



INTERPRETACIÓN PROGRAMA SÍSMICO 2D SINÚ SAN JACINTO SUR 2008

Presentado por



Interpretado por Miryam Caro P.

Agosto 31 de 2009

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	PÁG
1. INTRODUCCIÓN	1
2. INFORMACIÓN UTILIZADA	5
2.1 Información sísmica	5
2.2 Información de pozo	6
2.3 Geología de superficie	7
2.4 Gravimetría y magnetometría	9
2.5 Geoquímica de superficie	9
3. INTEGRACIÓN SÍSMICA- CAMPOS POTENCIALES	11
4. GEOLOGÍA	17
4.1 Marco Geológico Regional	19
4.2 Estratigrafía	19
4.2.1 Estratigrafía área San Jacinto Sur	19
4.2.2 Estratigrafía subcuenca San Jorge	21
5. INTERPRETACION SÍSMICA	23
5.1 Interpretación	23
5.1.1 Interpretación interprete, procesador para obtener mejor solución sísmica posible	23
5.1.2 Carga de información sísmica al sistema interactivo Geographix 2007.2.	25
5.1.3 Integración de información de geología de superficie, pozos y datos sísmicos finales	26

	PÁG
5.1.4 Definición de horizontes sísmicos	26
5.2 Modelo sísmico - estructural	27
5.3 Principales fallas o sistemas de fallas	36
5.4 Horizontes cartografiados	37
5.5 Conversión a profundidad	38
6. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	40
7. PROSPECTIVIDAD	42
7.1 Cinturón de San Jacinto Sur	42
7.2 Subcuenca de San Jorge	42
7.3 Riesgo exploratorio	42
7.4 Áreas de interés exploratorio	43
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	51

INDICE DE FIGURAS

	PAG
FIGURA 1. Localización área de estudio	2
FIGURA 2. Mapa con líneas sísmicas y pozos utilizados en el proyecto	6
FIGURA 3. Mapa geológico de ANH (2008)	8
FIGURA 4. Mapa de intensidad magnética	9
FIGURA 5. Superposición geología de superficie con el basamento pre-terciario.	11
FIGURA 6. Perfil gravimétrico - magnetométrico línea ANH-SSSUR-06	13
FIGURA 7. Perfil gravimétrico - magnetométrico línea ANH-SSSUR-04	14
FIGURA 8. Perfil gravimétrico - magnetométrico línea ANH-SSSUR-02	15
FIGURA 9. Perfil gravimétrico - magnetométrico línea ANH-SSSUR-03	16
FIGURA 10. Discordancia mostrando los depósitos de la Fm Ciénaga de Oro sobre las formaciones San Cayetano y Cansona	18
FIGURA 11. Columna estratigráfica de las subcuencas de San Jacinto y San Jorge	22
FIGURA 12. Línea ANH-SSSUR-2008-06 procesada por GEOKINETICS (HOUSTON).	24
FIGURA 13. Línea ANH-SSSUR-2008-06 procesada por PETROSEIS	24
FIGURA 14. Sección sísmica ANH-SSSUR-2008-03	29
FIGURA 15. Sección sísmica ANH-SSSUR-2008-06	30

FIGURA 16. Sección sísmica ANH-SSSUR-2008-04	31
FIGURA 17. Sección sísmica ANH-SSSUR-2008-02	32
FIGURA 18. Sección sísmica CA-1990-1040. Subcuenca de San Jorge	33
FIGURA 19. Sección sísmica CA-1990-1440. Subcuenca de San Jorge	34
FIGURA 20. Sección sísmica CA-1990-1687. Subcuenca de. San Jorge	35
FIGURA 21. Línea ANH-SSSUR-06, PSDM	39
FIGURA 22. Áreas de interés Manso	44
FIGURA 23. Áreas de interés La Vara	45
FIGURA 24. Área de interés Plaza Hormiga	46

INDICE DE TABLAS

	PAG
TABLA 1. Información sísmica utilizada en este proyecto	5
TABLA 2. Lista de pozos disponibles utilizados en el proyecto	7
TABLA 3. Principales características de la roca fuente subcuencas San Jacinto y San Jorge	40

ANEXOS

ANEXO 1. Línea ANH-SSSUR-2008-03

ANEXO 2. Línea ANH-SSSUR-2008-06

ANEXO 3. Línea ANH-SSSUR-2008-04

ANEXO 4. Línea ANH-SSSUR-2008-02

ANEXO 5. Línea L-84-7 interpretada

ANEXO 6. Mapa en tiempo doble al tope del Basamento

ANEXO 7. Mapa en tiempo doble al tope de la Formación Cansona

ANEXO 8. Mapa en tiempo doble al tope de la Formación San Cayetano

ANEXO 9. Mapa en tiempo doble al tope de la Formación Ciénaga de Oro

ANEXO 10. Mapa integrado de leads en tiempo doble al tope de Formación San Cayetano

1. INTRODUCCIÓN

Este reporte presenta los resultados obtenidos de la interpretación de 265 km de sísmica adquirida en 2008 por Geokinetics International Inc. para la AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH). La interpretación sísmica incorpora toda la información geológica y geofísica disponible en el área, incluyendo geología de superficie, datos de pozo, secciones sísmicas próximas, magnetometría, gravimetría y gasometría de superficie.

El proyecto se realiza para la Agencia Nacional de hidrocarburos, mediante contrato de prestación de servicios **II-05- SINÚ SAN JACINTO 2D.ANH Interpretación 004**, con Geokinetics International Inc.

