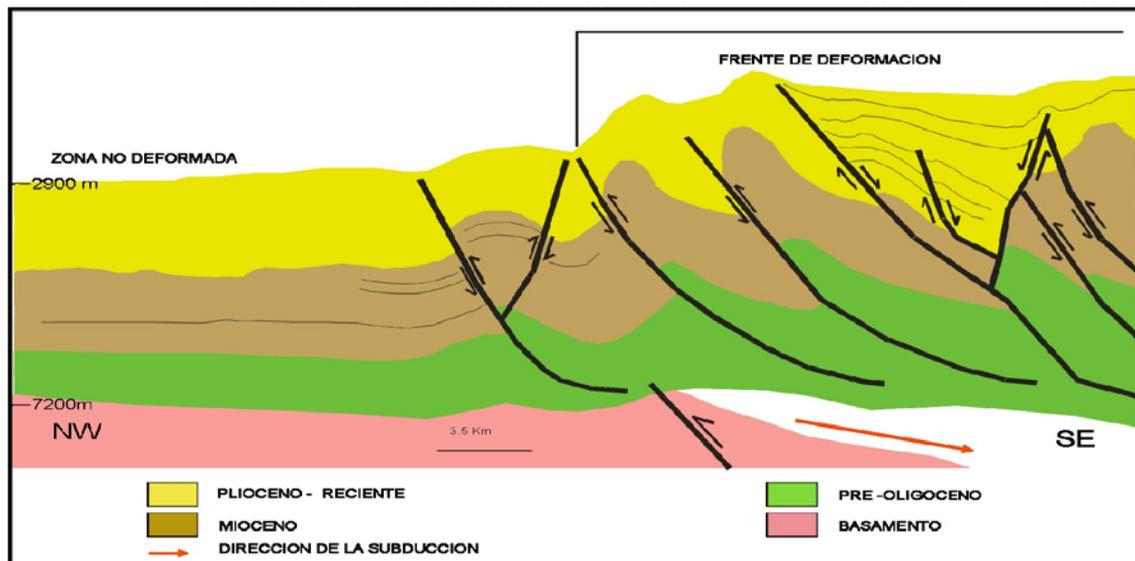


Figura 10. Sección esquemática del cinturón plegado de San Jacinto, en el cual se muestran los rasgos estructurales principales definidos por Antolinez en su estudio. Tomado de Antolinez et al., 2009.

Por otra parte Rey y Rubiano (2009), definen para el área de Sinú, cuatro (4) secuencias sísmicas depositadas entre el Mioceno y el Holoceno, dentro de las cuales se encuentran tres (3) tipos de yacimientos con excelentes propiedades petrofísicas, los cuales son: “*sheet sands* no confinadas”, “*sheet sands* semiconfinadas” y “*channel levee complex*” (Figura 11).

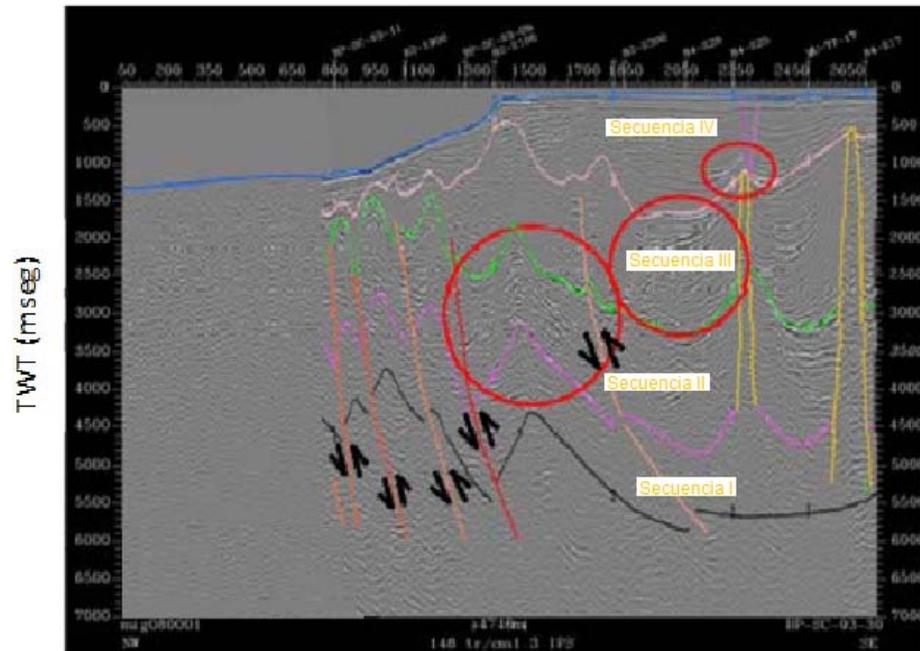


Figura 11. Sección sísmica del Sinú por Rey y Rubiano. Tomado de Rey y Rubiano (2009).

En esta Figura se muestran las cuatro (4) secuencias identificadas en letras amarillas, dentro de las elipses rojas se encuentran los yacimientos identificados como “*sheet sands* semiconfinadas” definidas por estos mismos autores.

Flinch (2003) define el área de Sinú - San Jacinto como una cuña acrecionaria de edad Oligoceno – Paleoceno, en la cual las rocas más antiguas están expuestas hacia el este. Además Cerón et al. (2005) identifican dos (2) discordancias en el área, una de edad Eoceno – Oligoceno temprano relacionada a la Orogénesis Preandina y otra durante el Mioceno tardío – Plioceno temprano relacionada a la Orogénesis Andina.

Caro y Rey (2009), plantean una columna estratigráfica que incluye un basamento oceánico, rocas del Cretácico tardío (Formación Cansona), rocas del Paleógeno (Formaciones San Cayetano y El Floral) y una discordancia de edad Plioceno – Pleistoceno. Estructuralmente el área está representada por un sistema imbricado de fallas inversas de alto ángulo con convergencia hacia el oeste, las cuales convergen a una zona de despegue profundo, además se desarrollan pliegues anticlinales, sinclinales, y fallas de cabalgamiento (Figura 12).

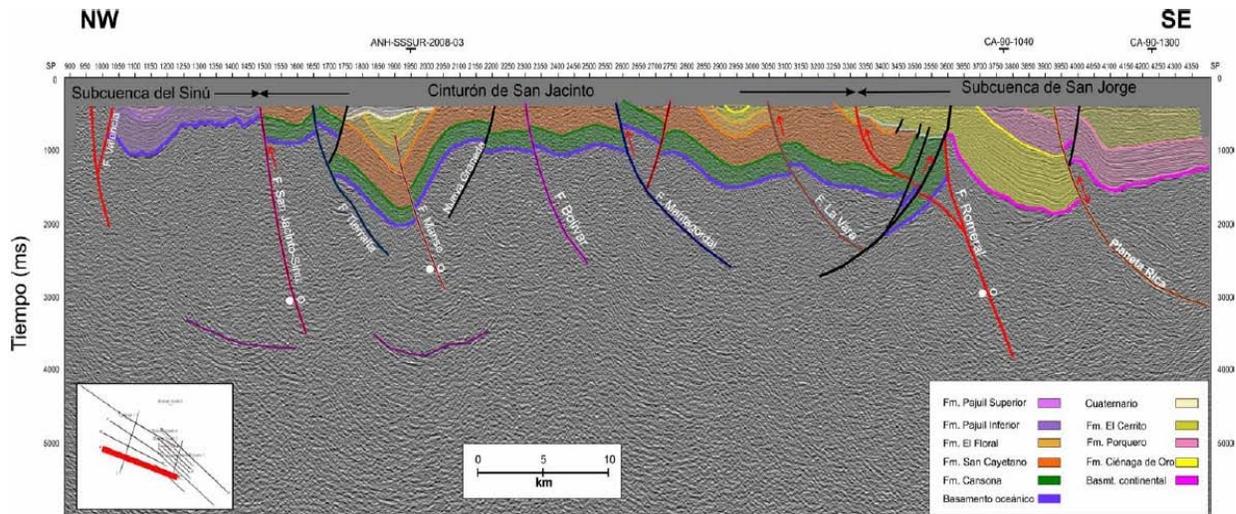
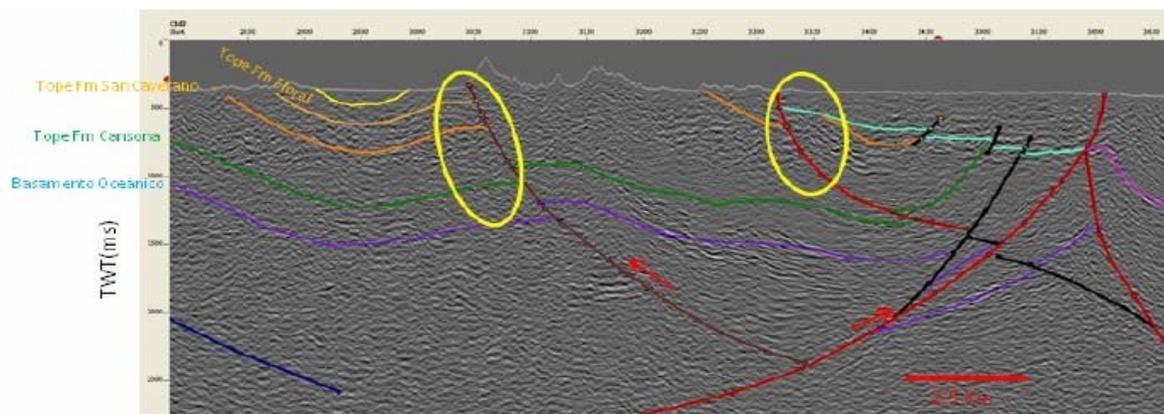


Figura 12. Sección sísmica que muestra el modelo estructural interpretado por Caro y Rey, que permite observar las fallas inversas de ángulo alto. Tomado de Caro y Rey (2009).

En cuanto a la geología del petróleo, estos autores definen como roca madre a la Formación Cansona, la cual es la principal roca generadora para el noroeste de Colombia, aunque explican que en la zona la misma se encuentra a poca profundidad, por lo que no se cree que alcance las condiciones para generar hidrocarburos. Como roca yacimiento proponen las arenas de la Formación San Cayetano, mientras que la roca sello es definida por los sedimentos finos de la Formación El Floral, que se encuentran en la parte central de los sinclinales. Por último, se identifican como trampas los flancos de los sinclinales delimitados por las fallas inversas, y los bloques colgantes de las fallas inversas (Figura 13).



Sección Sísmica ANH-SSSUR-2008-06. PSTM

Figura 13. Sección que muestra los elementos del sistema petrolero identificados por Caro y Rey en el área de estudio. Dentro del círculo amarillo se presentan las áreas prospectivas definidas por estos autores Tomado de Caro y Rey (2009).

8.2 BASE DE DATOS

8.2.1 Mapa Geológico

La interpretación parte del análisis de todas las líneas sísmicas mostradas en la Figura 14 y su correlación con el mapa geológico escala 1:500.000 de Ingeominas (2007). Las características de los datos sísmicos son descritas en la sección 7 de este informe.

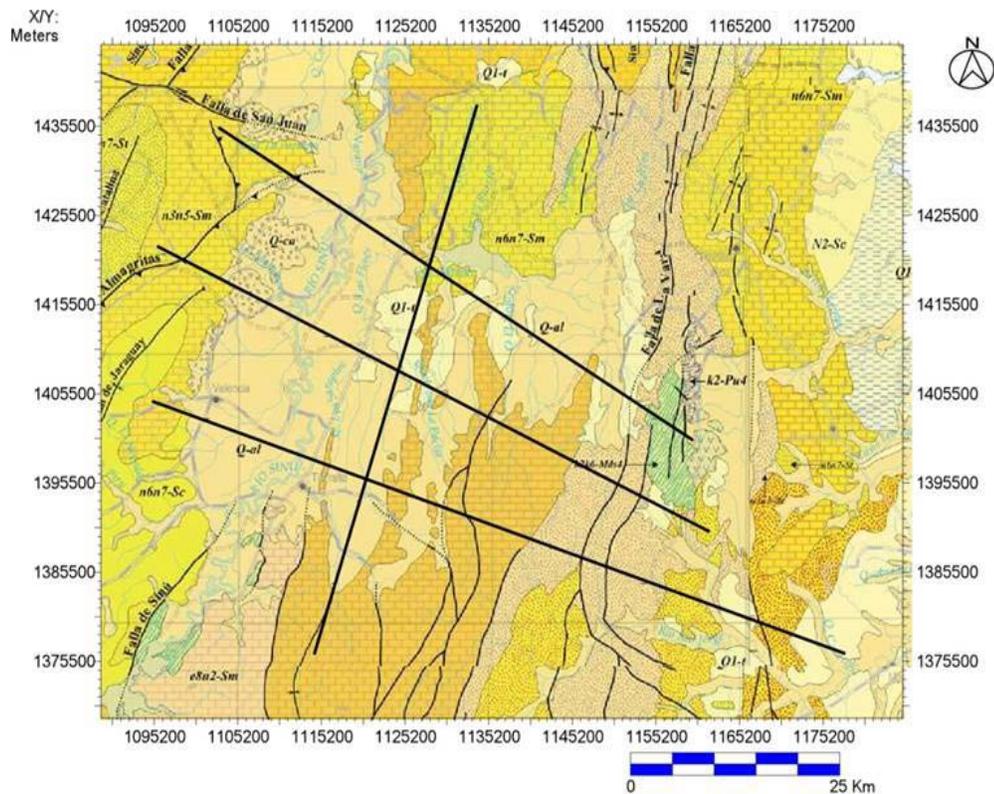


Figura 14. Ubicación del levantamiento sísmico 2D sobre Mapa Geológico de Colombia (Ingeominas, 2007). En negro, líneas sísmicas correspondientes al levantamiento Sinú San Jacinto 2D 2008.

8.2.2 Estratigrafía

La estratigrafía del CPSJ se resume en la siguiente columna generalizada, Figura 15, donde se muestra la relevancia hidrocarburífera de: las calizas de la Formación Cansona, las arenas de Ciénaga de Oro (CDO) y San Cayetano de edad Cretácico Superior, Eoceno superior y Paleoceno superior, respectivamente.

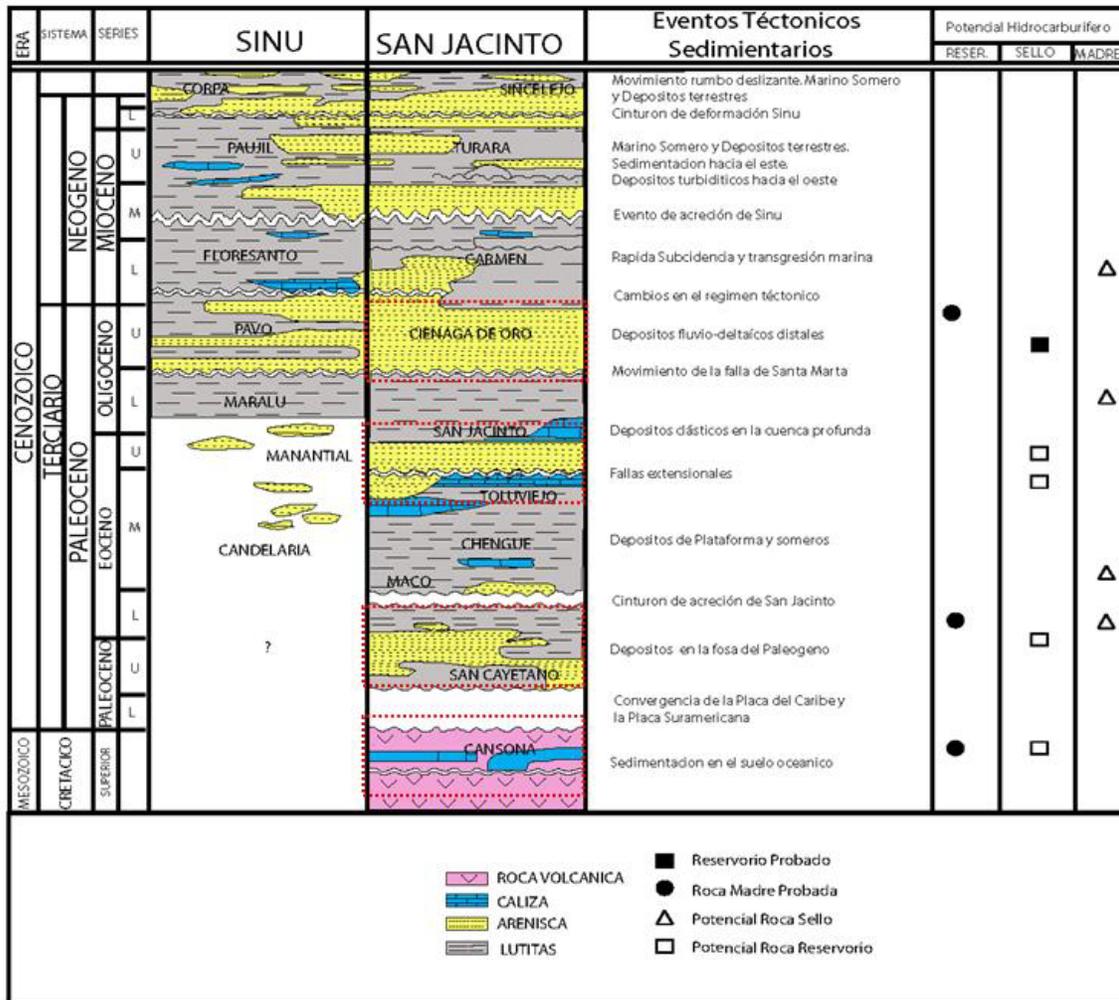


Figura 15. Columna estratigráfica generalizada para el Cinturón de San Jacinto. Nótese en recuadros rojos las formaciones de yacimientos claves.

8.2.3. Horizontes Interpretados

La metodología aplicada para la interpretación del área del Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ), se basó en la identificación de discordancias en las secciones sísmicas y su correlación con el mapa geológico de superficie (Ingeominas, 2007). Una vez identificados los horizontes se procedió a hacer una correlación sismo-estratigráfica basada en la geometría de reflectores, terminaciones, y su expresión sísmica (contenido de frecuencias y amplitud).

En línea con lo anterior, se realizó la interpretación y correlación de ocho (8) horizontes, los cuales parten de las expresiones sísmicas regionales asociadas a discontinuidades producto de los diferentes pulsos de deformación ocurridos dentro del CPSJ (esquematisados en la Figura 16).

<u>Primer horizonte, D1:</u>	Intra-Cretácico Superior 1.
<u>Segundo horizonte, D2:</u>	Intra-Cretácico Superior 2.
<u>Tercer horizonte, D3:</u>	Discordancia Eoceno tardío.
<u>Cuarto horizonte, D4:</u>	Asociado a la Base del Oligoceno superior.
<u>Quinto horizonte, D5:</u>	Posiblemente tope de la Formación CDO. Discordancia de edad Mioceno temprano de carácter regional asociada a la base del Porquero Inferior en VIM. Dentro del Cinturón de San Jacinto corresponde a un cambio de régimen tectónico, representado por la Fm. Carmen.
<u>Sexto horizonte, D6:</u>	Intra Mioceno medio. Discordancia de edad Intra o base del Mioceno medio?
<u>Séptimo horizonte, D7:</u>	Intra Mioceno medio, parte superior.
<u>Octavo horizonte, D8:</u>	Mioceno superior / Plioceno, podría corresponder a la base del Plioceno.

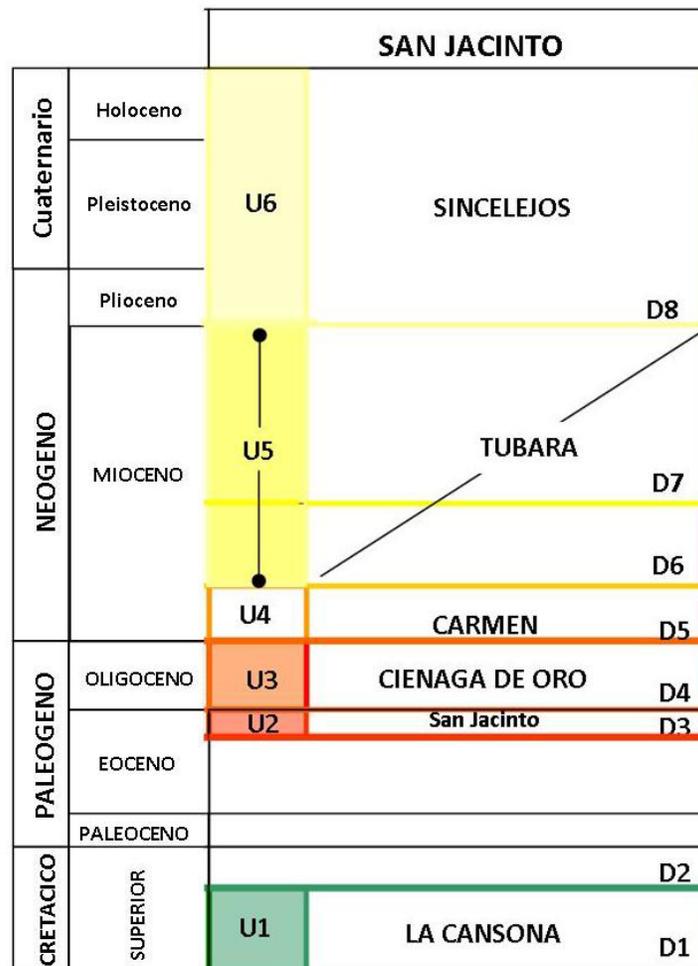


Figura 16. Esquema de distribución de horizontes y unidades interpretadas en el área de San Jacinto.