Objetivo

El objetivo principal del proyecto es realizar la interpretación sísmica del programa Sinú San Jacinto Sur – 2008, con el propósito de aumentar el conocimiento del potencial hidrocarburífero en el área Sinú San Jacinto.

Localización

El área de estudio corresponde al sector sur del denominado cinturón de San Jacinto. Limita al oriente con la subcuenca de San Jorge (sistema de fallas de Romeral), al occidente con la subcuenca del Sinú, separadas por la falla San Jacinto - Sinú, al sur con las estribaciones de la serranía de San Jerónimo, en la cordillera Occidental y al norte con inmediaciones de la ciudad de Montería (**Figura 1**).

Metodología

En la interpretación sísmica se integró información de geología de superficie levantada sobre las líneas sísmicas por ANH (2008), cartografía geológica de Ingeominas - Geotec (2003), información de pozos perforados en la subcuenca de San Jorge, sísmica antigua de la subcuenca de San Jorge, mapas de anomalías gravimétricas, magnéticas y geoquímicas, realizadas dentro del mismo proyecto.

La metodología usada en el desarrollo de este proyecto comprende 8 etapas principales:

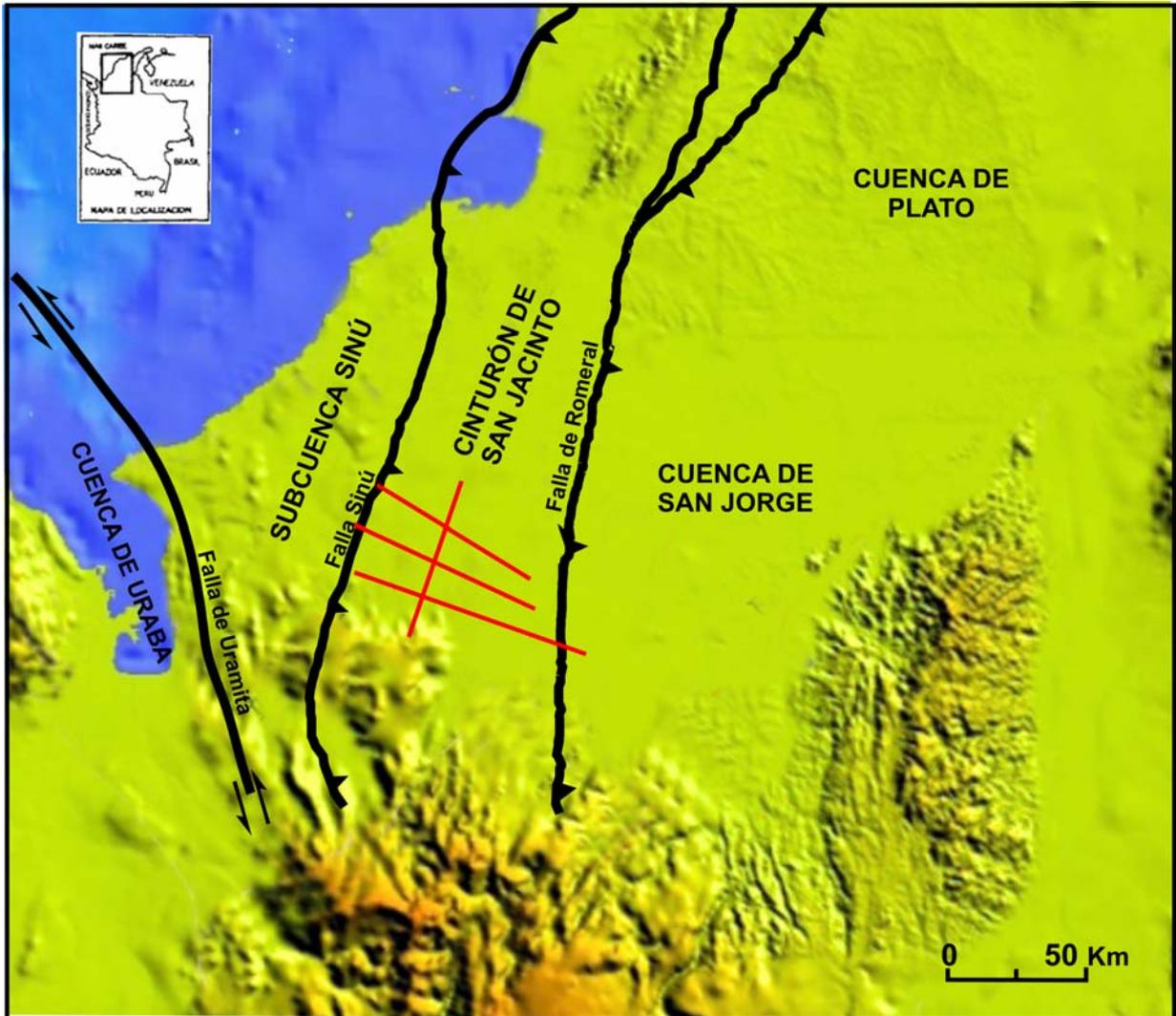


Figura 1. Localización área de estudio. En rojo programa sísmico Sinú - San Jacinto 2D - 2008

1. Compilación y análisis de la información existente
2. Carga de la información sísmica, de pozo y geológica al sistema
3. Integración de información geológica y geofísica
4. Interpretación sísmico-estratigráfica-estructural e integración de información geológico-geofísica,
5. Validación del modelo geológico
6. Mapeo en tiempo doble de los horizontes de interés

7. Identificación de oportunidades exploratorias (áreas de interés prospectivo)
8. Elaboración del Informe final, consignando los principales resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del proyecto

En la fase inicial se recopiló información sísmica, de pozo, de geología de superficie y regional disponible del área, suministrada por la ANH. Posteriormente se cargó el programa sísmico CÓRDOBA - AYAPEL II - 1990, información de pozos cercanos y los mapas geológicos de ANH (2008) e Ingeominas - Geotec (2003) en el sistema Geographix Discovery 2007.2.