Sin embargo, no todos los horizontes sostienen una óptima correlación sísmica a lo largo de las cuatro (4) secciones, debido a la baja relación S/R. Adicionalmente, debido a la evolución tectonoestratigráfica del área, la continuidad de los mismos se ve afectada y controlada netamente por las estructuras existentes. Es por ello que a nivel del CPSJ en la parte central solo se correlacionan cuatro (4) horizontes (D1, D2, D3 y D4). Según esta interpretación, se asume que a partir del Eoceno tardío (D3) no se depositaron el resto de las secuencias y a partir de la falla del Sinú hacia el oeste, reaparecen el resto de los horizontes, los cuales fueron traídos por correlación sísmica de las líneas del programa Sinú Sur 2D 2008. En línea con lo anterior, debido a la baja relación S/R de las secciones sísmicas correspondientes al área del CPSJ, no se aprecian terminaciones de reflectores que marquen un “*pinch out*” de los horizontes D5 al D8, para indicar que la unidad tectónica estuviera previamente levantada a la depositación (Figura 12).

8.2.4 Calibración

En relación a la calibración sísmica pozo, no se contaron con datos de pozos para la misma. Sin embargo, como se mencionó en la metodología la calibración o la integración realizada fue con mapas de superficie o de las discontinuidades observadas en la sísmica.

8.3 INTERPRETACIÓN SISMO-ESTRATIGRÁFICA Y ESTILOS ESTRUCTURALES

8.3.1 Interpretación Sismo-Estratigráfica

Se realizó con base en la correlación de los ocho (8) horizontes antes descritos, los cuales se definen a continuación:

1) HORIZONTE D1: Intra-Cretácico Superior 1. Interpretado como **D1**, representa una discordancia intra Cretácica (Figura 16 y 17), posible base de la Formación Cansona. Horizonte que aflora hacia el este del área, tal como se observa en el mapa geológico de Ingeominas (2007), levantándose y somerizándose hacia el centro del área con la falla del Sinú y Sinú-Sur, y profundizándose hacia el oeste del área, ver mapa del horizonte D1 (Figura 18 y Anexo A1.1).

2) HORIZONTE D2: Intra-Cretácico Superior 2. Interpretado como **D2**, representa una discordancia intra Cretácica (Figura 16 y 17), posible tope de la Formación Cansona. Al igual que el Horizonte D1, D2 también aflora hacia el este del área, tal como se observa en el mapa geológico de Ingeominas (2007), se profundiza en la parte oeste y se levanta hacia el sureste y parte central controlado por las fallas del Sinú y Sinú Sur, ver mapa del horizonte D2 (Figura 19 y Anexo 1.2).

3) HORIZONTE D3: Eoceno tardío? Representa una discordancia intra Eocena que podría estar asociada al levantamiento de la Cordillera Central y la consecuente remoción de la cobertura sedimentaria en el área u Orogénesis Pre-Andina (Cerón et al., 2005). Estratigráficamente se podría asociar a la base de la Formación San Jacinto (Figura 16 y 17). Este horizonte tiende a exponerse en el centro del CPSJ profundizándose hacia el oeste y hacia el sureste se erosiona, hacia la parte central se someriza reflejando cierres estructurales con la Falla Sinú Sur (SW), ver mapa del horizonte **D3** (Figura 20 y Anexo A1.3).

4) HORIZONTE D4: Intra Oligoceno? Asociado hacia la base de la Formación Ciénaga de Oro (CDO). Horizonte que se erosiona completamente en el sureste y parte central entre las Fallas Sinú y la falla al oeste de La Vara (Figura 16 y 17), y se profundiza hacia el oeste del área, ver mapa del horizonte **D4** (Figura 21 y Anexo A1.4).

5) HORIZONTE D5: Mioceno temprano? Posiblemente asociado a la base del Mioceno temprano, base de la Formación Carmen. Horizonte que no se observa en la parte central del CPSJ, sino que se infiere del área de Cinturón del Sinú, es decir se trajo por correlación sísmica (Figura 16 y 17). Esta discontinuidad tiene un carácter regional de edad posiblemente Mioceno temprano, identificada en el Valle Inferior de Magdalena (VIM) como la Base de Porquero Inferior. A su vez ha sido reportada por González et al., 2000 y Duque-Caro (1984 y 1990), pudiendo estar asociada a un evento tectónico que reactivó y deformó la región del Cinturón Plegado de San Jacinto. El horizonte D5 está erosionado hacia el este y centro, y hacia el oeste se profundiza, ver mapa del horizonte **D5** (Figura 22 y Anexo A1.5).

6) HORIZONTE D6: Mioceno medio? Asociado a la base del Mioceno medio, base de la Formación Tubará (equivalente lateral hacia el este a la Fm. Pajuil y hacia el oeste a la Fm. Porquero superior). Discordancia que no se observa en la parte central del CPSJ, sino que es inferida producto de la correlación sísmica del área del Cinturón del Sinú (Figura 16 y 17), ver mapa del horizonte **D6** (Figura 23 y Anexo A1.6).

7) HORIZONTE D7: Intra-Mioceno medio? Asociado a una discordancia intra-miocena medio – Formación Tubará? (Figura 16 y 17). Discordancia que no se observa en la parte central del CPSJ, sino que se infiere hacia el área del Cinturón del Sinú, es decir se trajo por correlación sísmica ver mapa del horizonte D7 (Figura 24 y Anexo A1.7).

8) HORIZONTE D8: Mioceno tardío/ Plioceno, discordancia asociada a la base del Plioceno que pudiese corresponder a la base de la Fm. Sincelejos y representar el pulso final del levantamiento Andino. No se observa en la parte central del CPSJ, sino que se interpreta a partir de la correlación sísmica del área del Cinturón del Sinú (Figura 16 y 17). Nótese, que de este horizonte no se desarrolló un mapa en tiempo doble, debido a que solo fue correlacionado en la sección sísmica AHSSS-2008-06.

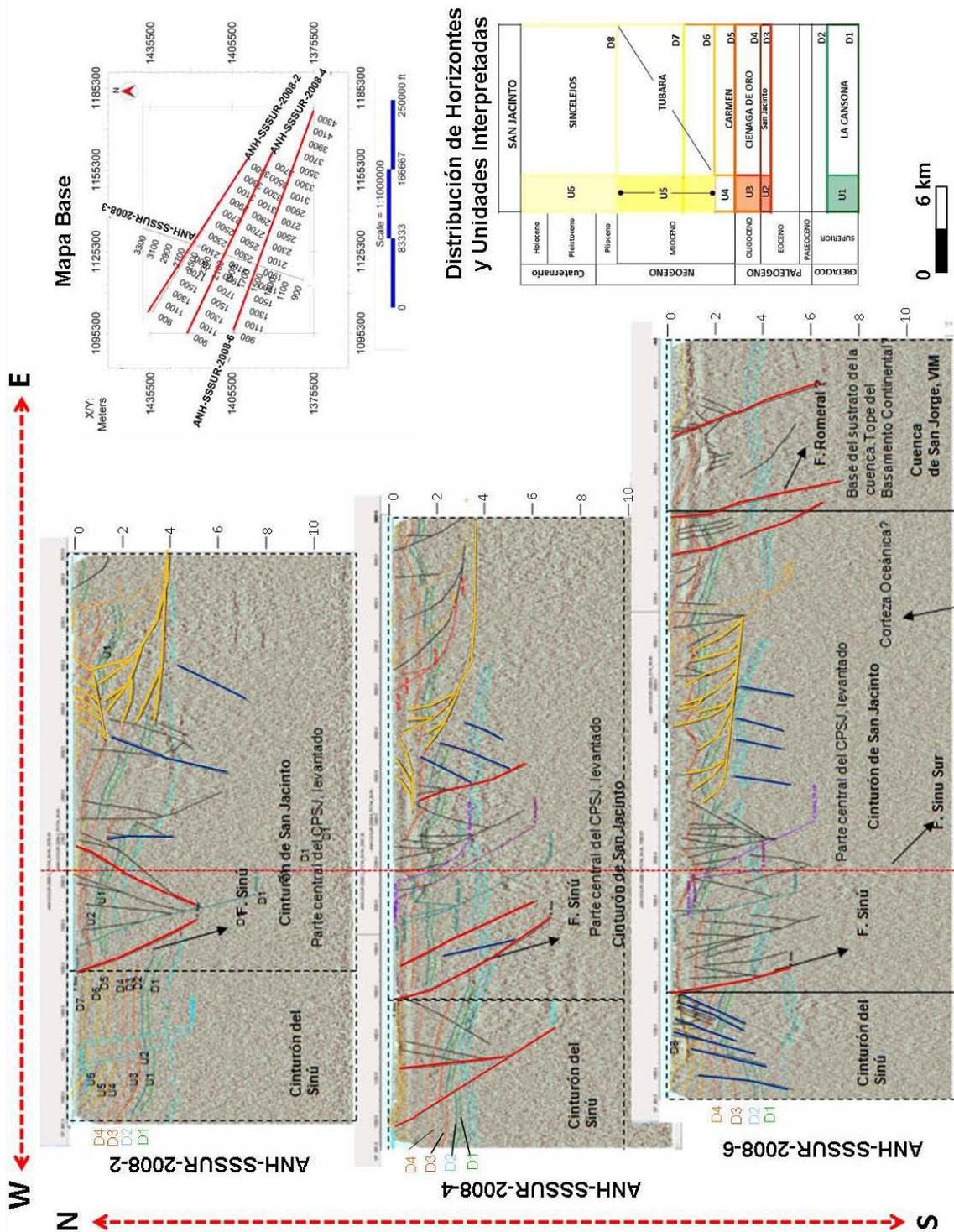


Figura 17. Sección sísmica ANH-SSSUR-2008-02-04-06. Nótese la baja relación S/R de la sección. Los Horizontes D4, D3, D2 y D1 son levantados en la parte central, el resto de los horizontes no se deposita en la parte central y este.

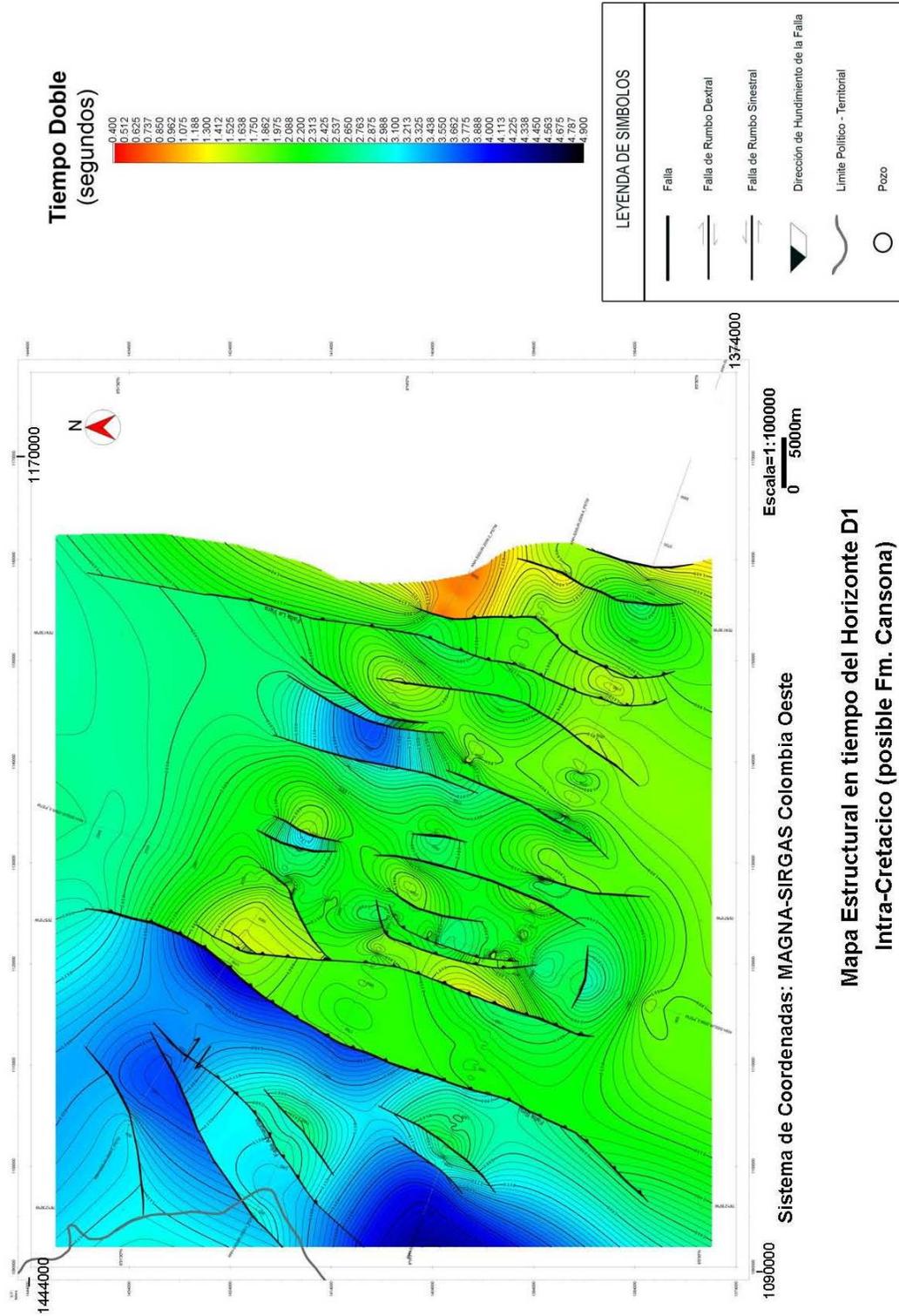


Figura 18. Mapa del Horizonte D1. Horizonte asociado al intra-cretácico, posiblemente la Fm. Cansóna. Nótese hacia el SE aflora, sección erosionada, hacia el centro se someriza reflejando cierres estructurales con la Falla Sinú Sur (SW) y hacia el oeste tiende a profundizarse.

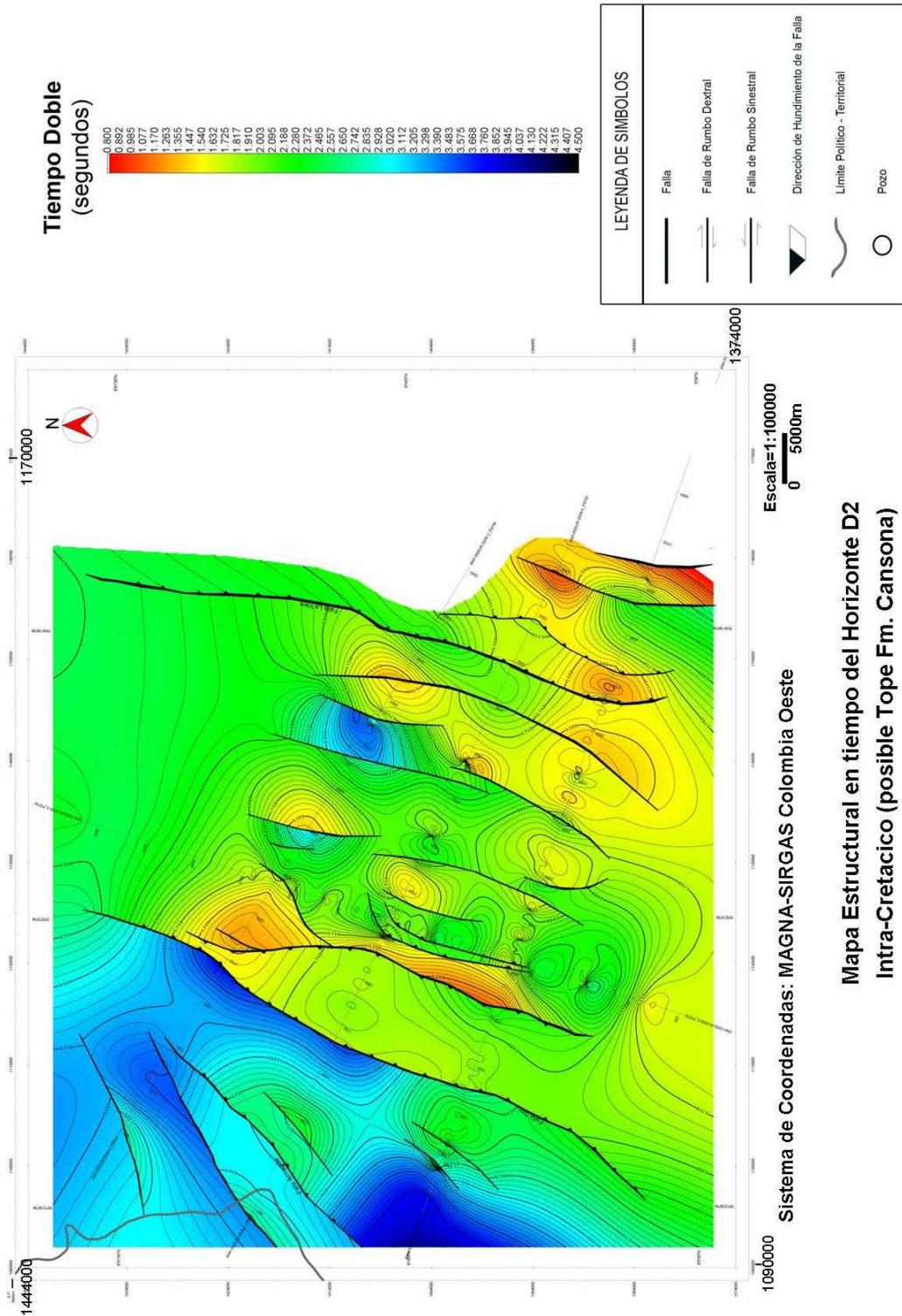


Figura 19. Mapa del Horizonte D2. Horizonte asociado al intra-Cretácico, posible tope de la Fm. Cansona. Nótese hacia el SE y parte central se someriza reflejando cierres estructurales con la Falla Sinú Sur (SW) y hacia el oeste tiende a profundizarse.

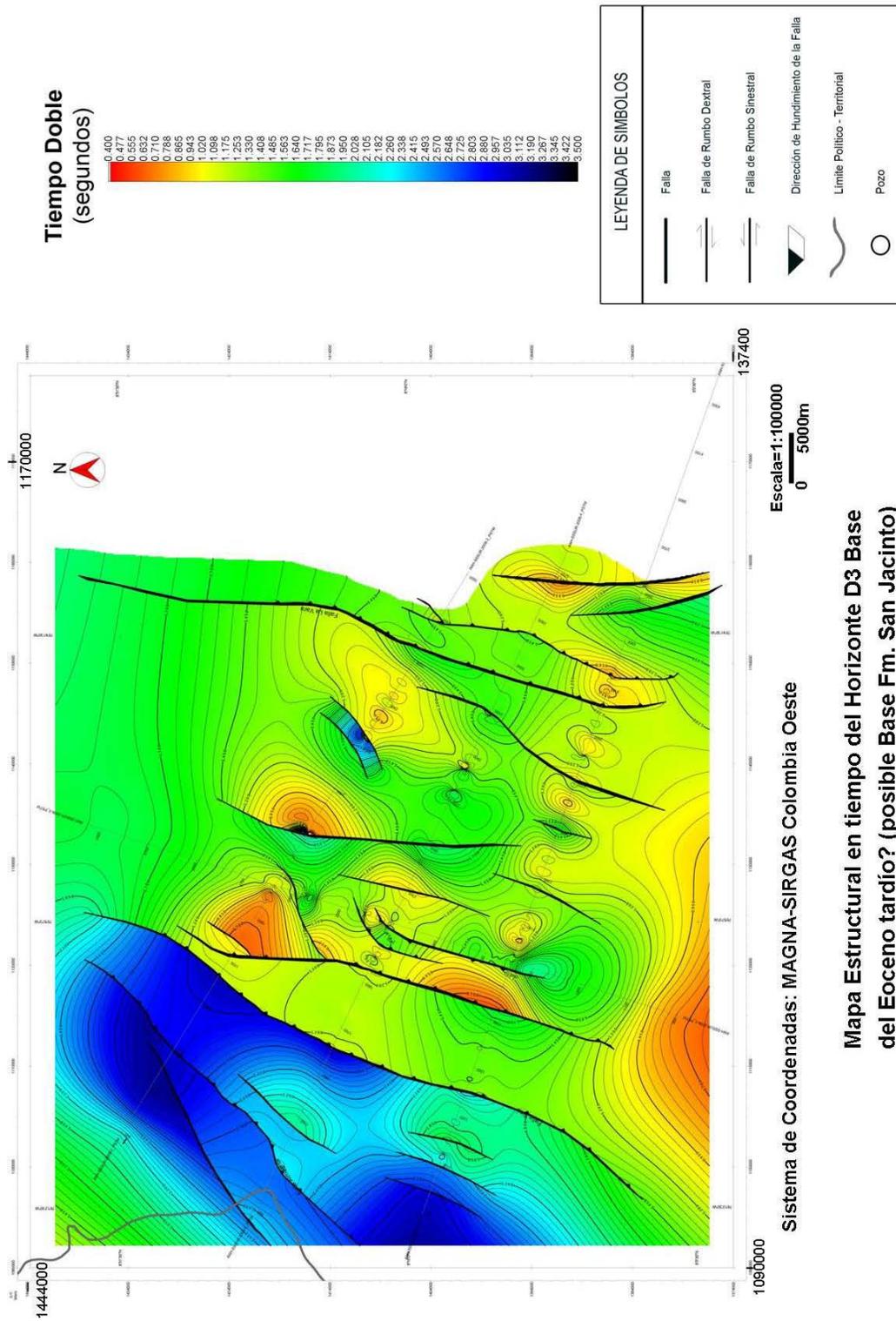
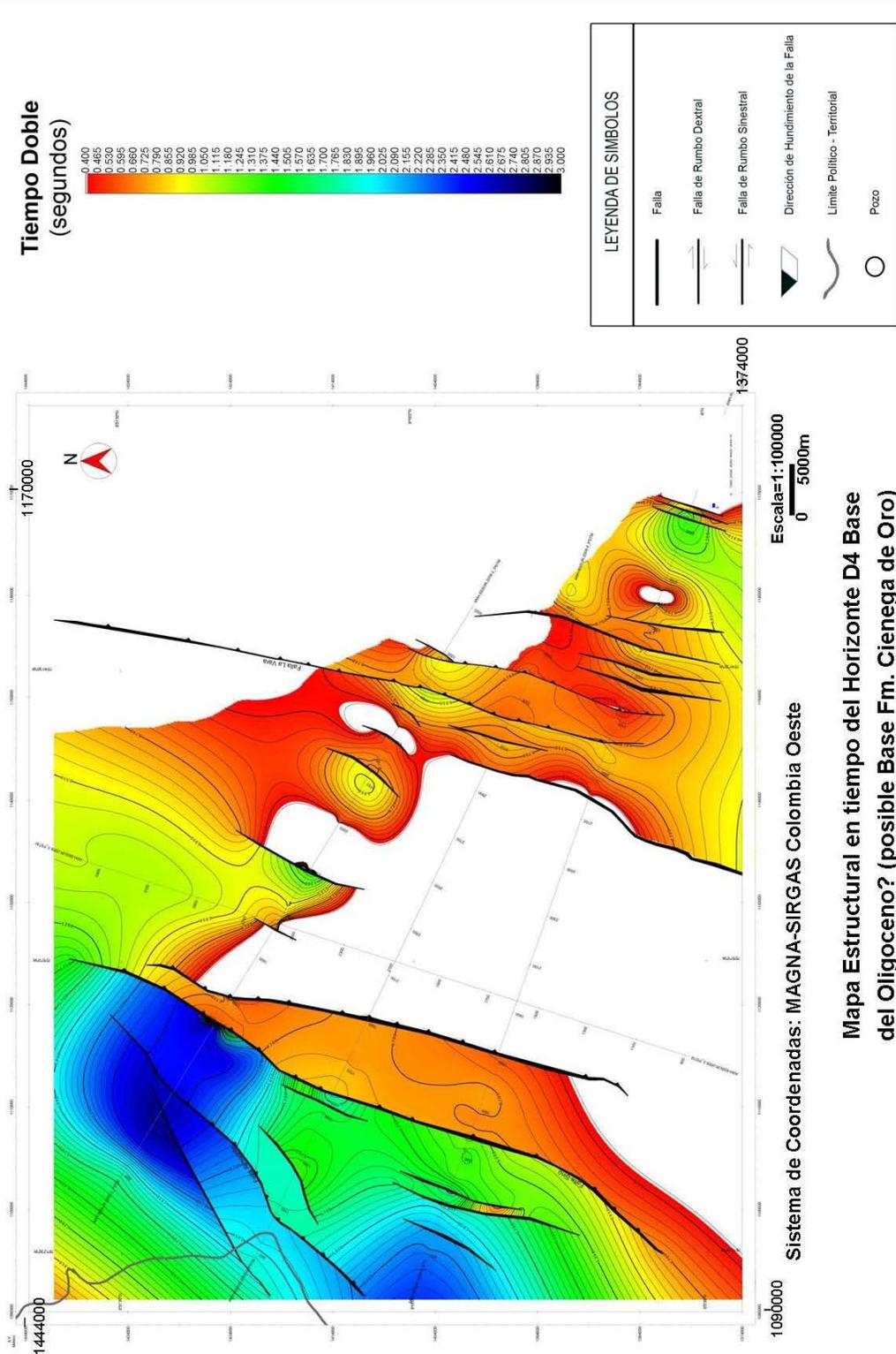


Figura 20. Mapa del Horizonte D3. Horizonte asociado al Eoceno tardío, posible base de la Fm. San Jacinto. Nótese que hacia el SE se erosiona, hacia la parte central se someriza reflejando cierres estructurales con la Falla Sinú Sur (SW) y hacia el oeste tiende a profundizarse.



Mapa Estructural en tiempo del Horizonte D4 Base del Oligoceno? (posible Base Fm. Cienega de Oro)

Figura 21. Mapa del Horizonte D4. Horizonte asociado al tope del Eoceno tardío / Base del Oligoceno, posible Fm. CDO? Nótese hacia el centro y SE se erosiona y hacia el oeste tiende a profundizarse.

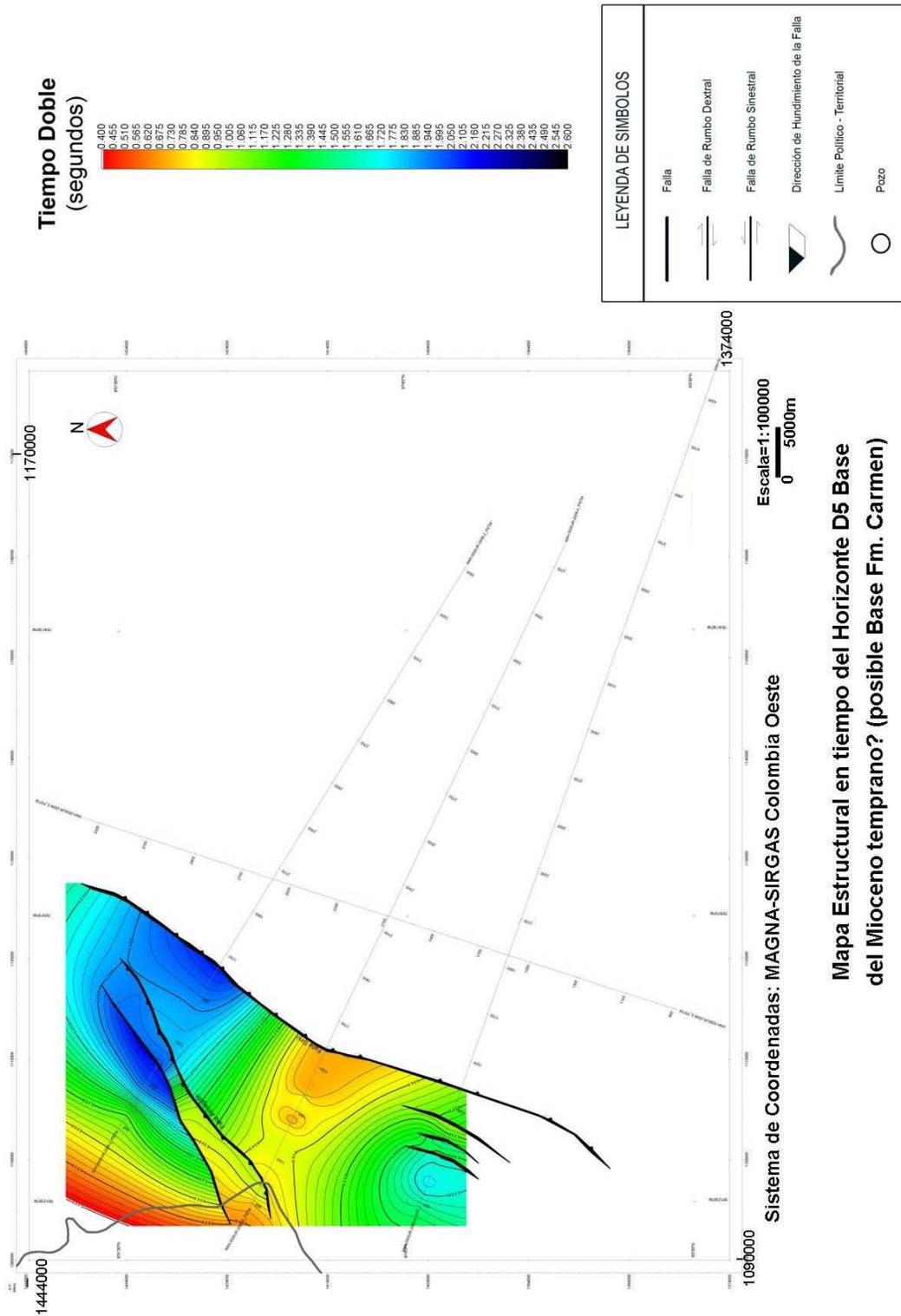


Figura 22. Mapa del Horizonte D5. Horizonte asociado al tope del Oligoceno-Base del Mioceno temprano, Fm. Carmen?

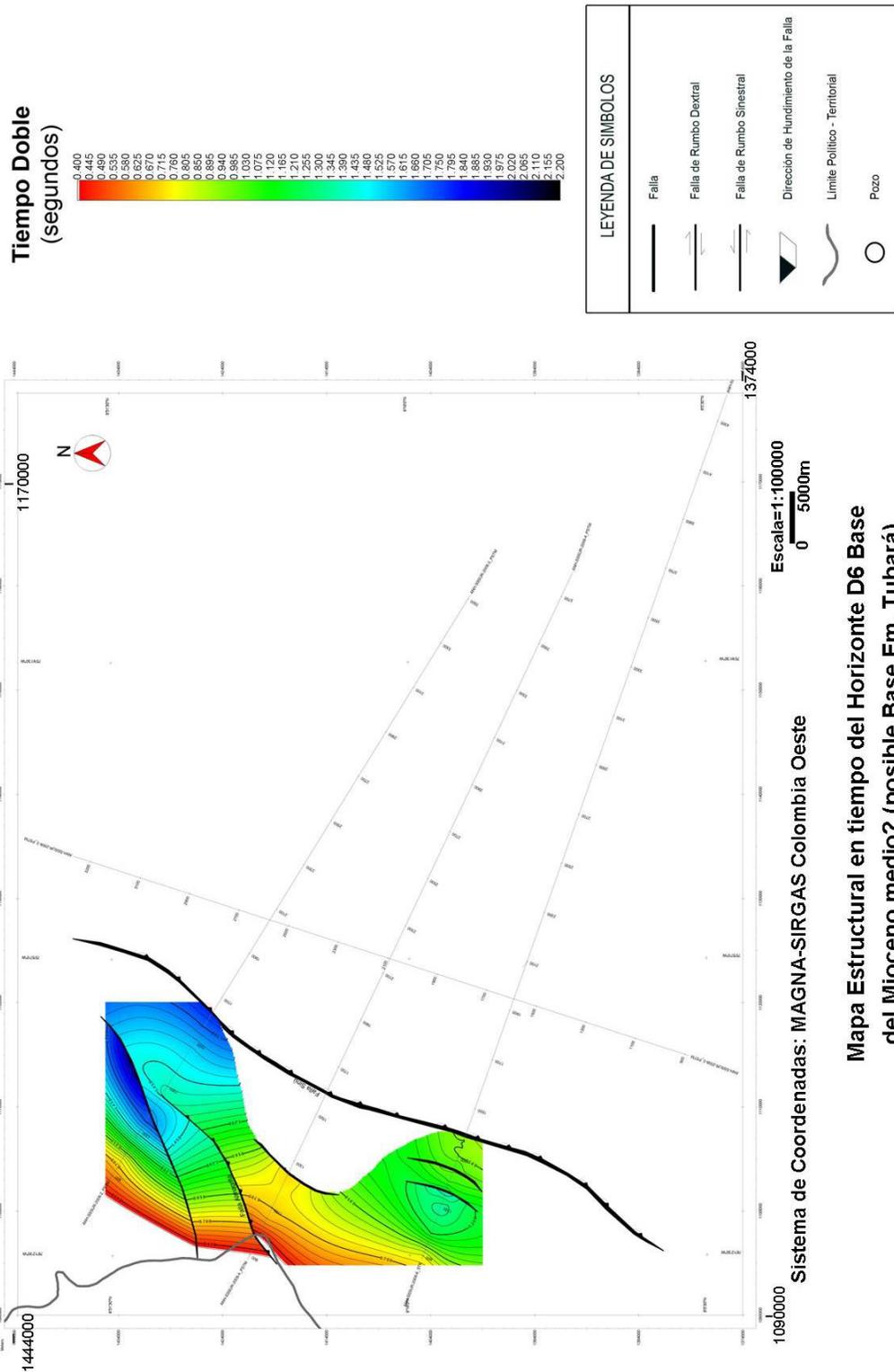


Figura 23. Mapa del Horizonte D6. Horizonte asociado a la Base del Mioceno medio?, Fm. Tubará?

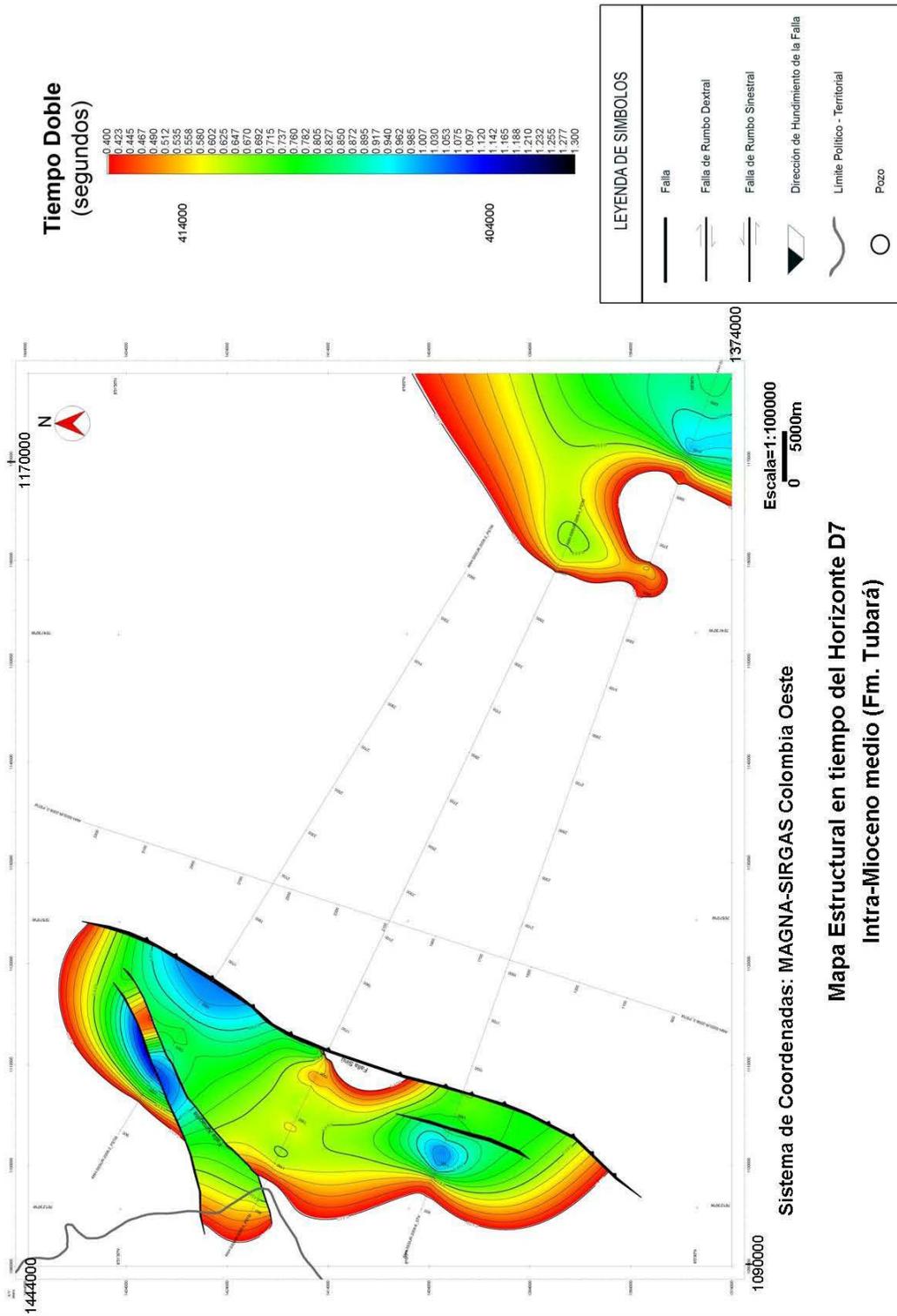


Figura 24. Mapa del Horizonte D7. Horizonte asociado a un nivel intra-Mioceno medio?, Fm. Tubará ?

En la siguiente Tabla se resumen los horizontes interpretados y su correspondencia con los diferentes eventos tectono-estratigráficos.

Tabla 1. Horizontes interpretados y su correspondencia estratigráfica y tectónica.

HORIZONTE	CORRESPONDIENTE ESTRATIGRÁFICO	EVENTO TECTONO-ESTRATIGRÁFICO
D8	Fm. Sincelejos	Discordancia Mioceno tardío-Plioceno – Área controlada por la Orogenia Andina, se marca una etapa de plegamiento y fallamiento con intrusiones de lodo que deforman el cinturón plegado y en algunas zonas la exposición de la cubierta sedimentaria de la plataforma.
D7	Intra Fm. Tubará	Intra-Mioceno medio (parte superior). Inestabilidad tectónica relacionada a la separación de Sierra Nevada de Santa Marta definiendo un periodo de levantamiento, con inversión de las principales estructuras y <i>half-grabens</i> , seguido de sedimentación (Flinch, 2003; Hernández, 2009).
D6	Fm. Tubará	Discordancia Intra Mioceno medio-superior.
D5	Fm. Carmen	Discordancia Oligoceno-Mioceno temprano.
D4	Fm. Ciénaga de Oro	Discordancia Eoceno tardío-Oligoceno? Sucesión de eventos erosivos, basculamiento de estratos y levantamiento de la cuenca hacia el oeste del Cinturón, consecuencia de los continuos esfuerzos ocurridos en la Fosa del Sinú. Este hecho produce levantamiento de las serranías de Sinú y San Jacinto en el Mioceno medio (Hernández y Jaramillo, 2009).
D3	Fm. San Jacinto	Eoceno tardío. Orogénesis Pre-Andina causante del primer levantamiento de mayor relevancia en el Cinturón de San Jacinto (Cerón et al., 2005).
D2	Fm. Cansona	Intra-Cretácico Superior.
D1	Fm. Cansona	Cretácico Superior Fase final Margen Pasivo.

A partir de la interpretación de los horizontes antes descritos se definieron las siguientes unidades:

U1: Intra-Cretácica, limitada en su base por el horizonte **D1** y en su parte superior por el horizonte **D2**, (Figuras 17 y 25). La unidad U1 está conformada posiblemente por la Formación Cansona, identificada como yacimiento en el CPSJ por Caro y Rey, 2009. U1 constituye, posiblemente, uno de los ciclos tectonosedimentarios identificados por Duque-Caro (1973) relacionados con limolitas. Esta unidad mantiene un espesor constante de ~250 ms TWT. Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia de moderado a bajo (Tabla 2), lo que hace que su correlación hacia el oeste básicamente sea a partir de la correlación de los espesores de las diferentes unidades interpretadas.