Con el propósito de obtener el mejor producto posible, se efectuaron varias reuniones de trabajo multidisciplinario con los procesadores de Petroseis y profesionales de ANH y Geokinetics involucrados en el proyecto.

Una vez recibida la información sísmica PSTM del programa ANH-SSSUR-2008, fue cargada al sistema y se reinició la interpretación. En esta etapa hubo una interacción estrecha y continua entre geología de superficie, datos de pozos e imágenes sísmicas.

En cuanto al procesamiento en profundidad, el área carece de información de subsuelo que aporte datos de velocidad para ajustar el modelo geológico. Por lo tanto, debido a la ausencia de datos no fue posible hacer un amarre sísmica - pozo. Únicamente se hizo control geológico con superficie, utilizando los mapas geológicos disponibles y el control que da la línea de amarre ANH-SSSUR-2008-03.

Se interpretaron las principales fallas, utilizando los nombres consignados en los mapas geológicos, a algunas de ellas se les asignó el nombre de la población o rasgo geográfico más cercano.

En el cinturón de San Jacinto se interpretaron los horizontes correspondientes a los topes de basamento y de las formaciones Cansona, San Cayetano y EL Floral. En la subcuenca de San Jorge se interpretaron los topes del basamento y de las formaciones Ciénaga de Oro y Porquero.

Adicionalmente a la sísmica PSTM, procesada por PETROSEIS, se contó con un procesamiento realizado por GEOKINETICS en Houston, el cual se integró al sistema y proporcionó nuevos detalles en la interpretación, especialmente en los eventos someros.

Una vez ajustado el modelo geológico se hicieron los mapas en tiempo doble de los horizontes correspondientes a los topes de las formaciones Cansona, San Cayetano, Ciénaga de Oro y el tope del basamento.

Debido a que el modelo de velocidades es muy teórico en este sector del cinturón de San Jacinto, para la conversión a profundidad, consideramos conveniente no utilizar el PSDM como base de la interpretación.

Por consiguiente, tomando como base los mapas en tiempo doble y la interpretación sísmica en tiempo, se postulan algunas áreas de interés prospectivo en el cinturón de San Jacinto y en la subcuenca de San Jorge. Estas áreas se proponen a nivel de modelo conceptual o *play concept* de carácter regional, teniendo en cuenta el espaciamiento entre las líneas (12 a 15 km) y su riesgo geológico asociado, el cual se describe en el capítulo de prospectividad.

2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para la interpretación integral del programa sísmico ANH-SSSUR-2008 se utilizó geología de superficie, datos de pozos cercanos, sísmica de la subcuenca de San Jorge adquirida en 1990, datos de gravimetría, magnetometría, geoquímica de superficie y reportes técnicos disponibles del área.

2.1 Información sísmica

La interpretación se hizo en el sistema interactivo Geographix Discovery 2007.2. Se cargó información sísmica de los programas: CÓRDOBA - AYAPEL II 1990, NWCOL-1984-GSI y ANH-SSSUR-2008, **Tabla 1** y **Figura 2**.

SÍSMICA UTILIZADA EN EL PROYECTO		
Programa	Línea	Longitud (km)
ANH - SSSUR - 2008	ANH-SSSUR-2008-02	64,7
	ANH-SSSUR-2008-03	60,8
	ANH-SSSUR-2008-04	72,7
	ANH-SSSUR- 2008-06	88,4
	TOTAL	286,6
CORDOBA - AYAPEL II 1990	CA-1990-1040	44,8
	CA-1990-1260	82,4
	CA-1990-1300	42,9
	CA-1990-1400	44,6
	CA-1990-1440	43,0
	CA-1990-1470	51,4
	CA-1990-1620	33,9
	CA-1990-1687	30,0
	TOTAL	373,0
NWCOL-84-GSI	L-1984-07	63,0
	TOTAL	63,0
TOTAL		722,6

Tabla 1. Información sísmica utilizada en este proyecto

2.2 Información de pozo

En el área de estudio, San Jacinto Sur, no se ha perforado pozo alguno. Se contó con información incompleta de 6 pozos en la subcuenca de San Jorge y 2 en la subcuenca del Sinú (**Tabla 2** y **Figura 2**). Los pozos Bolívar South (subcuenca de San Jorge) perforados en 1957 por Richmond, son muy someros y cuentan con muy poca información.

El pozo Puerta Negra 1, perforado por Ecopetrol en 1991, es el único que cuenta con registro de velocidad e informe final de pozo.