U2: Intra-Eoceno limitada en su base por el horizonte **D3** y en su parte superior por el horizonte **D4** (Figuras 17 y 25). La unidad U2 está conformada estratigráficamente por la Formación San Jacinto. Dentro del CPSJ está parcialmente erosionada o es poco lo que se preserva a partir de la interpretación sismoestratigráfica y su correlación con el mapa geológico. No obstante, a partir de su correlación hacia el oeste con secciones correspondientes al Cinturón del Sinú, se obtuvo que el espesor equivalente a dicha unidad está en el orden de ~ 500 ms TWT (Figura 25). Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia bajo.

U3: Intra-Oligoceno, limitada en su base por el horizonte **D4** y en su parte superior por el horizonte **D5** (Figuras 17 y 25). La unidad U3 está conformada estratigráficamente por la Formación Ciénaga de Oro, Dentro del CPSJ está parcialmente erosionada o es poco lo que se preserva a partir de la interpretación sismoestratigráfica y su correlación con el mapa geológico. No obstante, a partir de su correlación hacia el oeste con secciones correspondientes al Cinturón del Sinú, se obtuvo que el espesor equivalente a dicha unidad está en el orden de ~ 500 ms TWT (Figura 25). Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia bajo.

U4: Mioceno temprano, limitada en su base por el horizonte **D5** y en su parte superior por el horizonte **D6** (Figuras 17 y 25). La unidad U4 está conformada estratigráficamente por la Formación Carmen. Dentro del CPSJ no se interpreta esta unidad, posiblemente por no depositación de la misma. Sin embargo, a partir de su correlación hacia el oeste con secciones correspondientes al Cinturón del Sinú, se obtuvo que el espesor equivalente a dicha unidad está en el orden de ~ 400 ms TWT (Figura 25). Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia bajo.

U5: Mioceno temprano-medio, limitada en su base por el horizonte **D6** y en su parte superior por el horizonte **D8** (Figuras 17 y 25). La unidad U5 está conformada estratigráficamente por la Formación Tubará. Dentro del CPSJ no se interpreta esta unidad, posiblemente por no depositación de la misma. Sin embargo, a partir de su correlación hacia el oeste con secciones correspondientes al Cinturón del Sinú, se obtuvo que el espesor equivalente a dicha unidad está en el orden de ~ 600 ms TWT (Figura 25). Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia bajo.

U6: Mioceno tardío-Plioceno, limitada en su base por el horizonte **D8** (Figuras 17 y 25). La unidad U6 está conformada estratigráficamente por la Formación Sincelejos. Dentro del CPSJ no se interpreta esta unidad, posiblemente por no depositación de la misma. Sin embargo, a partir de su correlación hacia el oeste con secciones correspondientes al Cinturón del Sinú, se obtuvo que el espesor equivalente a dicha unidad está en el orden de ~ 100 ms TWT (Figura 25). Sísmicamente mantiene un contenido de amplitud y de frecuencia bajo.

Distribución de Horizontes y Unidades Interpretadas

Horizonte	Unidad Interpretada	
Quaternario	U6	
Holoceno	SINCELEIOS	
		D8
Pleistoceno	TUBARA	
		D7
Plioceno	CARMEN	
		D6
		D5
Mioceno	CIENAGA DE ORO	
		D4
		D3
Paleoceno	LA CAMSONA	
		D2
Eoceno	San Jacinto	
		D1
Paleogeno	U1	
Creataco	U2	
	U3	
	U4	
	U5	
	U6	

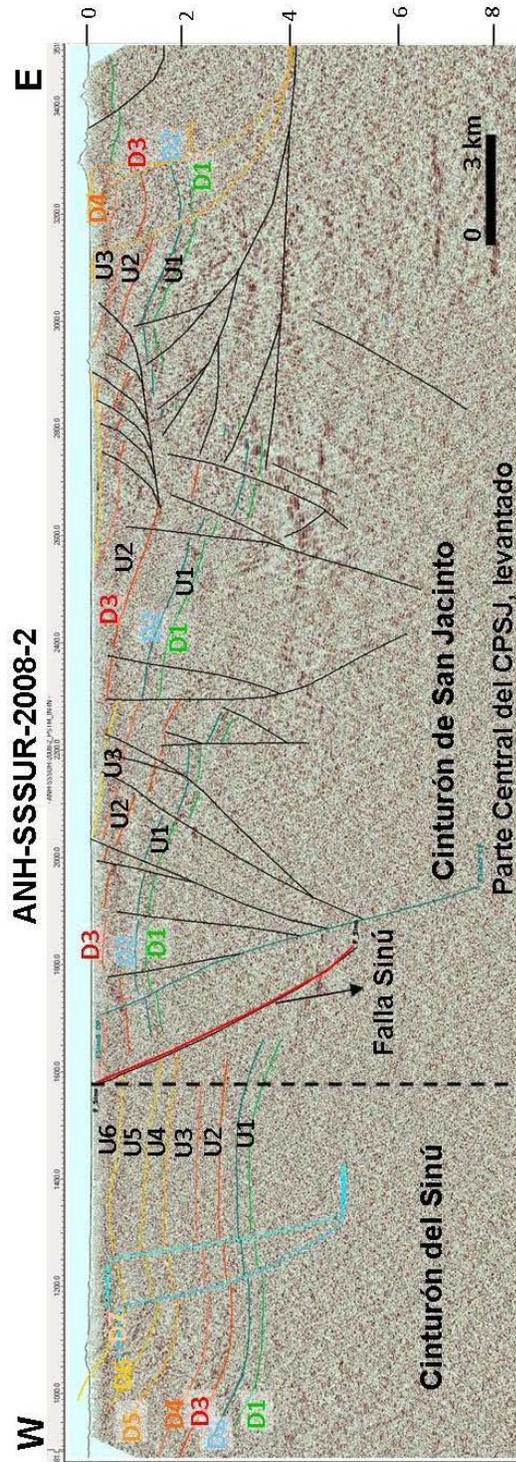
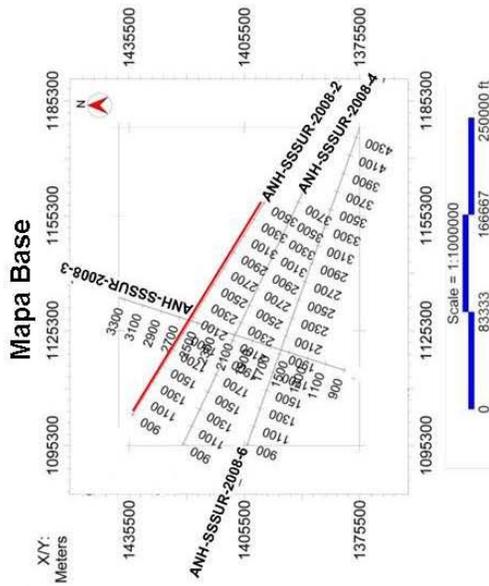
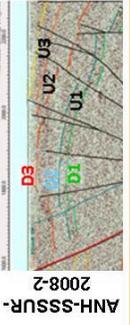
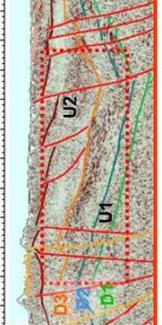
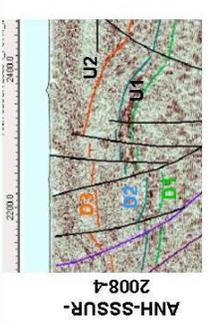


Figura 25. Relación S/R dentro del programa Sinú San Jacinto 2D 2008. Nótese lo difícil de la correlación lateral del lado izquierdo de la falla Sinú.

En la siguiente Tabla, se resumen las características sísmicas de las unidades y horizontes interpretados.

Tabla 2. Resumen de las unidades sismoestratigráficas.

		Horizonte Interpretado	Unidad Sísmica	Contenido de Frecuencia y Amplitud	Geometría de los reflectores	Imagen Sísmica
OLIGOCENO	PALEOCENO	D4	U3	Bajo (baja S/R)	Caótico	ANH-SSSUR-2008-2 
		D3	U2	Bajo (baja S/R)	Caótico/ Tabular	ANH-SSSUR-2008-6 
EOCENO	PALEOCENO					
		D2				
SUPERIOR	CRETACICO	D1	U1	Media-Bajo (baja S/R)	Tabular	ANH-SSSUR-2008-4 

8.3.2 Estilos Estructurales Definidos

En relación al fallamiento identificado dentro del CPSJ se observan esencialmente tres (3) familias de fallas mostradas en la Figura 26:

F1. Fallas normales de alto ángulo a partir de los 4 seg TWT, asociadas a depósitos intra o pre-cretácicos? Fallamiento que en algunos sectores refleja inversión positiva.

F2. Fallamiento inverso de alto ángulo con convergencia hacia el oeste, asociado a la transpresión producto de la Orogénesis Pre-Andina. Fallas que ayudan a expulsar la parte central del CPSJ. Dentro de este grupo de fallas se observa la Falla del Sinú como límite oeste del CPSJ, luego la denominada en este estudio como Falla Sinú Sur, la cual actúa como el límite oeste del contacto entre las unidades identificadas dentro del CPSJ y el Cinturón del Sinú.

F3. Fallamiento inverso de ángulo bajo, los cuales afectan las unidades 1 y 2, hacia el sur este.

Distribución de Horizontes y Unidades Interpretadas

SAN JACINTO	
Holoceno	
Pleistoceno	U6 SINCELEJOS
Plioceno	U5
	D8 TUBARA
NEOGENO	D7
	D6
	D5 CARMEN
OLIGOCENO	U3 CIENAGA DE ORO
	D4
	D3 SAN JACINTO
PALEOCENO	D2
	D1 LA CAÑONIA
CRETACEO	

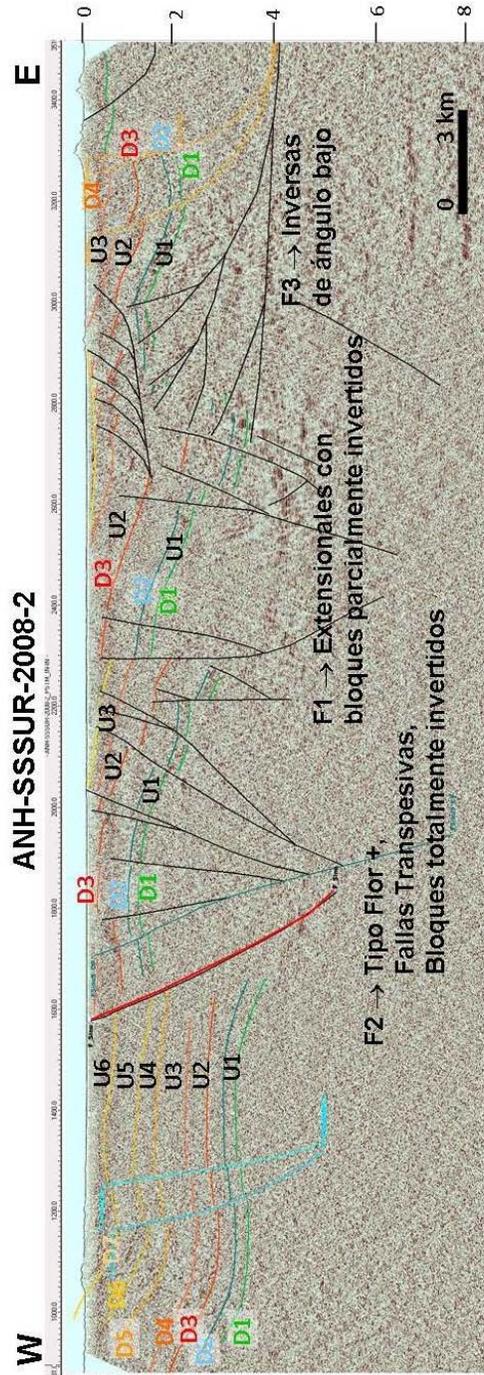
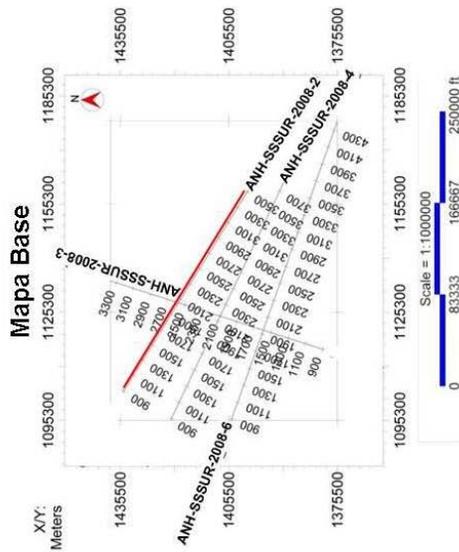


Figura 26. Diferentes estilos estructurales. Se reflejan 3 familias de fallas. Un primer grupo de fallas F1, en la parte central del CPSJ, asociado a régimen extensional, a nivel del sustrato del CPSJ, con algunos bloques invertidos positivamente; un segundo grupo de fallas F2, asociado a Fallas inversas de alto ángulo (tipo flor positiva) y un tercer grupo F3, hacia el sureste asociado a fallamiento inverso de ángulo bajo.

8.3.3 Diferentes dominios tectónicos del programa Sinú San Jacinto 2D 2008

Dentro del programa del Sinú San Jacinto 2D 2008, se logran identificar tres (3) unidades tectónicas claramente separadas por dos (2) estructuras principales de este a oeste: Falla de Romeral y Falla del Sinú (Figura 27). Se reflejan tres (3) dominios de este a oeste, en primer lugar parte de la sub-cuenca de San Jorge, VIM, donde se observa una secuencia erosionada, asociada a la discordancia Eocena-tardía (tope del Basamento) y posteriormente un relleno oligo-mioceno, donde la parte basal estaría asociada a la Fm. CDO. Dentro del CPSJ, se observa como todo el cinturón está levantado por fallas inversas de alto ángulo, asociado a transgresión, y algunas fallas de bajo ángulo hacia el este, en el extremo más al oeste observamos el Cinturón del Sinú.

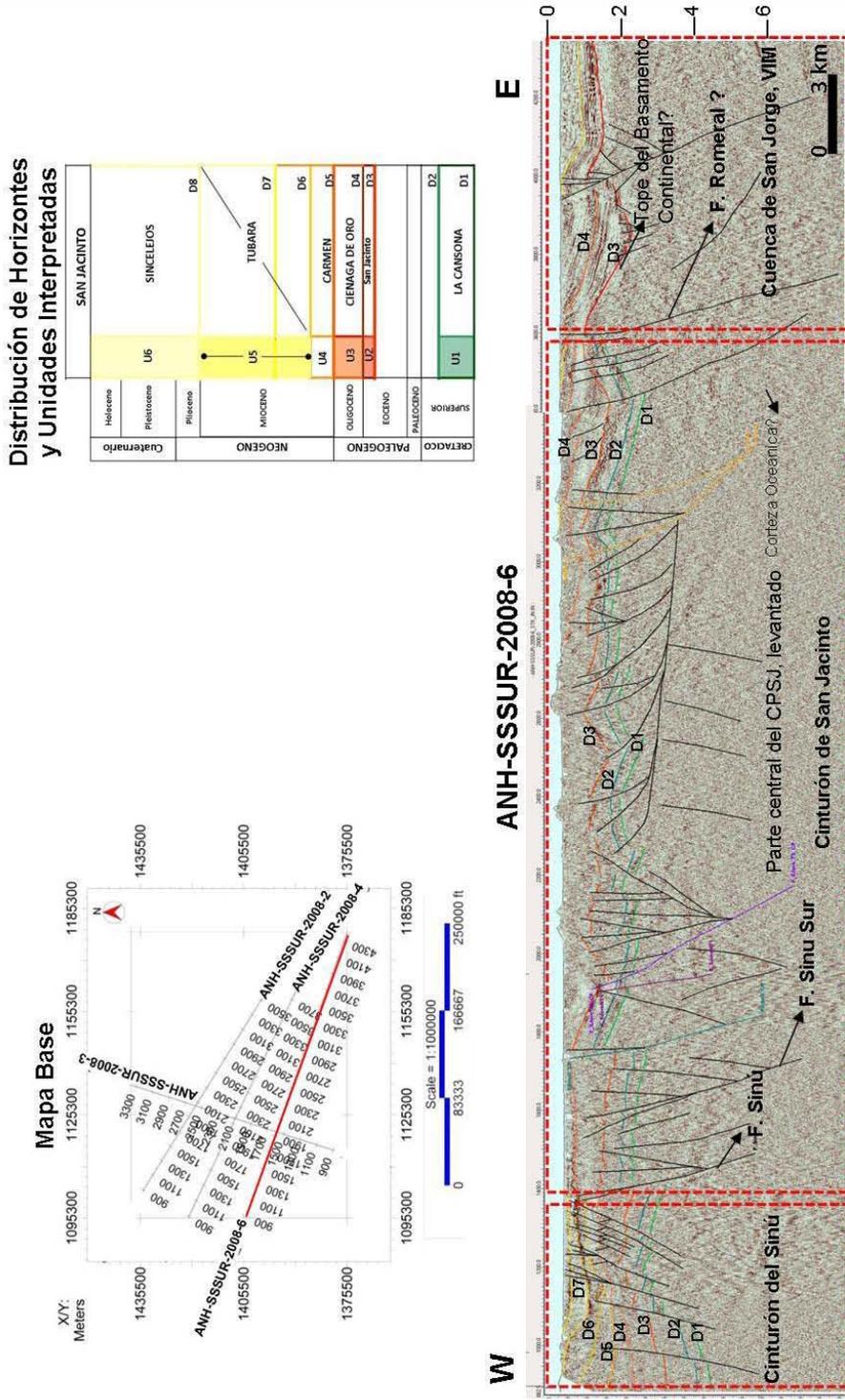


Figura 27. Diferentes dominios tectónicos del área del programa Sinú San Jacinto 2D 2008. Se reflejan 3 dominios de este a oeste, tenemos parte de la sub-cuenca de San Jorge, VIM, donde se observa una secuencia erosionada asociada a la discordancia Eocena-tardía (tope del Basamento) y posteriormente un relleno oligo-mioceno, donde la parte basal estaría asociada a la Fm. CDO. Dentro del CPSJ se observa como todo el cinturón está levantado por fallas inversas de alto ángulo, asociado a transgresión, y algunas fallas de bajo ángulo hacia el este, en el extremo más al oeste observamos el Cinturón del Sinú.

8.3.4 Observaciones importantes de los horizontes y unidades sísmicas

La prospectividad en el área del CPSJ está asociada a las unidades U1 y U2, afectadas por las familias de fallas, antes descritas (2 y 3), donde se observan cierres y altos estructurales interesantes, ver sección integración e identificación de prospectos.

No obstante, es importante establecer una serie de semáforos en esta área de estudio, debido a la baja relación S/R. Nótese que en la parte central del CPSJ, tanto la amplitud de la ondícula como el contenido de frecuencia es bajo – moderado, lo que hace que gran parte de las correlaciones se hayan realizado con base en polígonos de correlación, y sobretodo manteniendo el espesor de las unidades identificadas.

9. SÍSMICA MULTICOMPONENTE Y ATRIBUTOS SÍSMICOS

9.1 INTERPRETACIÓN SÍSMICA PS

TRANSFORMACIÓN DE TIEMPOS DE ONDA PP (TWTP) A TIEMPO DE ONDA PS (TWTS):

Durante la fase de interpretación de los reflectores de interés en las líneas de onda PP, al comparar los mismos eventos en las líneas PS, se observó proporcionalidad entre los eventos en la escala vertical (tiempo). En este sentido, con la finalidad de agilizar las labores de interpretación se desarrolló una metodología para transformar los tiempos de los horizontes interpretados en las líneas de onda PP al tiempo de la línea PS.

La metodología se fundamentó en las ecuaciones que vinculan el tiempo de tránsito de la onda P y la onda S.

$$TwT_{ps} = \frac{TwT_p}{2} + \frac{d}{V_s} \quad (\text{ec. 1})$$

$$TwT_{ps} = \frac{TwT_p}{2} * \left(1 + \frac{V_p}{V_s}\right) \quad (\text{ec. 2})$$

$$\frac{V_p}{V_s} = 2 * \frac{TwT_{ps}}{TwT_p} - 1 \quad (\text{ec. 3})$$

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, es posible establecer una relación entre los tiempos interpretados en las líneas de onda PP y los tiempos de los mismos eventos en las líneas PS. En el proceso de muestreo se emplearon puntos control, donde el número del punto de tiro (SP) y los rasgos topográficos jugaron un papel importante en el proceso de selección de los puntos. Una vez seleccionados los puntos se construyó un gráfico de dispersión, con la finalidad de evaluar modelos de ajuste estadístico que pudieran predecir el TWTps a partir del TWTp.

Con base en esta ecuación, se realizó la conversión de los horizontes interpretados en las líneas de onda P a horizontes de onda PS. Al realizar la inspección de los horizontes se encontró que los horizontes estimados mediante la ecuación delineaban los rasgos estructurales interpretados en los cortes de onda P con un bajo nivel de corrección.

La aplicación de la metodología antes expuesta generó un valor agregado; debido a que aceleró el proceso de interpretación. Además permitió establecer las fortalezas de la línea de onda PS para destacar eventos estructurales que se presentaban con baja resolución en la línea de onda PP. Para alcanzar una correlación óptima entre las secciones PP y PS sería indispensable información de pozos con registros sísmicos dipolares que permitan calibrar, mediante sismogramas sintéticos, las relaciones entre los tiempos PP y PS para eventos pertenecientes a una misma profundidad. La metodología aquí empleada permite obtener un bosquejo rápido de cómo deben ajustarse los tiempos de ambas secciones para ubicar reflectores que se infieren pertenecen a un mismo nivel estratigráfico. La relación real entre los tiempos PP y PS es controlada por la variación del cociente V_p/V_s en profundidad.

VENTAJAS DE LA INTERPRETACIÓN COMBINADA DE SECCIONES PP Y PS:

Con la información conjunta de las secciones de onda P y onda convertida, se identificaron las siguientes ventajas de su uso combinado para la interpretación de líneas 2D: 1) Eliminación de reflexiones fuera del plano para la sección de onda PP, 2) Relaciones S/R complementarias, y 3) Ayuda para la definición de terminaciones estratigráficas.

9.2 INVERSIÓN ACÚSTICA PP

La inversión sísmica tiene como finalidad generar un modelo de parámetros elásticos de las rocas a partir de los datos sísmicos. Estos parámetros pueden ser impedancia acústica, impedancia PS, densidad, entre otros. En el caso particular de la inversión acústica PP, el principal producto que se obtiene es la impedancia acústica P, parámetro que ha sido utilizado por una gran cantidad de autores como indicador directo de hidrocarburos. En efecto, independientemente del tipo de arena yacimiento AVO que se posea en la zona de estudio, se puede evidenciar que la presencia de gas o petróleo liviano en el yacimiento tiende a disminuir considerablemente los valores de impedancia acústica (Hilterman, 2001).

La técnica utilizada en este proyecto es la inversión basada en un modelo inicial y para llevar a cabo este tipo de inversión, se requiere de cuatro (4) parámetros de entrada principales:

- Horizontes interpretados: Permitirán incorporar el modelo estructural inicial al proceso de inversión.
- Registros de pozos sísmicos y densidad para cada uno de los pozos calibrados con la sísmica para la construcción del modelo inicial: En el caso particular de este proyecto, no se contó con información de pozos, por lo que solo se utilizaron las trazas de impedancia calculadas en estudios previos de inversión sísmicas en líneas que interceptaban la sección sísmica ANH-SSSUR-2008-PSTM de la zona de estudio de este trabajo Sinú San Jacinto 2D 2008.
- Sísmica apilada.
- Ondícula extraída de la sísmica.

En la Figura 28 se muestra un diagrama de flujo del proceso de inversión sísmica basada en un modelo.

En primer lugar se genera el modelo inicial de impedancia P con los registros de pozo y los horizontes interpretados, seguidamente cada traza de impedancia acústica es convolucionada con la ondícula extraída de los datos sísmicos y se obtiene el sismograma sintético. Una vez obtenido el sintético, se procede a compararlo (calculando el error) con la traza sísmica real; si el error entre ambas trazas es muy pequeño, el proceso finaliza y se repite para la siguiente traza sísmica. En caso contrario, el modelo inicial es modificado para generar otro sintético, el cual será comparado nuevamente con la traza sísmica real, este proceso se repetirá hasta que la diferencia entre la traza real y el sintético sea lo suficientemente pequeña.

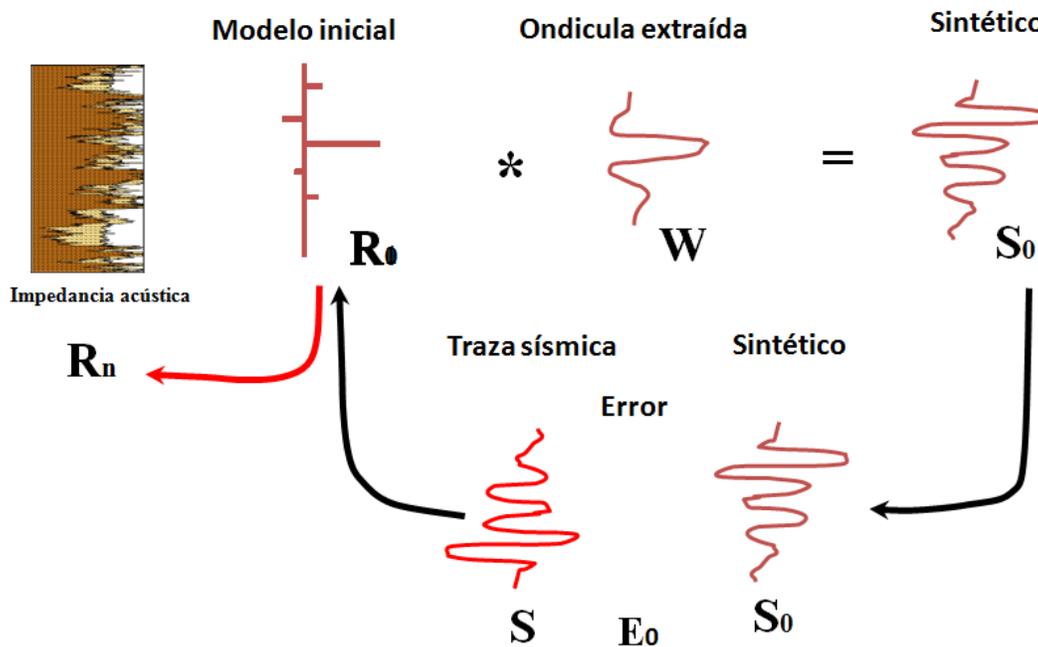


Figura 28. Diagrama de flujo de una inversión acústica basada en un modelo.

Es importante resaltar que la primera inversión realizada fue a la ANH-SSUR-2008-6 de la zona, y la construcción del modelo inicial de impedancia fue realizada con una traza de impedancia producto de la inversión sísmica de trabajos previos (Sinú Sur 2D 2008). Los modelos iniciales de las otras líneas de Sinú San Jacinto 2D 2008 se generaron utilizando las trazas de impedancia acústica obtenidas de la inversión de la línea ANH-SSUR-2008-6 que se interceptaban con cada una de las restantes líneas.

En la figura 29 se muestra una pequeña zona del perfil de impedancia acústica, obtenida de la inversión acústica de la línea ANH-SSUR-2008-3 de Sinú San Jacinto 2D 2008, en la cual los colores naranja representan zonas de bajas impedancias. Este atributo de impedancia fue de gran ayuda para la identificación de posibles zonas de interés exploratorio, que serán mostradas en la sección de integración e identificación de prospectos. Los productos finales de esta fase de inversión acústica son archivos .sgy de impedancia acústica para las cuatro (4) líneas de la zona de estudio.

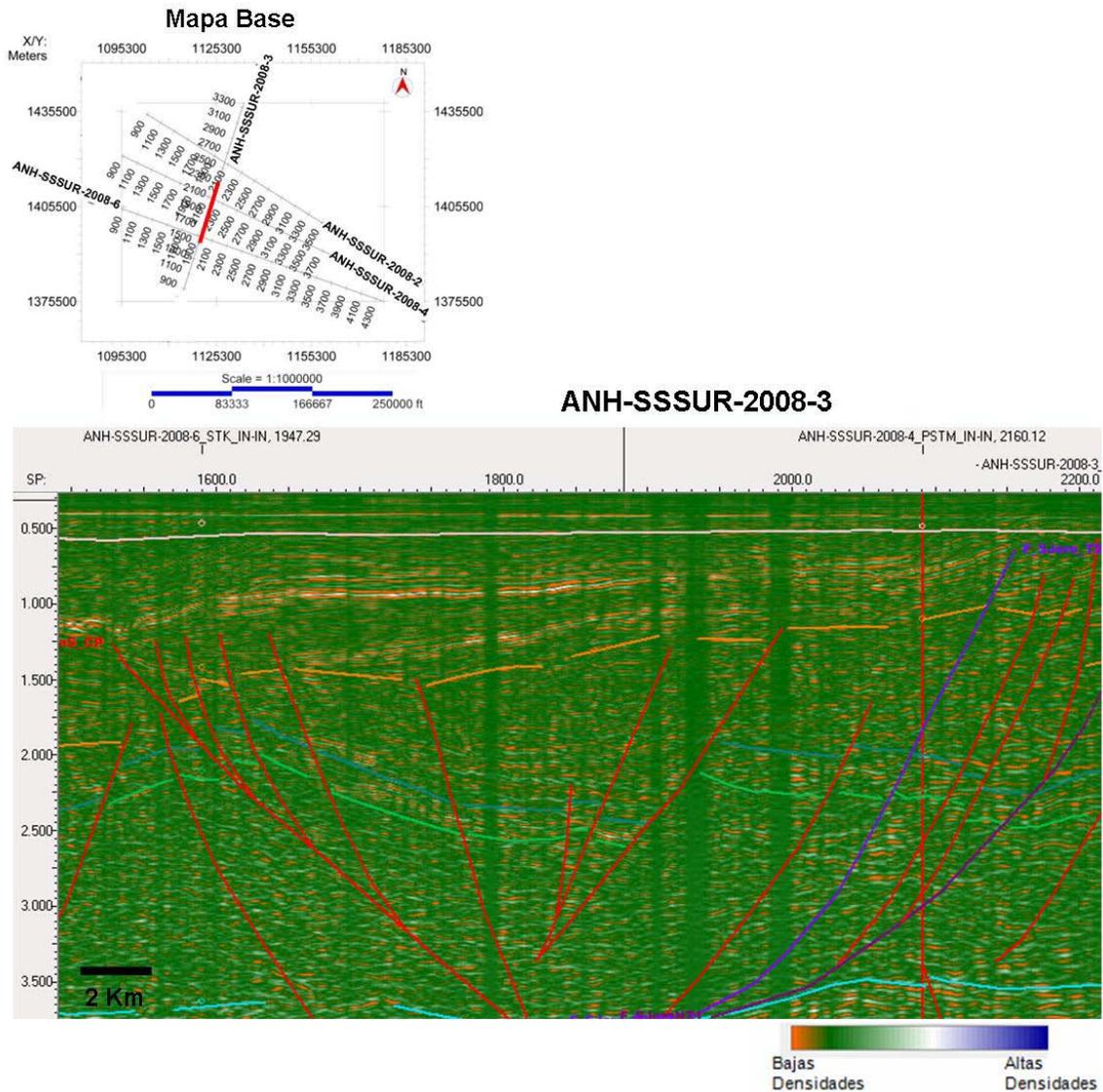


Figura 29. Perfil de impedancia acústica obtenido de la inversión sísmica en la línea 3 apilada de la zona Sinú San Jacinto 2D 2008.

9.3 INVERSIÓN SÍSMICA MULTICOMPONENTE (ZP, D)

La sísmica multicomponente consiste en la generación y grabación de ondas compresionales P y ondas de corte S. Para este proyecto los datos adquiridos y procesados en campo corresponden a sísmica de onda convertida, donde las ondas que fueron grabadas se propagaron parcialmente como onda P (durante la generación) y parcialmente como onda S, como se observa en la Figura 30.

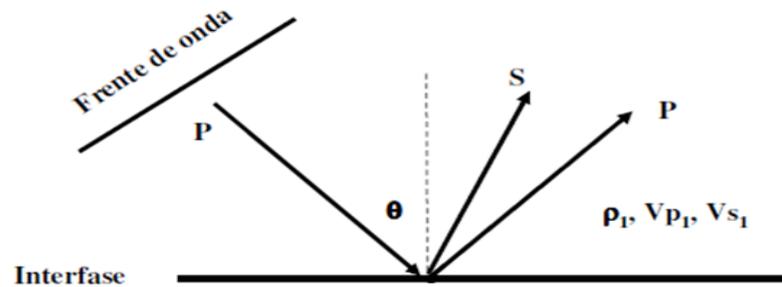


Figura 30. Propagación de onda PP y onda convertida (PS).

El análisis de sísmica multicomponente tiene una gran cantidad de ventajas, entre las que destacan el análisis de la relación V_p/V_s y otros parámetros como densidad para discriminación de litología y fluidos, análisis de fracturas, construcción de imágenes de horizontes con bajo contraste para la onda P, entre otras.

La inversión realizada a los datos de onda convertida en este proyecto fue la inversión conjunta de onda convertida, la cual será indicada a continuación.

9.4 INVERSIÓN CONJUNTA DE ONDA CONVERTIDA

Esta inversión es basada en un modelo inicial de impedancia P, impedancia S y densidad, el cual es construido con la información de pozo e interpretación estructural del área. Los parámetros de entrada utilizados para llevar a cabo este tipo de inversión son los siguientes:

- Horizontes interpretados tanto en la sísmica apilada PP como en la sísmica apilada PS: Estos permitirán incorporar el modelo estructural inicial al proceso de inversión
- Registros de pozos sísmicos y densidad para cada uno de los pozos calibrados con la sísmica para la construcción del modelo inicial: En el caso particular de este proyecto no se contó con información de pozos, por lo que solo se utilizaron las trazas de impedancia calculadas en estudios previos de inversión sísmicas en líneas que interceptaban la sección sísmica ANH-SSSUR-2008-PSTM de la zona de estudio de este trabajo Sinú San Jacinto 2D 2008.
- Sísmica apilada.
- Ondícula extraída de sísmica.

Esta inversión utiliza el mismo procedimiento que el mostrado en la inversión acústica PP, donde se construye un modelo inicial y es modificado hasta que éste y la sísmica sean suficientemente similares. La diferencia de esta inversión es que no es solo un modelo inicial de impedancia, sino que también involucra un modelo de impedancia S y densidad; así como también realiza dos (2) comparaciones, la primera del sismograma sintético PP con la sísmica acústica PP, y la segunda del sismograma sintético de onda convertida PS con la sísmica apilada PS.

La gran ventaja de este tipo de inversión es que permite obtener el atributo de densidad, parámetro de las rocas que ha sido muy utilizado en la industria como discriminador de litología y fluidos. La desventaja de esta técnica es que requiere una información sísmica con muy buena relación señal ruido. Para este trabajo, se realizaron varias pruebas y se consideró que aunque los resultados de impedancia y densidad fueron ruidosos, se pudieron identificar zonas de interés por sus bajos valores de densidad.

10. INTEGRACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LEADS

En este estudio se identificaron un total de trece (13) zonas de interés, distribuidas espacialmente en diferentes unidades sismo-estratigráficas interpretadas, que presentan diversos tipos de trampas del sistema petrolero. Para la identificación y clasificación de las mismas se consideraron los siguientes criterios:

- Existencia de cierre estructural a nivel de mapas en las unidades objetivo.
- Estratigrafía y sedimentación asociada a los diferentes niveles de interés.
- Amplitud sísmica y comportamiento a nivel de atributos, tanto en el dominio PP como en el dominio de sísmica PS.

La jerarquización de las zonas más relevantes se basó principalmente en la búsqueda de las posibles mejores condiciones de acumulación, a partir de los *leads* definidos para la onda P. Sin embargo, en esta etapa se identificaron zonas de interés que, a pesar de no ser llamativas en las secciones PP, resaltan particularmente en las secciones PS.

El principal objetivo de esta zona de estudio corresponde a posibles *cherts* fracturados y areniscas del Paleoceno y Eoceno asociados a la unidad de depositación 1 (Posible Fm. Cansona). Asimismo no se descarta un segundo nivel objetivo más somero asociado posiblemente a la Fm. San Cayetano (depositada probablemente entre U1 y U2) y a la Fm. San Jacinto (Unidad 2).

En la Tabla 3 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

La Figura 31 muestra el mapa base con las cuatro (4) líneas de Sinú San Jacinto 2D 2008 y la localización de los diferentes *leads*.

El mapa estructural en tiempo asociado a la Unidad 1 (Fm Cansona) se muestra en las Figuras 32, 33 y 34, con los doce (12) *leads* identificados en la zona de estudio. Ocho (8) de estas zonas corresponden a altos con cierres estructurales en las cuatro (4) direcciones y en su mayoría fueron considerados como *leads* de color verde, ya que adicional a esto, cierta continuidad de reflectores en los niveles de interés y anomalías claras de bajas impedancias, posiblemente asociadas a presencia de hidrocarburos. Los dos (2) únicos *leads* con cierres estructurales que no fueron considerados como prioritarios o color verde fueron el D1 y D2, donde la relación señal ruido era muy baja y no se evidenciaron reflexiones o anomalías claras.

Adicional a estos doce (12) *leads*, se pudo identificar otra zona de interés asociada a la Fm. Ciénaga de Oro al sureste de la zona de estudio, ubicada en la cuenca del Valle Inferior del Magdalena. En esta zona, no se pudo generar un mapa estructural asociada al posible yacimiento porque solo se contó con una línea sísmica.

A continuación se darán a conocer algunos de los *leads* que poseen menor grado de incertidumbre, que fueron identificados en este proyecto (el resto de los *leads* pueden ser observados en el archivo correspondiente a presentación de prospectos de Sinú San Jacinto 2D 2008).

Tabla 3. Leads identificados en la zona de estudio Sinú San Jacinto 2D 2008.

NOMBRE	OBJETIVO	TIPO DE TRAMPA	ÁREA APROX.	EVALUACIÓN
A1	Unidad 1 (Fm. Cansona) y posiblemente Unidad 2 (Fm. San Jacinto)	Estructural-Estratigráfica	26 km ²	
A2	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural-Estratigráfica	4 km ²	
A3	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural-Estratigráfica	7 km ²	
B1	Unidad 1 (Fm. Cansona) y posiblemente Unidad 2 (Fm. San Jacinto)	Estructural-Estratigráfica	34 km ²	
B2	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	23 km ²	
B3	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	32 km ²	
B5	Unidad 1 (Fm. Cansona) y posiblemente Unidad 2 (Fm. San Jacinto)	Estructural	12 km ²	
B6	Unidad 3 (CDO)	Estructural	20 km ²	
C1	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	31 km ²	
C2	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural-Estratigráfica	13 km ²	
D1	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	60 km ²	
D2	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	54 km ²	
D3	Unidad 1 (Fm. Cansona)	Estructural	43 km ²	

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

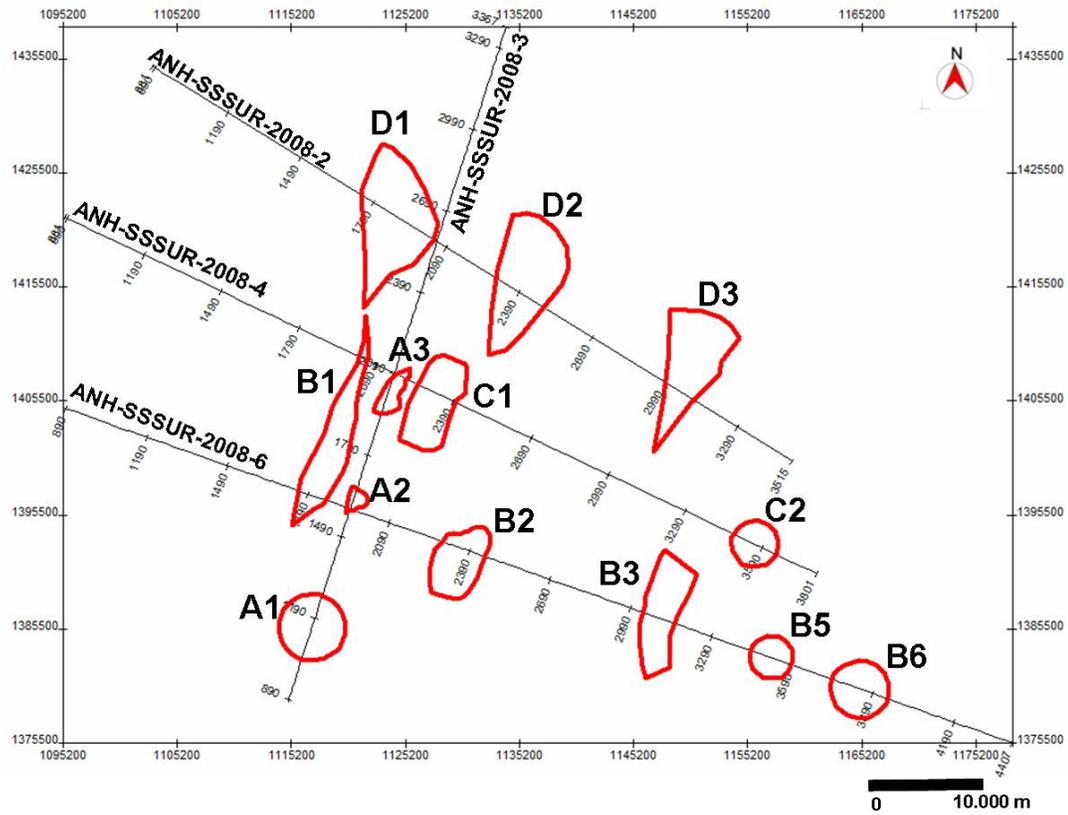


Figura 31. Mapa base que muestra las líneas sísmicas disponibles de la zona de estudio y los *leads* definidos en el presente trabajo.