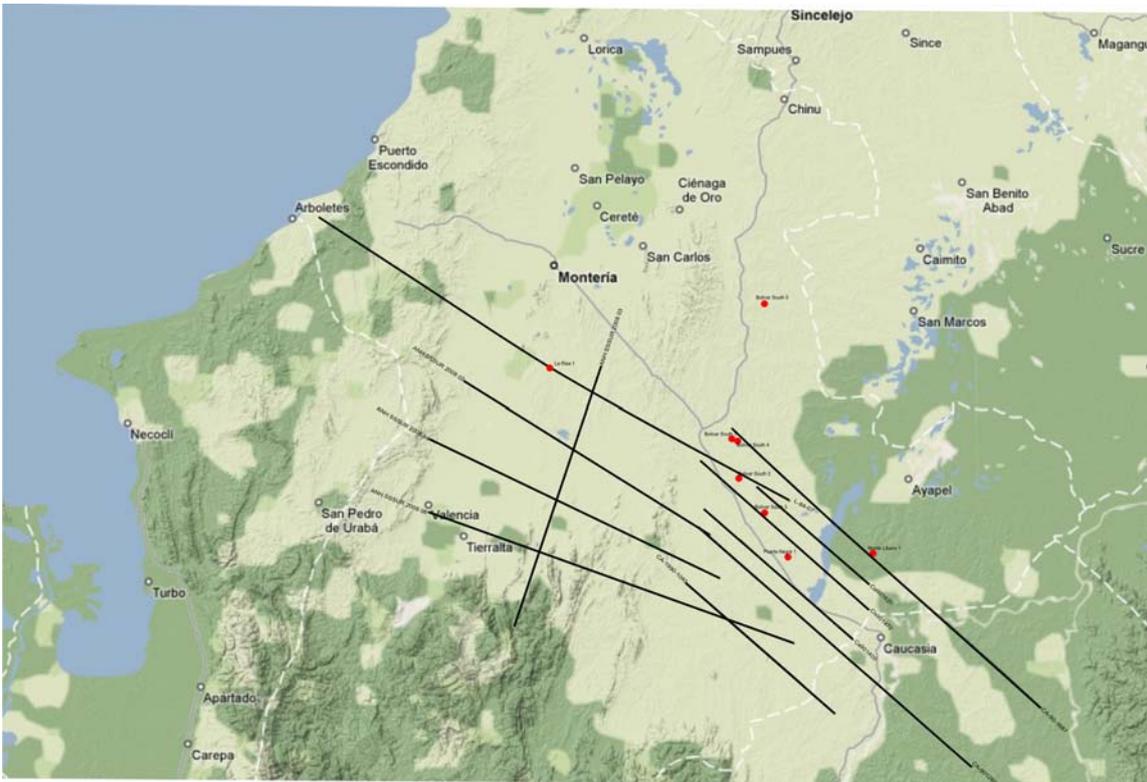


Figura 2. Mapa con líneas sísmicas y pozos utilizados en el proyecto.

Información Pozos disponibles para el Proyecto							
POZOS	TOPES	GRAFICO COMPUESTO	REGISTRO .LAS	IMÁGENES REGISTRO	REGISTRO DE VELOCIDAD	HISTORIA DE POZO	UTILIZADO
Bolívar South 1	No	No	Si	Si	No	No	Si
Bolívar South 2	No	No	Si	Si	No	No	Si
Bolívar South 3	No	No	Si	Si	No	No	Si
Bolívar South 4	No	No	Si	Si	No	No	Si
Bolívar South 5	No	No	Si	Si	No	No	No
Bolívar South 6	No	No	Si	Si	No	No	Si
La Risa - 1	Si	No	Si	Si	No	No	Si
Puerta Negra 1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Río Nuevo 1	No	No	No	No	No	No	No

Tabla 2. Lista de pozos disponibles utilizados en este proyecto

2.3. Geología de superficie

Para el amarre de la información sísmica se utilizó, en el sector sur la cartografía geológica de ANH (2008), levantada a lo largo de las líneas del programa sísmico ANH-SSSUR-2008 y en el sector norte el mapa geológico de Ingeominas - Geotec (2003). Los dos mapas fueron georeferenciados y cargados al sistema. La **Figura 3** muestra la localización de las secciones sísmicas interpretadas en el mapa geológico de ANH (2008).

2.4 Gravimetría y Magnetometría

Como parte del mismo proyecto, la ANH contrató la adquisición, procesamiento e interpretación de gravimetría y magnetometría terrestres, realizada por GEODESIA por Satélite de Colombia Ltda. Esta adquisición terrestre fue integrada con gravimetría y magnetometría aerotransportada, levantada por Carson Helicopters.

Con base en la mencionada información se interpretaron altos de basamento y depocentros principales. En el sector oriental se observa una anomalía magnética rectilínea que muestra el contraste entre dos tipos diferentes de basamento, uno de tipo continental al oriente, y otro de tipo oceánico al occidente de la sutura o sistema de fallas de Romeral (**Figura 4**).