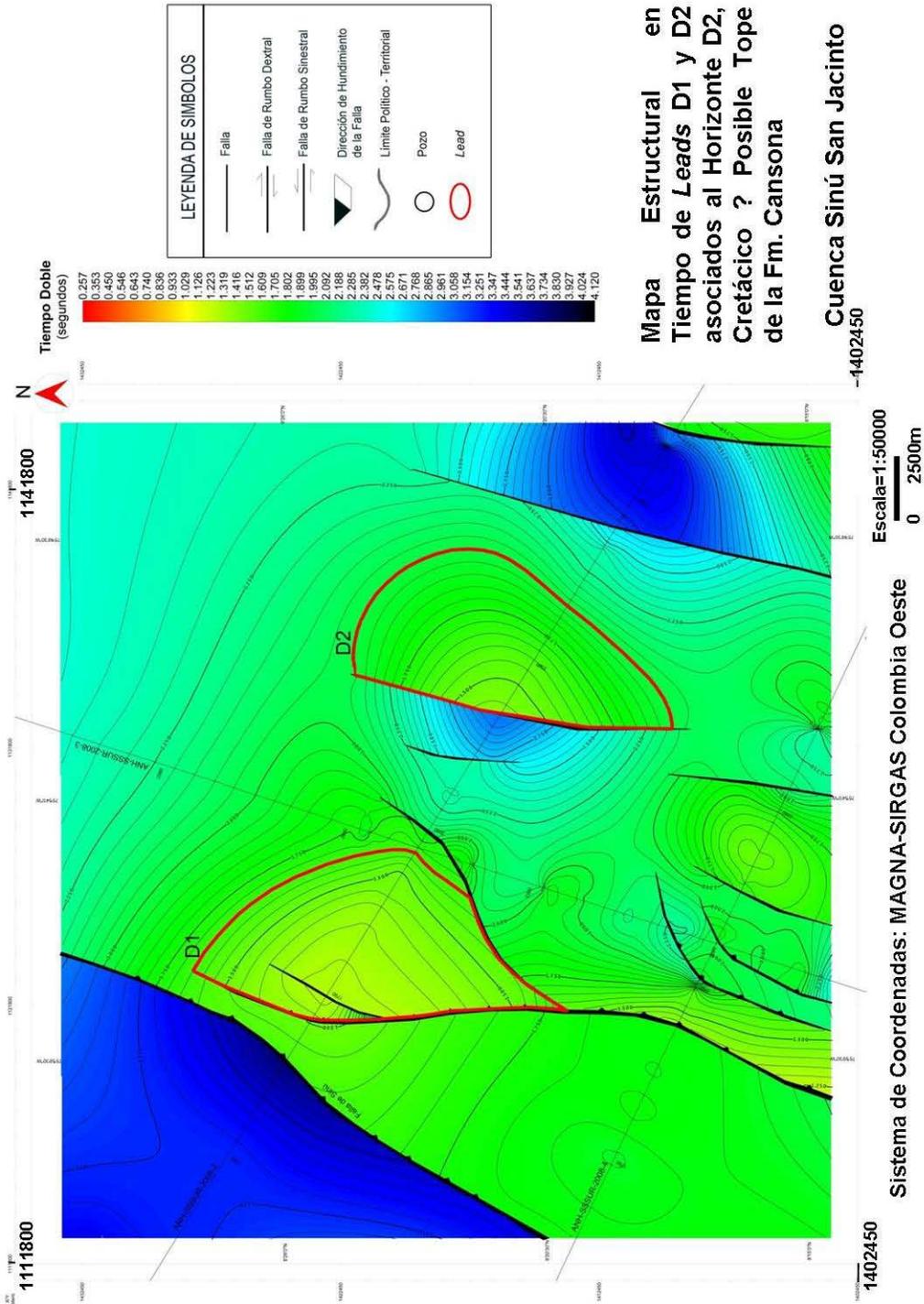


Figura 32. Mapa del Horizonte D2 (Tope Fm. Cansona?) con los leads D1 y D2 superpuestos identificados en este nivel.

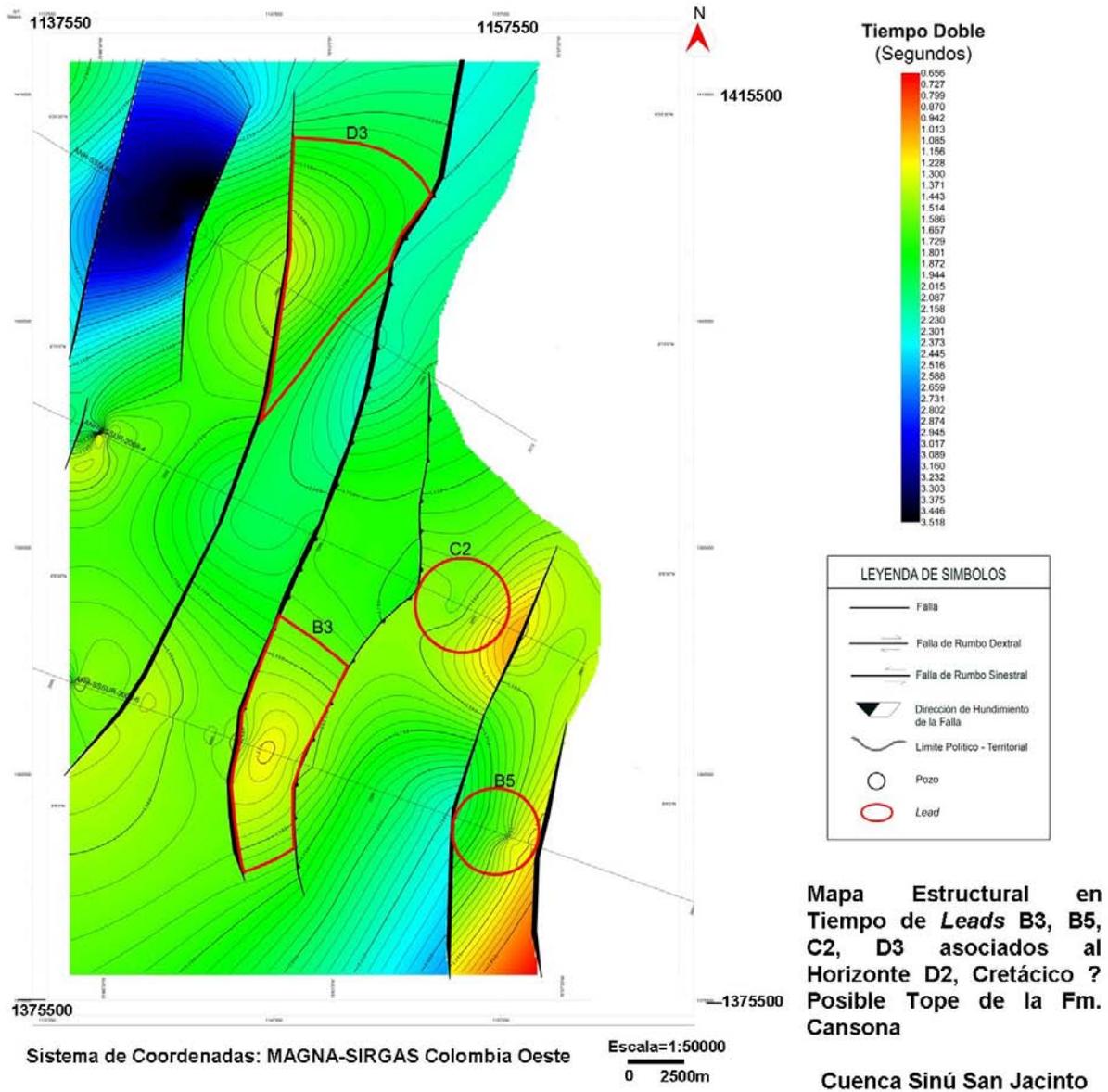


Figura 34. Mapa del Horizonte D2 (Tope Fm. Cansona?) con los leads B3, B5, C2 y D3 superpuestos identificados en este nivel.

En la Figura 35 se muestran los perfiles de amplitud sísmica e impedancia acústica de la línea 6, mostrando el *lead* B1. Este *lead* presenta cierre estructural en las cuatro (4) direcciones. El objetivo principal corresponde a la Unidad 1, posiblemente la Fm. Canzona. En el perfil de impedancia acústica se puede observar claramente una anomalía de baja impedancia (color naranja) asociada a este *lead*, asimismo se pueden observar anomalías de bajas impedancias más someras asociadas a la Fm. San Cayetano, por lo que no se descarta este nivel como un objetivo secundario.

Es importante resaltar que en el perfil de densidad se pueden observar anomalías de bajas densidades en los niveles objetivos que pueden estar asociados a litología y/o fluido (Figura 36). En efecto se puede observar que la sísmica PS presenta una buena continuidad de reflexiones justo en el *lead* B1. Estos resultados de atributos tanto en el dominio PP como en el PS, permiten aumentar considerablemente el potencial exploratorio de este *lead*.

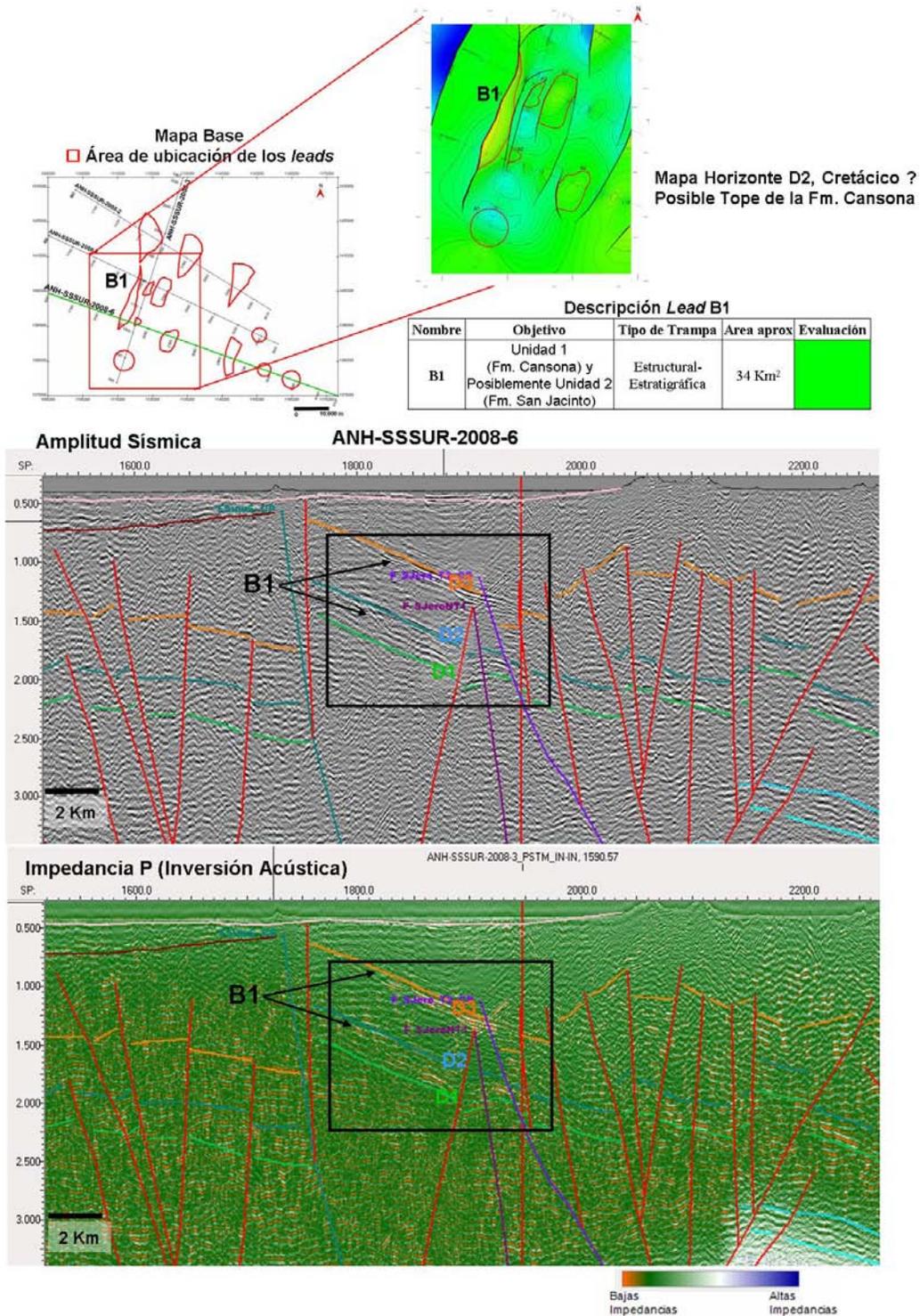


Figura 35. Perfiles de amplitud sísmica (arriba) e impedancia acústica (abajo) con el Lead B1 identificado.

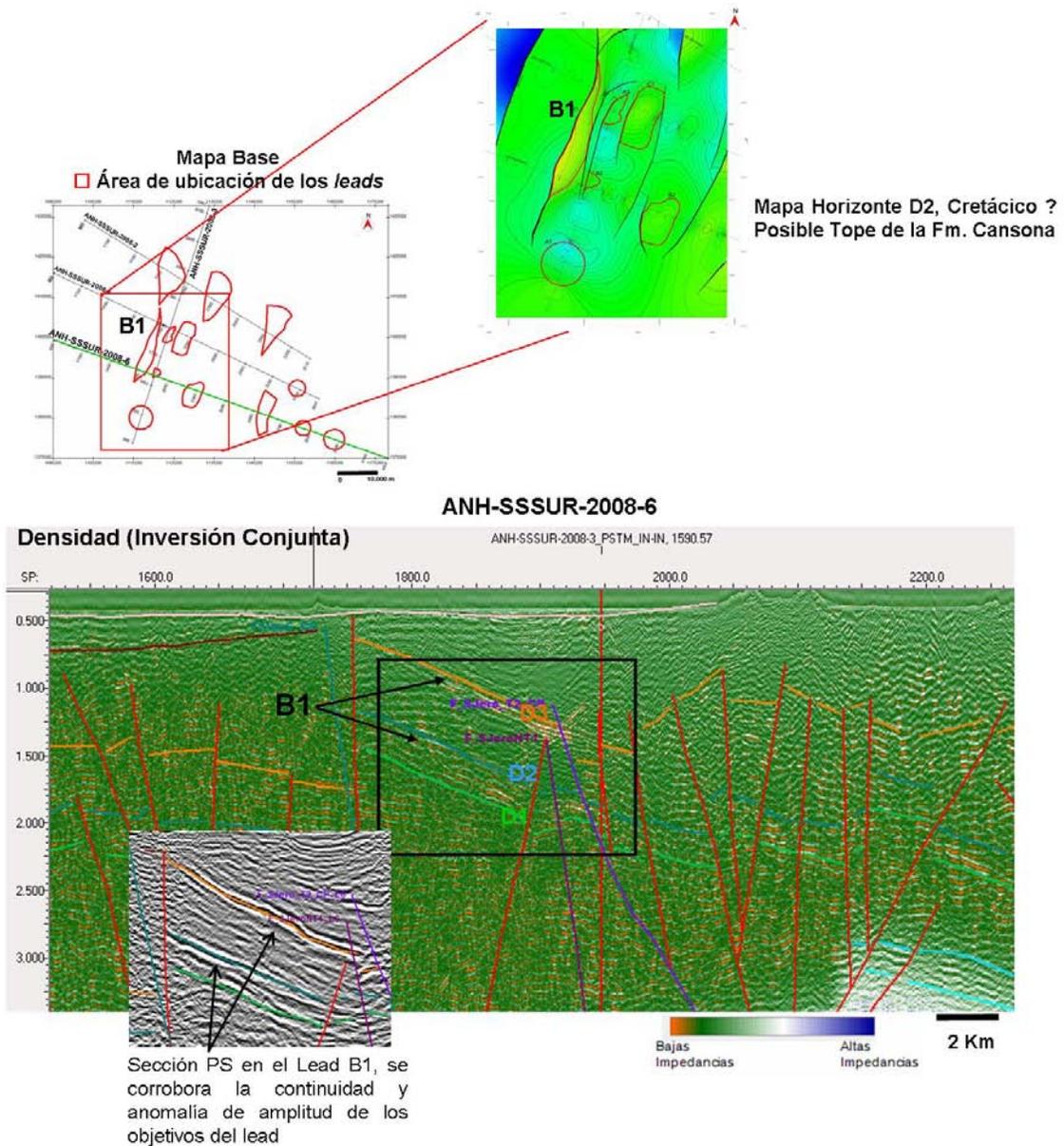


Figura 36. Perfil de densidad con el *Lead* B1 identificado (zonas de color naranja corresponden a bajas densidades). El recuadro inferior muestra la sección sísmica PS en el *Lead* B1.

La Figura 37 muestra los perfiles de amplitud sísmica e impedancia acústica al sur de la línea 6, con los *leads* B3 y B5. El lead B5 fue considerado como de mayor prioridad (color verde), mostrando un alto estructural con cierre contra la falla bastante claro en el nivel objetivo de Fm. Cansona. Desde el punto de vista de atributos, se resaltan varias anomalías claras de baja impedancia y baja densidad (ver perfil de densidad de la inversión conjunta en la Figura 38) en el nivel objetivo Fm. Cansona del *lead* B5. El *lead* B3 también presenta cierre en las cuatro (4) direcciones, sin embargo, esta zona presenta muy baja relación señal-ruido y las anomalías de baja impedancia observadas son muy ruidosas.

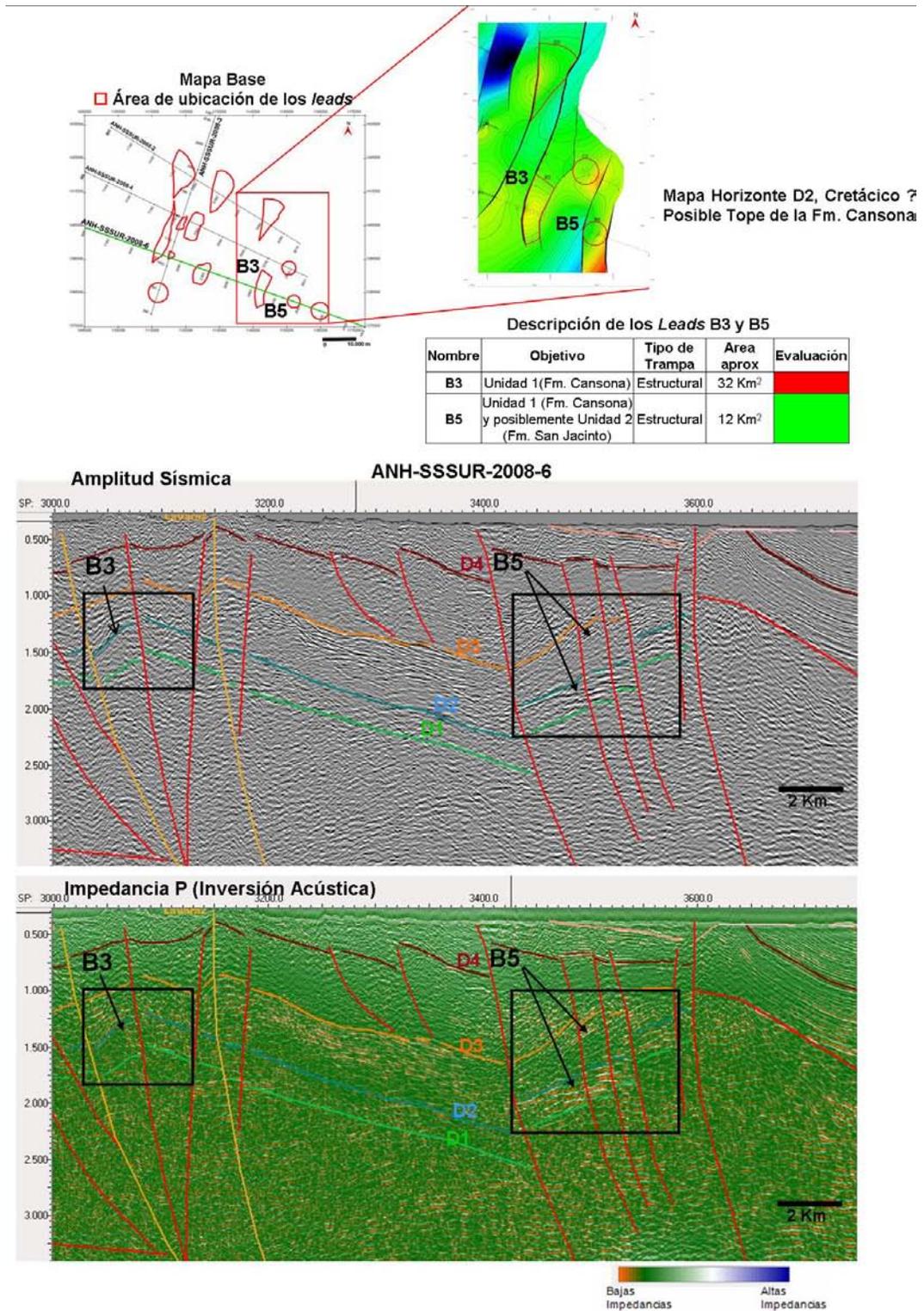


Figura 37. Perfiles de amplitud sísmica (arriba) e impedancia acústica (abajo) con los Lead B3 y B5.

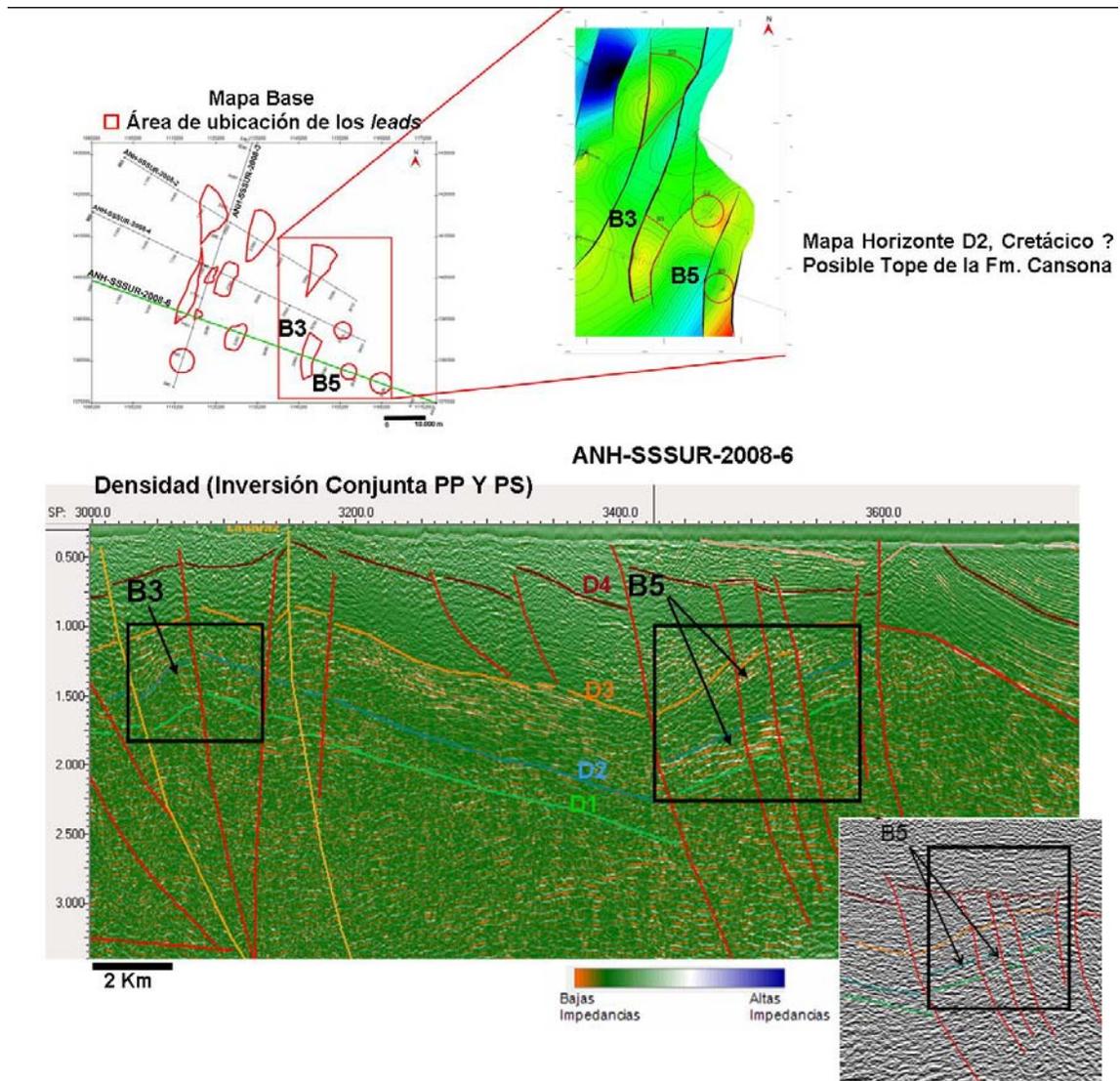


Figura 38. Perfil de densidad con los Lead B3 y B5 (zonas de color naranja corresponden a bajas densidades). El recuadro inferior muestra la sección sísmica PS en el Lead B5.

Otra zona de interés que fue identificada en este trabajo fue el *lead* B6, ubicado en la zona este de la línea 6 en la cuenca del Valle Inferior de Magdalena. El principal objetivo de este *lead* corresponde a arenas de la Fm. Ciénaga de Oro y el tipo de trampa sería estructural con un fuerte componente estratigráfico. A partir de la información sísmica disponible, no se pudo generar un mapa en el nivel objetivo y tampoco se identificó un posible cierre estructural, sin embargo este *lead* es considerado prioritario por estar ubicado en una cuenca donde se han descubierto una gran variedad de campos productores de hidrocarburos. Asimismo se resalta como el nivel objetivo Ciénaga de Oro que presenta una tendencia a bajas impedancias (Figura 39).

Finalmente se muestra el *lead* C1 en los perfiles de amplitud sísmica e impedancia acústica (Figura 40). Este *lead* tiene como objetivo principal la unidad 1 asociada a la Fm. Cansona y presenta un cierre estructural en las cuatro (4) direcciones, destacando como el nivel objetivo presenta zonas de bajas impedancias bastante claras, posiblemente asociadas a litología y/o fluidos. En el perfil de amplitud sísmica de onda convertida, se pueden corroborar algunas reflexiones claras sobre la estructura observada en la sección PP (Figura 41).

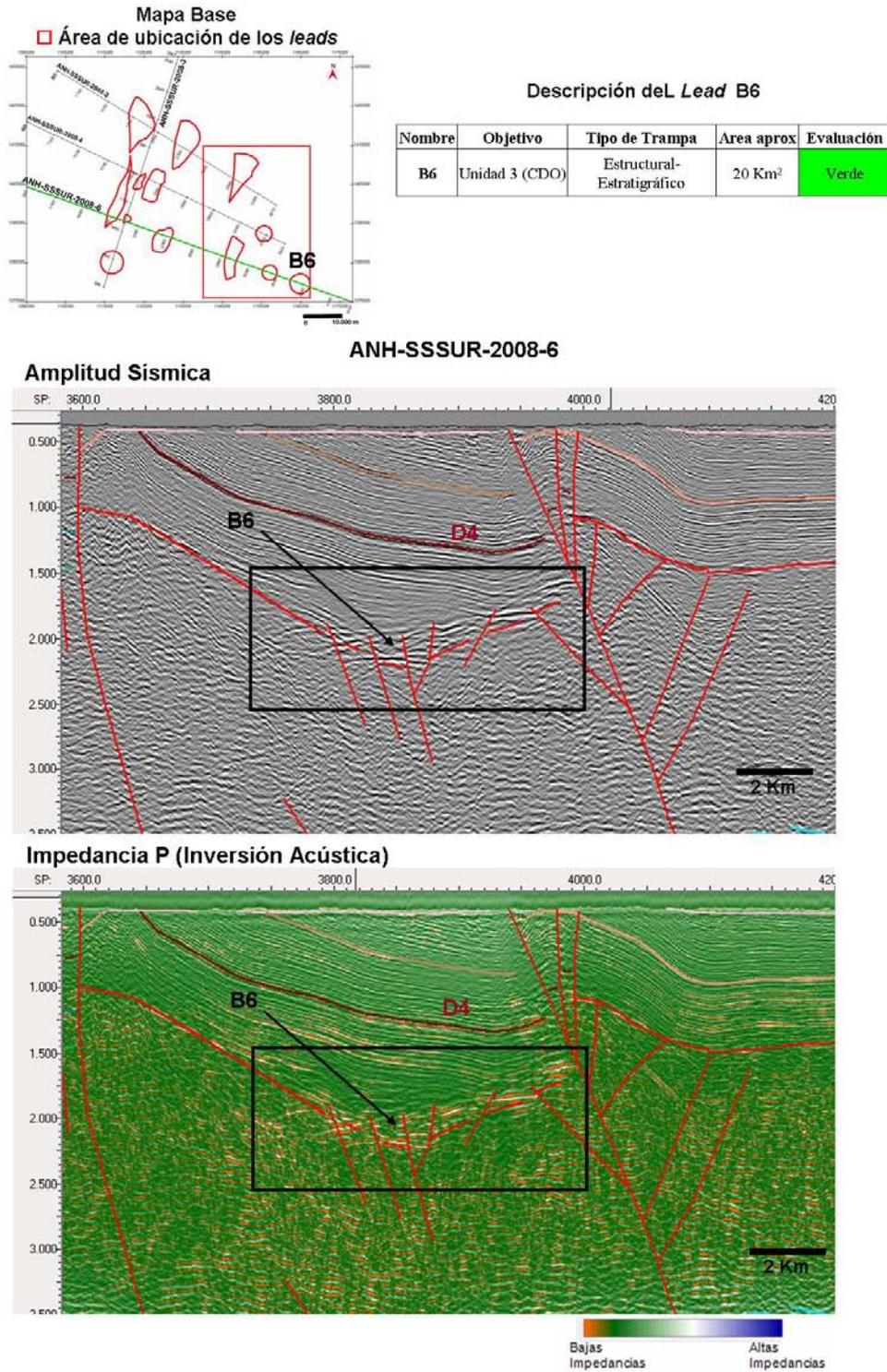


Figura 39. Perfiles de amplitud sísmica (arriba) e impedancia acústica (abajo) con el Lead B6 identificado.

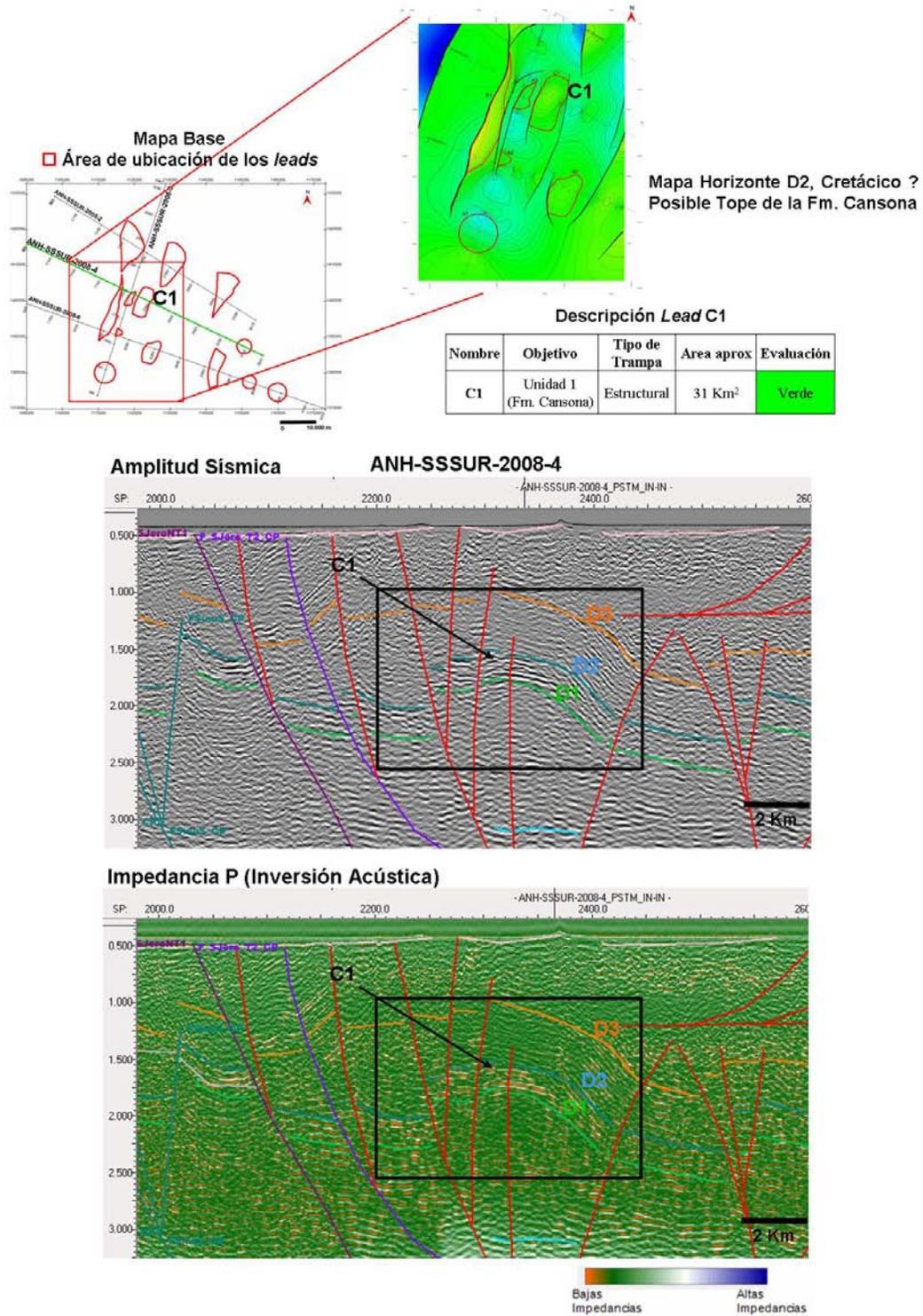


Figura 40. Perfiles de amplitud sísmica (arriba) e impedancia acústica (abajo) con el Lead C1 identificado.

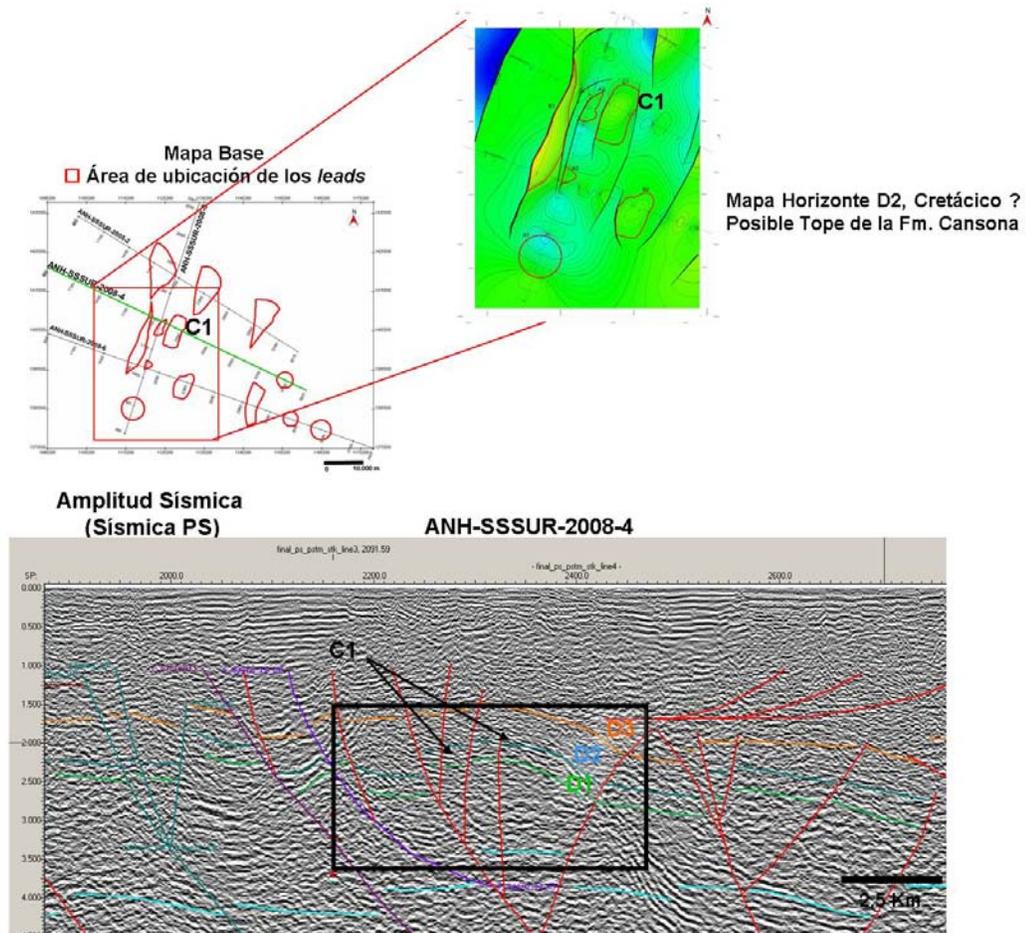


Figura 41. Perfil de amplitud sísmica PS con el Lead C1 identificado.

10.1. INTERPRETACIÓN DE SECCIONES PS

Prospectos San Jacinto (Onda Convertida):

Luego de la interpretación e identificación de anomalías sísmicas en las secciones PS, los intervalos sedimentarios importantes para los prospectos identificados son la Unidad Cansona (U1) y la base de la Unidad San Jacinto (U2), con muy probables acumulaciones en la Formación San Cayetano. No se descarta una posible migración hacia reservorios de la Unidad Ciénaga de Oro (U3), debido a migración vertical a través de las fallas principales.

Lead B1:

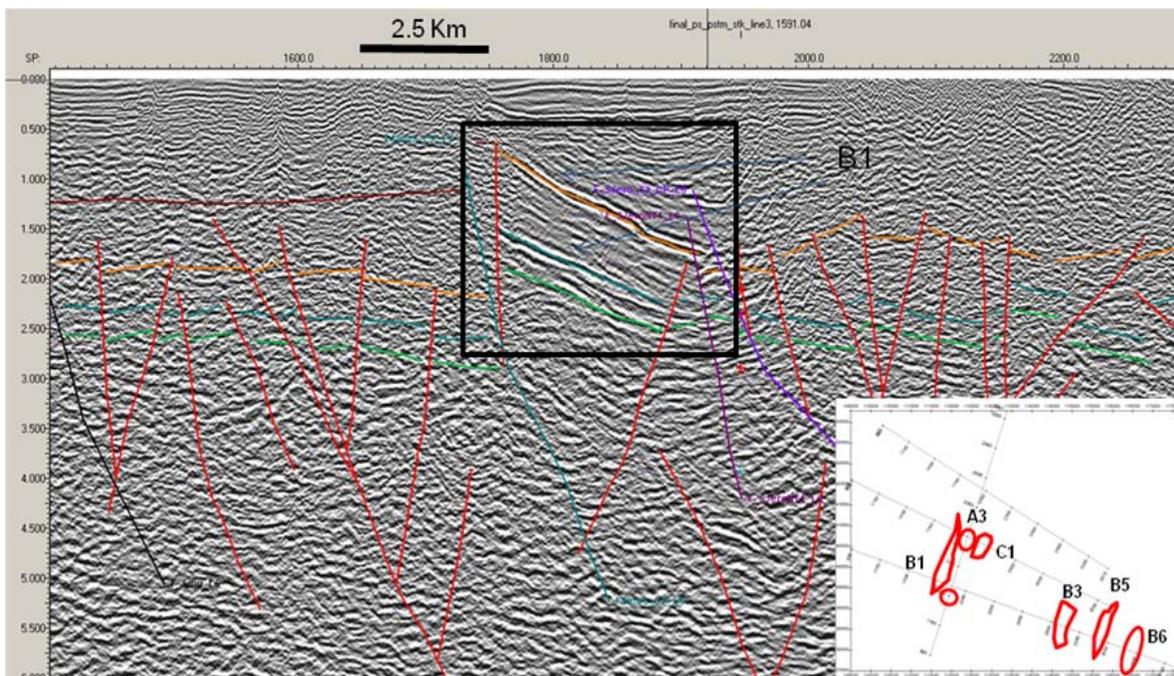


Figura 42. Lead B1 que presenta reflexiones fuertes en la Unidad Cansona e inicio de la unidad San Jacinto.