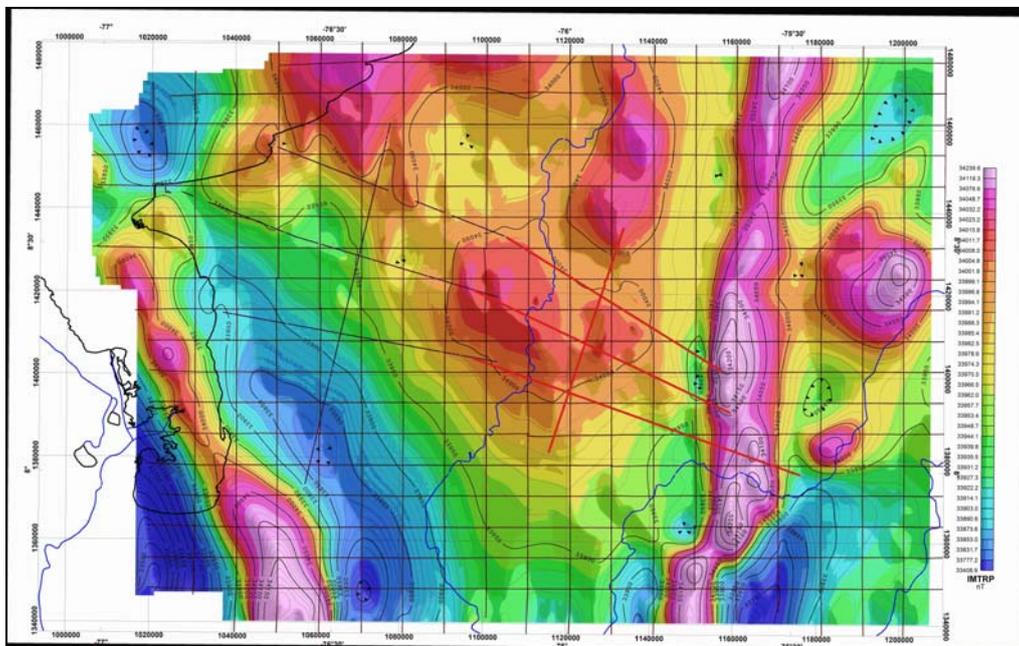


Figura 4. Mapa de intensidad magnética reducida al polo (IMTRP), datos aéreos y terrestres, escala 1:250.000. Nótese el lineamiento en la parte oriental del programa sísmico ANH-SSSUR-2008. Tomada de ANH-GEOKINETICS-GEODESIA, 2009.

2.5 Geoquímica de Superficie

Sobre el programa sísmico ANH-SSSUR-2008, la compañía HGA LTDA efectuó un estudio de gasometría de superficie. En total se detectaron 15 anomalías pequeñas de las cuales 4 pertenecen a la subcuenca del Sinú, 2 a la de San Jorge y las 9 restantes al cinturón de San Jacinto (HGA LTDA, 2009).

En general, las anomalías geoquímicas observadas corresponden con el trazado, tanto de fallas observadas en superficie como de fallas interpretadas en secciones sísmicas, demostrando escape de gas a través de las fracturas.

Con los datos obtenidos no se puede determinar con certeza la generación de suficientes cantidades de gas. Cabe anotar que en los sectores donde la roca generadora (Formación Cansona) no aflora, está muy cercana a la superficie.

3. INTEGRACIÓN SÍSMICA - CAMPOS POTENCIALES

Con el propósito de establecer con mayor exactitud la posición y geometría del basamento, se integraron a la interpretación sísmica los mapas de Anomalía *Bouguer*, Intensidad Magnética Total (IMT) e Intensidad Magnética Total Reducida al Polo (IMTRP) elaborados por ANH - GEOKINETICS - GEODESIA (2009).

La **Figura 5** muestra la superposición del mapa geológico sobre el mapa del tope del basamento Pre-Terciario hecho por GEODESIA (2009) para la ANH. Obsérvese los colores rosados en la parte occidental de las líneas ANH-SSUR-06 y 04, mostrando el posible tope del basamento muy cercano a superficie.

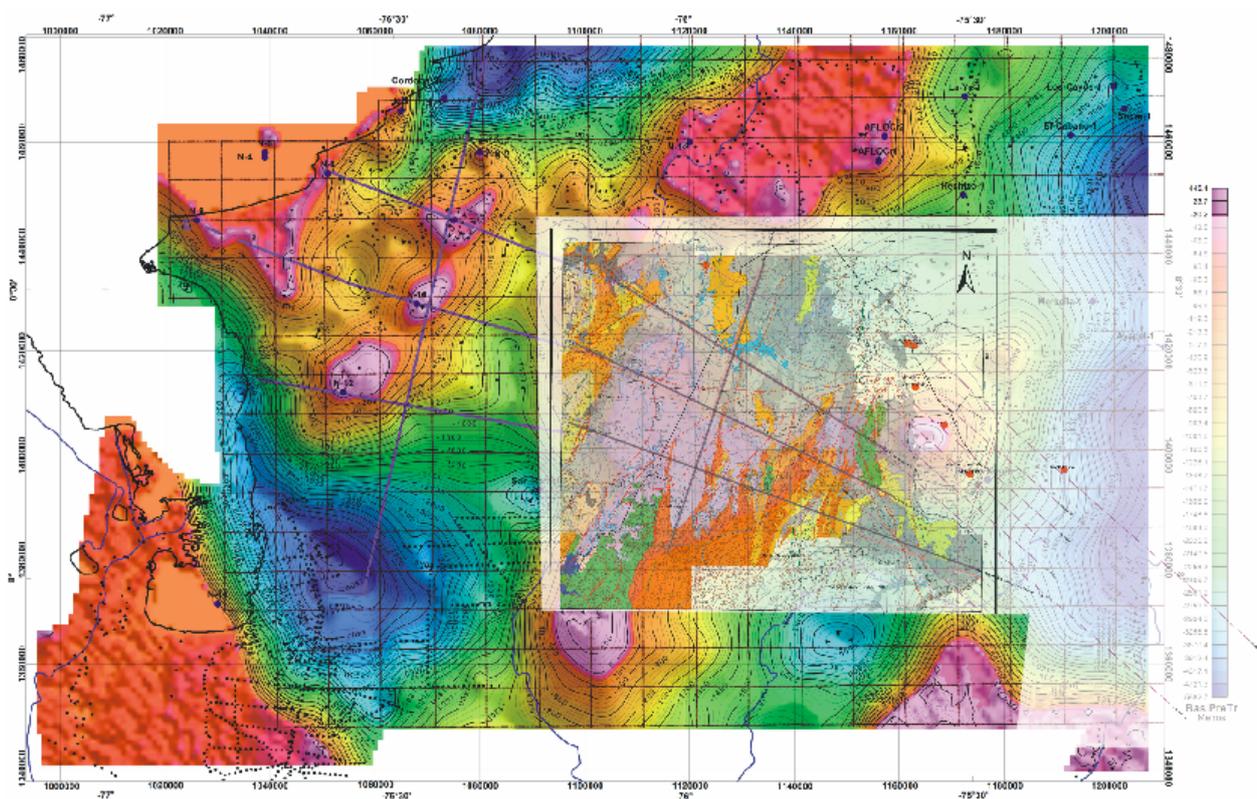


Figura 5. Mapa de superposición de la geología de superficie sobre el mapa del tope del basamento Pre-Terciario. Tomado de ANH-GEOKINETICS-GEODESIA, 2009 y ANH, 2008.