El *lead* B1 es un objetivo somero con anomalías de amplitud resaltantes en formaciones claves en la generación y entrapamiento de hidrocarburos en el sistema petrolero de la cuenca Sinú-San Jacinto. Tanto el intervalo identificado como Cansona y la base de San Jacinto muestran reflectores que se acuñan buzamiento arriba contra fallas (Figura 42).

Leads B3, B5 y C1:

Los *leads* B3, B5 y C1 presentan estructuras relativamente grandes con anomalías de amplitud en el intervalo interpretado como Unidad Cansona. El riesgo geológico primordial es la capacidad sellante de las fallas. A pesar de ello, no se descartan acumulaciones importantes en niveles superiores como las formaciones San Cayetano y San Jacinto.

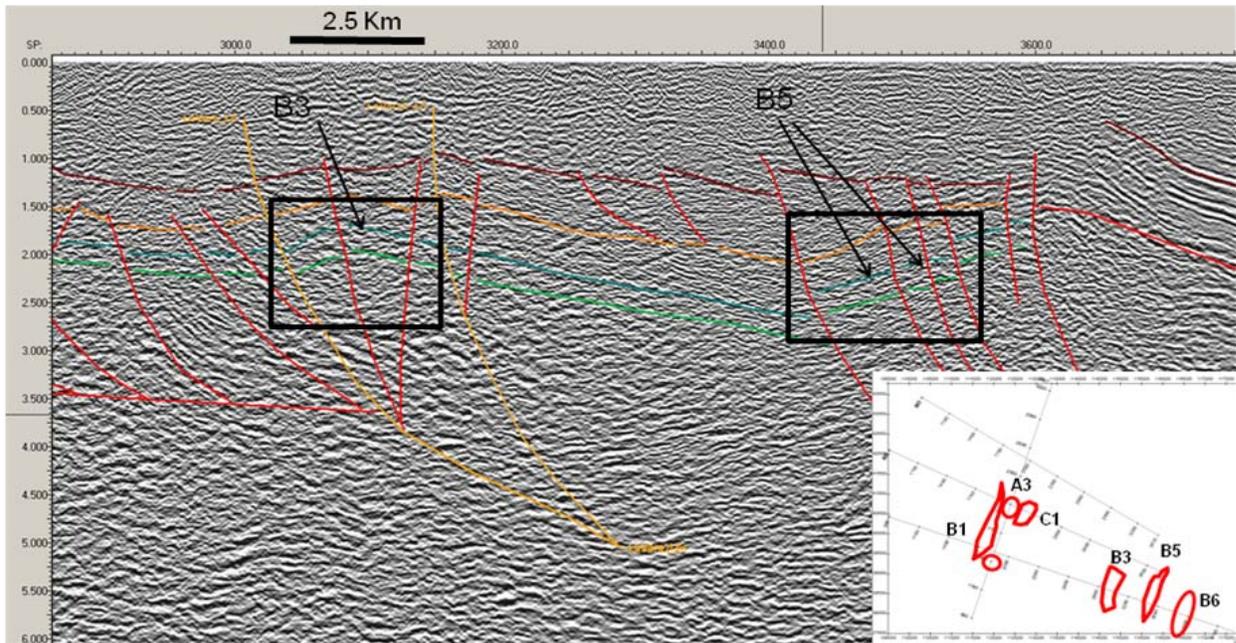


Figura 43. Altos estructurales de la Unidad Cansona que son claramente identificables en la sección PS.

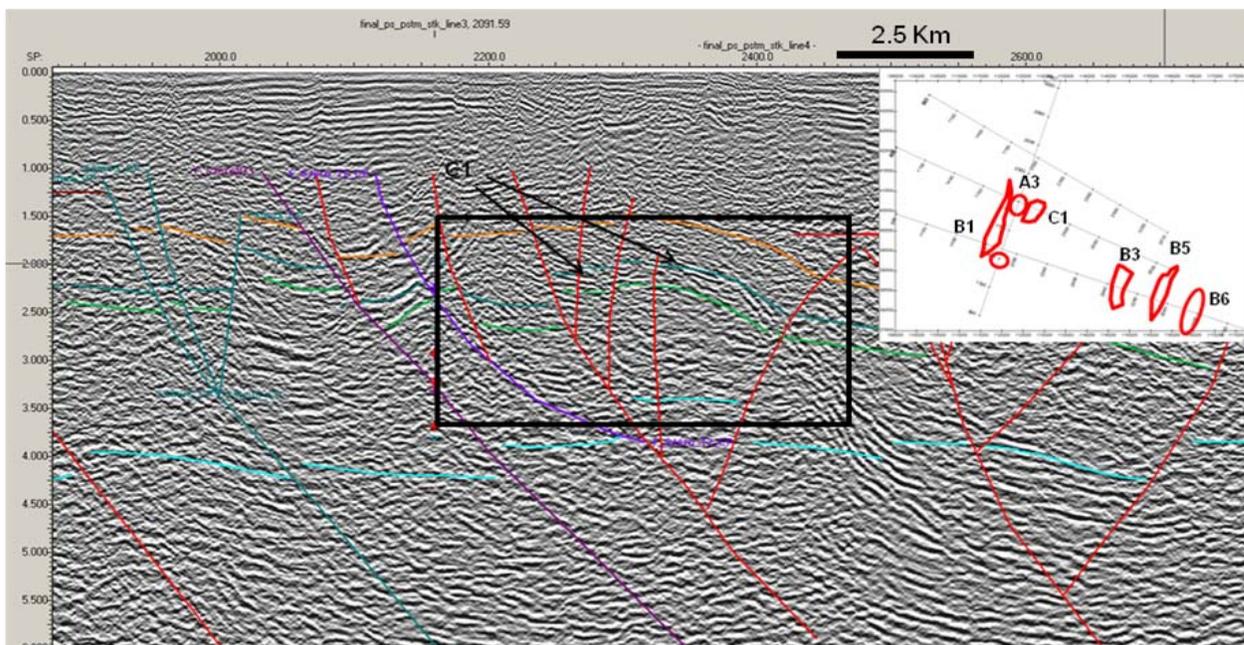


Figura 44. Intervalo de interés del *Lead* C1 que comprende la estructura plegada y fallada de la Unidad Cansona. Las amplitudes sísmicas de los reflectores delinean la estructura al igual que en la sección de onda P.

Lead B6:

Al igual que en la sección de onda P, el *Lead B6* muestra reflexiones fuertes en lo que se ha interpretado como la Formación Ciénaga de Oro. El reservorio probable son arenas fluviales selladas por litologías impermeables de la Formación Carmen.

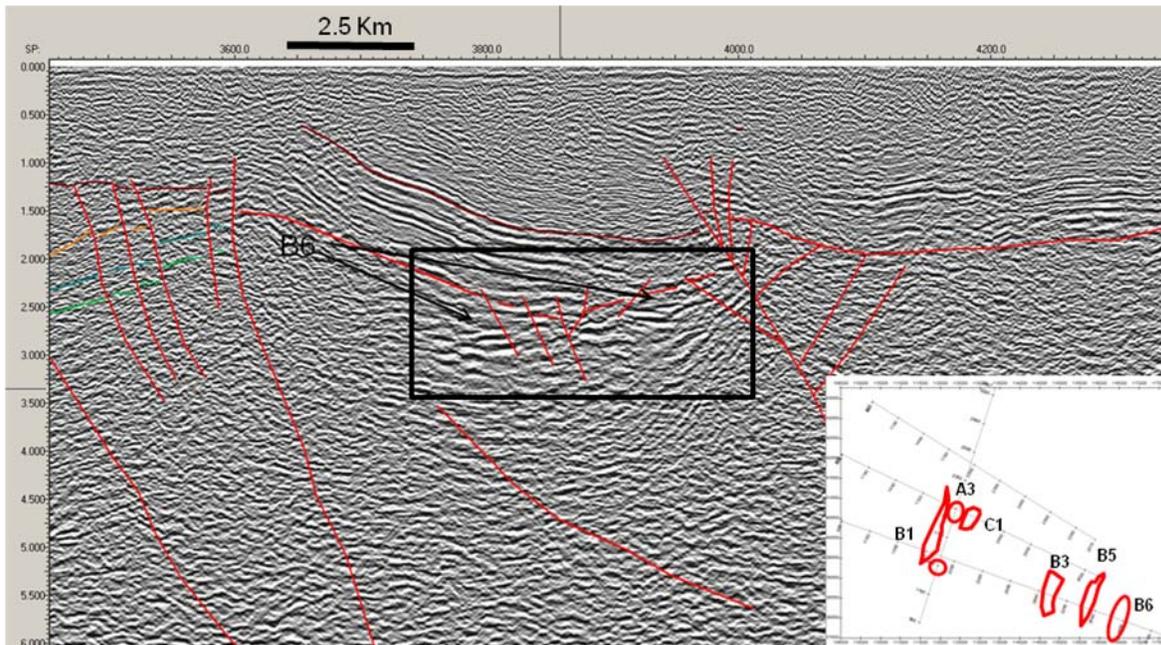


Figura 45. Reflexiones de posibles arenas basales de la Formación Ciénaga de Oro.

Zonas de Interés:

La zona de interés en A3 presenta un posible riesgo a nivel de sello debido a la falla de San Jerónimo, sin embargo la anomalía de amplitud PS y el alto estructural lo convierten en un objetivo exploratorio interesante. Favor consultar la Figura 46, en ésta se observa un intervalo con reflectores fuertes entre las unidades interpretadas como Cansona y base de San Jacinto, el cual podría tener un cierre estructural.

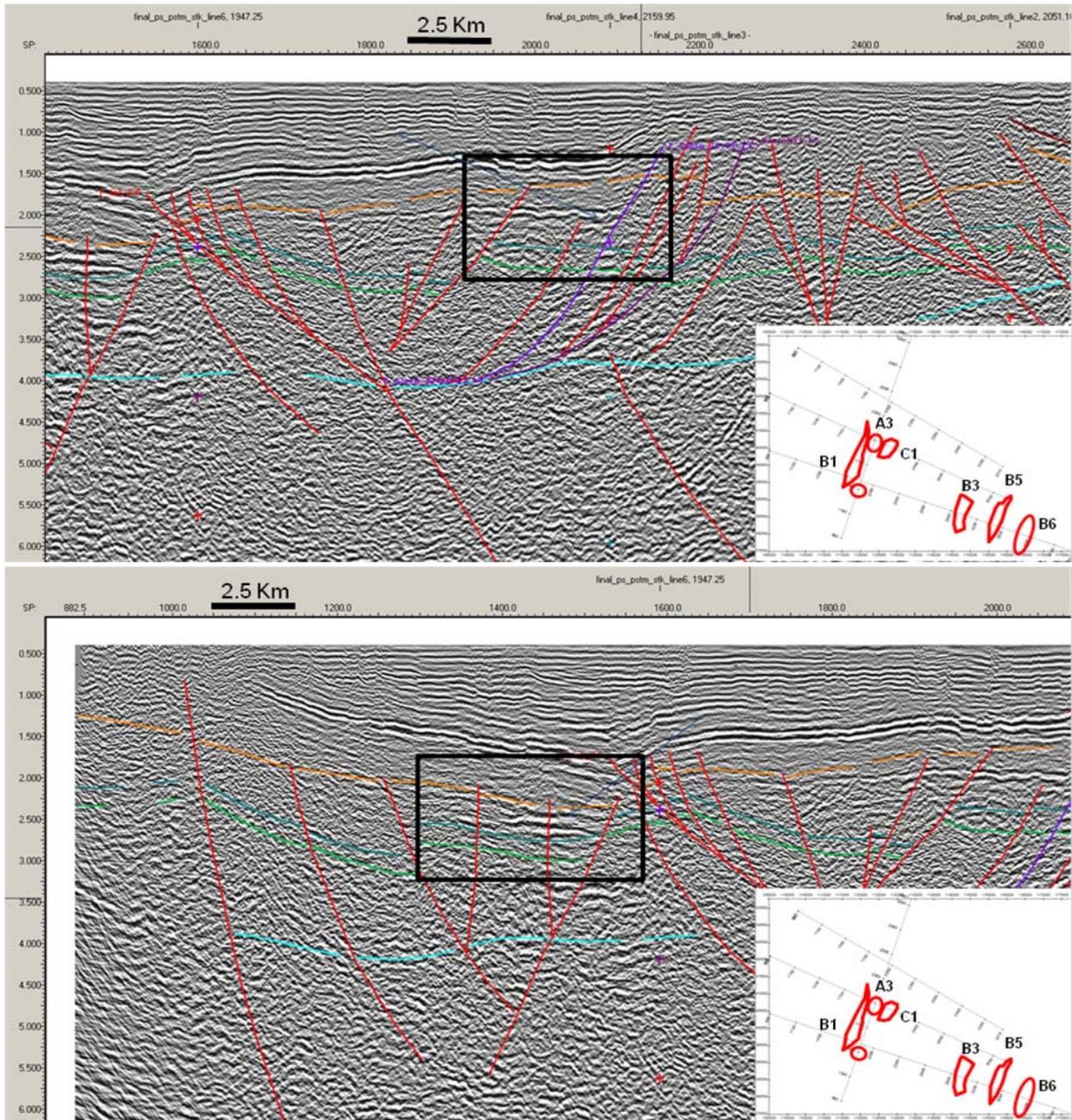


Figura 46. Zonas de interés que presentan una anomalía de amplitud PS entre las discordancias D2 y D3 que separan las unidades Cansona (U1) y San Jacinto (U2). Las secciones mostradas corresponden, en el mapa base de referencia, a la zona A3 (figura superior) y al círculo bajo el prospecto B1 (figura inferior). Ambas secciones se encuentran sobre la línea 3.

11. 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 PP (PDF y ZMAP).
 - 02.2. Mapas de Interpretación de Horizontes PS (PDF y ZMAP).
 - 02.3. Mapas de Leads (PDF y ZMAP).
- 03. Secciones Interpretadas (CGM).
 - 03.1. Secciones Interpretadas PP (CGM).
 - 03.2. Secciones Interpretadas PS (CGM).
- 04. Interpretación Sísmica PP y PS (ASCII).
 - 04.1. Horizontes (ASCII).
 - 04.2. Fallas (ASCII).
- 05. Archivos de mallados (ASCII).
- 06. Backup del proyecto.
- 07. Archivos SGY (SGY).

EN PAPEL: Un Informe y sus Anexos.

Informe Final de Interpretación.

ANEXO A1. Mapas Estructurales en Tiempo PP. Escala 1:100.000. Cantidad: siete (7) mapas

ANEXO A2. Secciones Sísmicas PP. Escala 1:100.000. Cantidad: cuatro (4) secciones

ANEXO A3. Mapas Estructurales en Tiempo PS. Escala 1:100.000. Cantidad: siete (7) mapas

ANEXO A4. Secciones Sísmicas PS. Escala 1:100.000. Cantidad: cuatro (4) secciones

ANEXO A5. Mapas de *Leads*. Escala 1:50.000. Cantidad: tres (3) mapas

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El criterio para la evaluación de los prospectos se basó en el cierre estructural, la calidad del dato, los atributos de la inversión, la estratigrafía y la presencia de los prospectos en más de una línea.

Se identificaron cinco (5) prospectos verdes, con cierre estructural, buena respuesta de atributos y estratigrafía a nivel de la Fm Cansona (posiblemente) y un (1) prospecto verde a nivel de CDO en el Valle Inferior de Magdalena (VIM).

Se logran identificar tres (3) unidades tectónicas claramente separadas por dos (2) estructuras principales de este a oeste: Falla de Romeral y Falla del Sinú.

Se reflejan tres (3) dominios de este a oeste: Sub-cuenca de San Jorge, VIM, donde se observa una secuencia erosionada asociada a la discordancia Eocena-Tardía (tope del Basamento) y posteriormente un relleno oligo-mioceno, en la cual la parte basal estaría asociada a la Fm. CDO.

Dentro del CPSJ, se observa como todo el cinturón está levantado por fallas inversas de alto ángulo, asociado a transpresión, y a algunas fallas de bajo ángulo hacia el este; en el extremo más al oeste observamos el Cinturón del Sinú.

La prospectividad en el área del CPSJ está asociada a las unidades U1 y U2, afectadas por las familias de fallas antes descritas (2 y 3), donde se observan cierres y altos estructurales interesantes.

El los perfiles de densidad se pueden observar anomalías de bajas densidades en los niveles objetivo que pueden estar asociados a litología y/o fluid. En efecto, se puede observar que la sísmica PS presenta una buena continuidad de reflexiones justo sobre algunos de los leads, en particular en el *lead* B1. Estos resultados de atributos tanto en el dominio PP como en el PS, permiten aumentar considerablemente el potencial exploratorio de este *lead*.

13. REFERENCIAS

- ANH. (2006). *Compilación Análisis y Evaluación de Información existente*, Bogotá, Colombia.
- ANTOLINEZ, H., DUARTE, L., ESTEVES, C., MOSQUERA, J. y ZALÁN P. (2009). *Nuevos conceptos para el Modelo Tectono – Estratigráfico de las Cuencas Sedimentarias en el Occidente del Caribe Colombiano*.
- CARO, M. y REY, C. (2009). *Principales características geológicas de la subcuenca del Sinú a partir de interpretación sísmica*. X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas. Cartagena, Colombia.
- CERÓN, J., KELLOGG, J. y TOTO, E. (2005). *Structure and Tectonics of the Sinú – San Jacinto Accretionary Prism in the Northern Colombia*.
- COVEY, M. y DENG, C. (1993). *Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap styles and regional tectonics*. AAPG Bulletin, v 77, pp. 1.315-1.337.
- DRAKE, C. y PINDELL, J. Eds. (1988). *Paleogeographic Evolution and Non-glacial Eustasy, northern South America*. SEPM Special Publication.
- DUQUE-CARO, H. (1973). *The geology of the Montería area: Colombian Society of petroleum geologist and geophysicists*. 14th Annual Field Conference. Guidebook. Bogotá, Colombia, pp. 397-431.
- 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. (1990). *The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural tectonostratigraphy and paleogeographical implications*. Journal of South American Earth Sciences, 3 (19), pp. 71-84.
- FLINCH, J. (2003). *Structural Evolution of the Sinú-Lower Magdalena Area (Northern Colombia)*. BARTOLINI, R., BLICKWEDE, J. y BUFFLER, T., Eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. AAPG Memoir 79, pp. 776–796.
- GONZÁLEZ J., MONTILLA M. y REYES, J. (2000). *Regiones Tectono-sedimentarias del Valle Inferior del Magdalena, Colombia*. Memorias VII Simposio Bolivariano de Exploración en Cuencas Subandinas. Sociedad Venezolana de Geólogos, pp. 310-333.
- HERNÁNDEZ, O. (2009). *Cartografía geológica y modelado estructural de las Cuencas de Urabá y Sinú San Jacinto a partir de la interpretación de imágenes de sensores remotos y monitoreo sísmico*. Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-. Bogotá, Colombia.
- HERNÁNDEZ, O. y JARAMILLO, J. (2009). *Reconstrucción de la historia tectónica en los sectores de Luruaco y Cerro Cansona – Cuenca del Sinú-San Jacinto y en el piedemonte occidental de la Serranía del Perijá entre Codazzi y La Jagua Ibirico – Cuenca de Cesar-Ranchería*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- HILTERMAN, F. (2001). *Seismic Amplitude Interpretation, 2001 Distinguished Instructor Short Course*, Distinguished Instructor Series, No. 4, Soc. Expl. Geophys.
- INGEOMINAS. (2007). *Mapa Geológico de Superficie de Colombia, Escala. 1:500.000*.

JIMÉNEZ, D. (2008). *Intención de perforar mediante campaña de pozos someros (tipo “slim hole”) a lo largo de la línea sísmica trasandina*. Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-. Bogotá, Colombia.

REY, A. y RUBIANO, J. (2009). *Estratigrafía Secuencial para el Neógeno Superior en el Suroeste Offshore del Caribe Colombiano*. X Simposio Bolivariano exploración Petrolera en Cuenca Subandinas, Cartagena, Colombia.

SANDWELL, D. y SMITH, W. (1997). *Seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings*: Science, v. 277, pp. 1.957-1.962.

SUÁREZ, L. (2009). *Estudio Geofísico Integrado en la subcuenca de Plato, VIM*. Tesis de MsC.