Con base en datos de gravimetría y magnetometría terrestres, adquiridos sobre las líneas del programa sísmico ANH-SSUR-2008, se hicieron perfiles gravimétricos y magnéticos, que se integraron con la interpretación sísmica y geológica del área.

Las **Figuras 6, 7, 8 y 9** muestran la correlación entre los perfiles gravimétricos y magnéticos de las líneas ANH-SSSUR-2008-06, ANH-SSSUR-2008-02 y ANH-SSSUR-2008-03 respectivamente.

Figura 6. Perfil de gravimetría y magnetometría con la interpretación sísmica de la línea ANH-SSSUR-2008-06. Perfil magnético y de gravimetría tomado de ANH-GEOKINETICS-GEODESIA por Satélite de Colombia Ltda (2009).

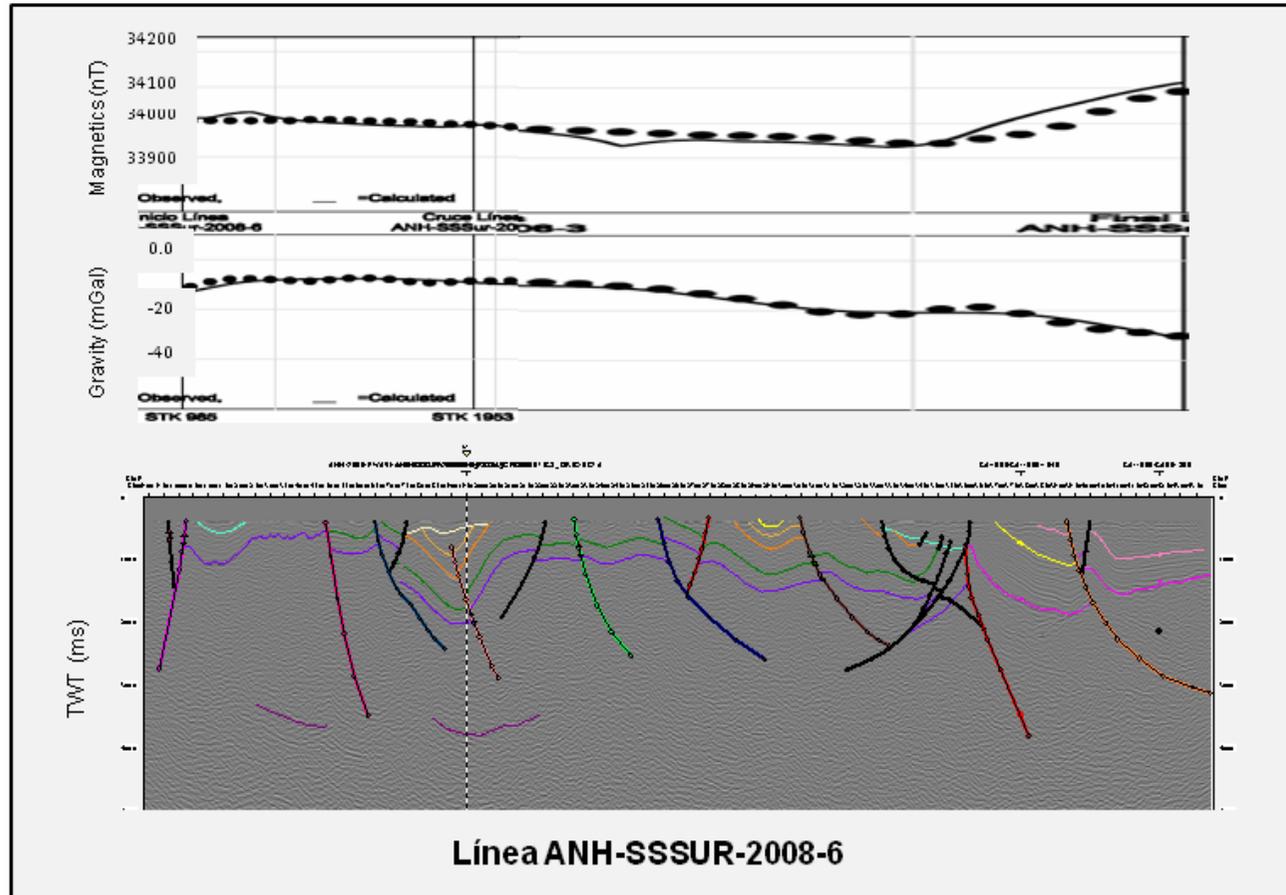


Figura 7. Perfil de gravimetría y magnetometría con la interpretación sísmica de la línea ANH-SSSUR-2008-04. Perfil magnético y de gravimetría tomado de ANH - Geokinetics - Geodesia por Satélite de Colombia Ltda. (2009).

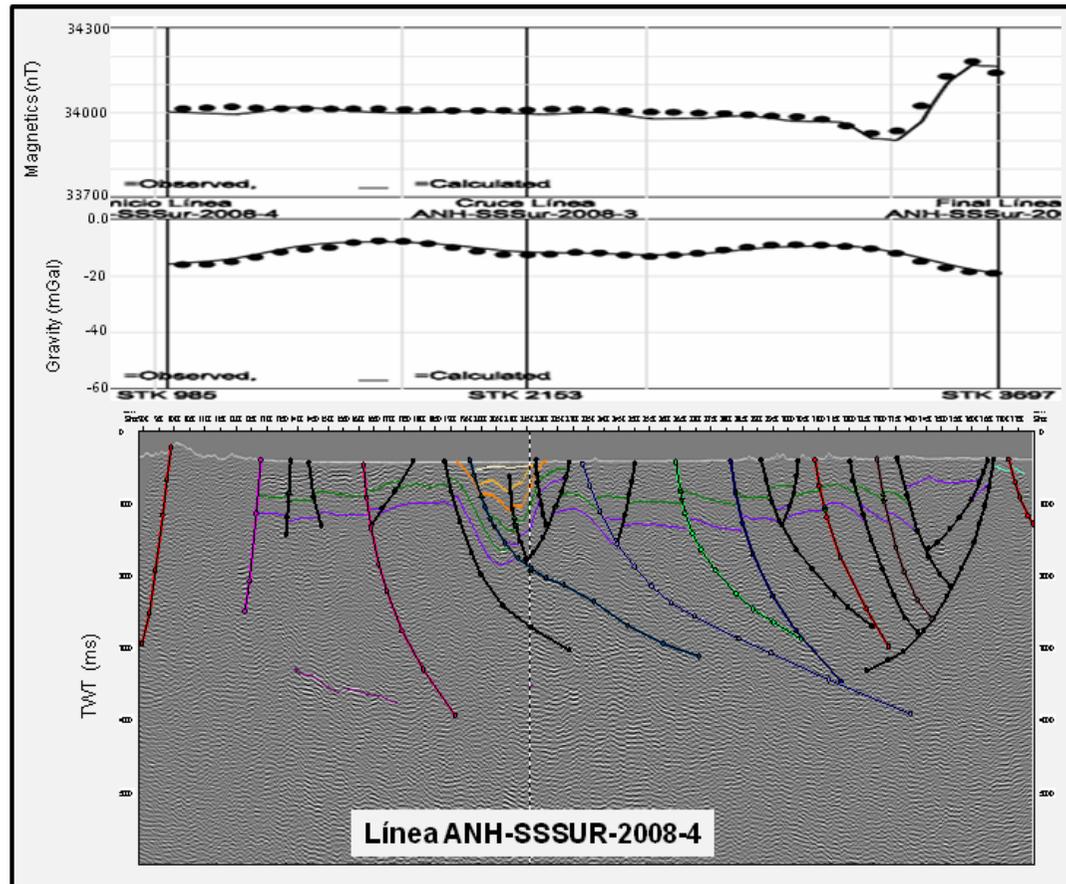


Figura 8. Perfil de gravimetría y magnetometría con la interpretación sísmica de la línea **ANH-SSSUR-2008-02**. Nótese como la anomalía de la derecha muestra claramente el basamento oceánico que aflora en superficie (color púrpura). Perfil magnético y de gravimetría tomado de ANH - GEOKINETICS - GEODESIA por satélite de Colombia Ltda. (2009).

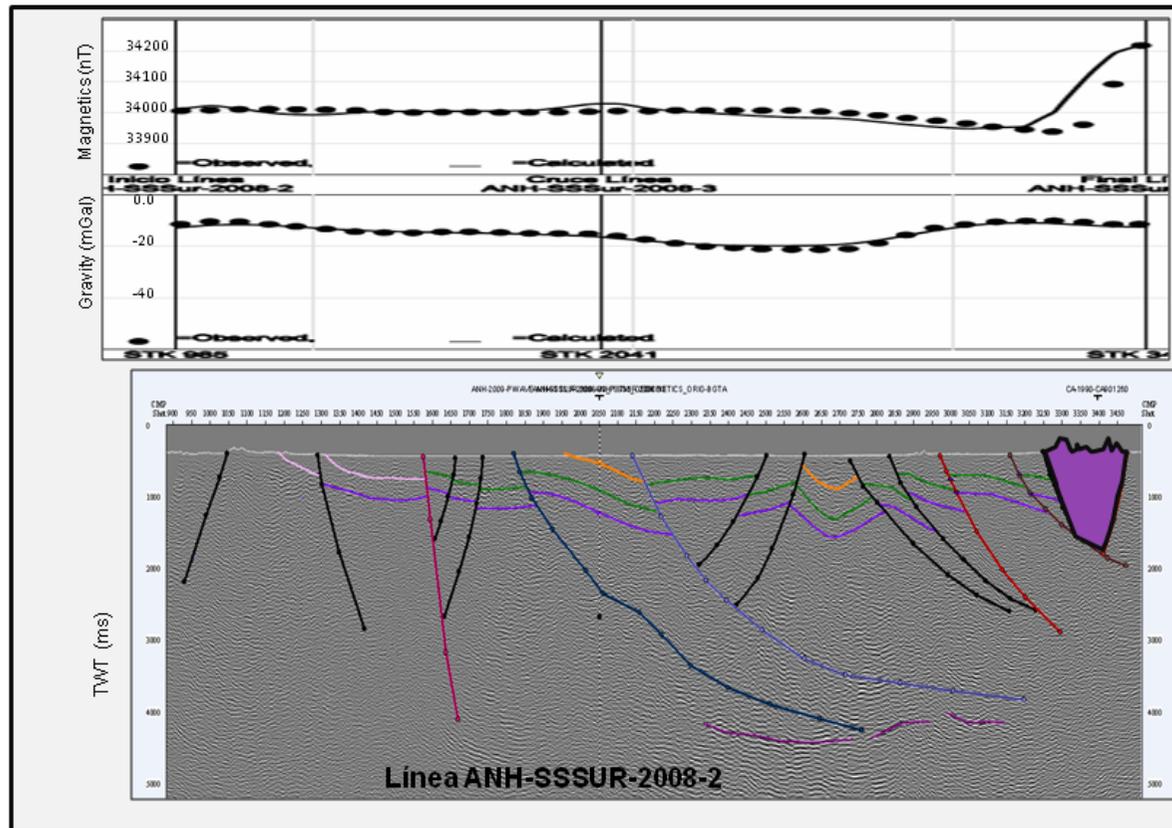
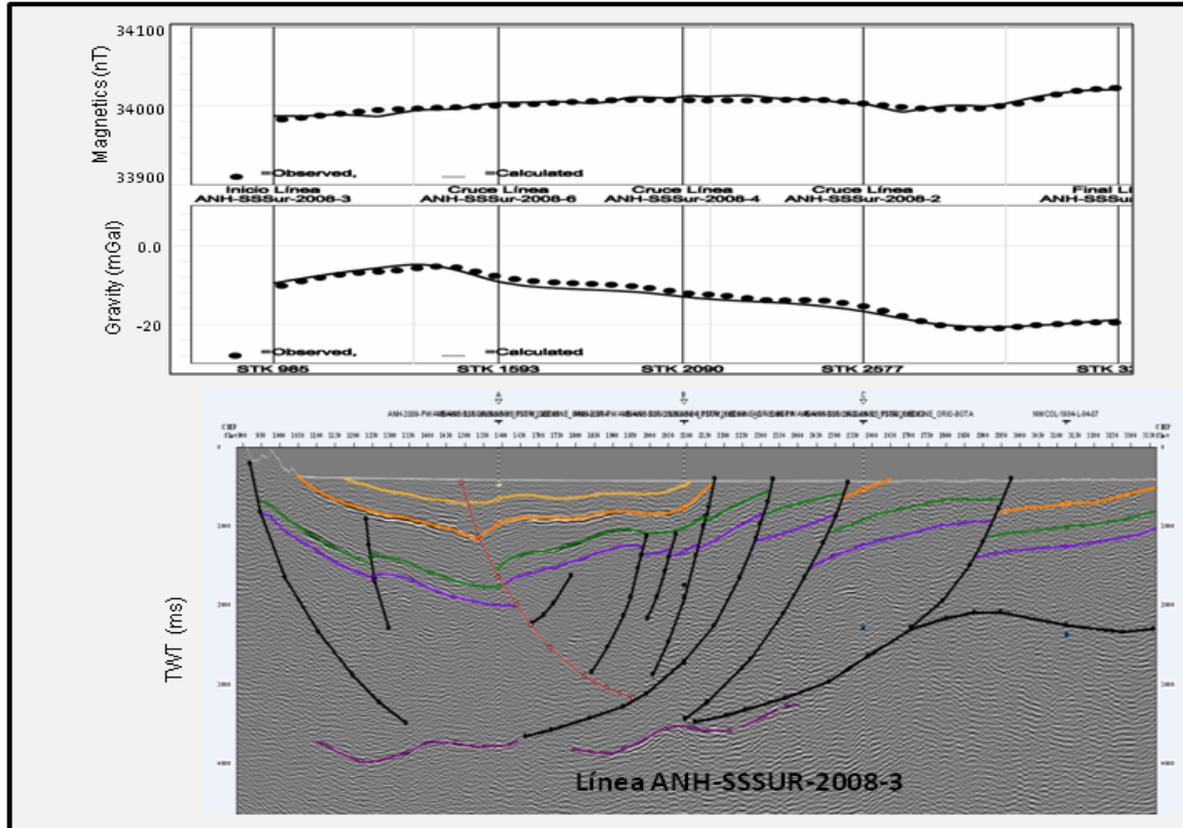


Figura 9. Perfil de gravimetría y magnetometría con la interpretación sísmica de la línea ANH-SSSUR-2008-03, en la dirección del rumbo. Los cambios en esta dirección son menos drásticos. Perfil magnético y de gravimetría tomado de ANH-GEOKINETICS-GEODESIA (2009).



4. GEOLOGÍA

4.1 Marco Geológico Regional

La región está tectónicamente controlada por la interacción de las placas Caribe, Sur Americana y Cocos - Nazca, las cuales interactúan entre si de alguna forma, afectando la tectónica de la mayor parte del NW de Colombia.

El área de estudio corresponde a la parte sur del cinturón plegado de San Jacinto, en una zona de convergencia entre corteza oceánica y continental, donde probablemente existen parches provenientes de ambos tipos de basamento, formando una zona de mélange o sutura.

Esta parte del cinturón, al parecer ha permanecido como un paleoalto, efectivo desde el Eoceno Inferior a Medio ? con algunas reactivaciones. En el cinturón de San Jacinto se han registrado levantamientos en el Paleoceno Tardío?, Eoceno Tardío - Oligoceno, Eoceno Medio y Plio-Pleistoceno.

Esta interpretación está soportada en el registro estratigráfico del área, ya que sobre la Formación San Cayetano de edad Paleoceno Tardío - Eoceno Temprano reposa discordantemente la formación El Floral de edad Oligoceno y sobre ésta yace discordantemente, en algunos sectores, los sedimentos de la Formación El Cerrito y/o depósitos aluviales y terrazas del Cuaternario.

Es de anotar, que tanto desde el punto de vista estructural como estratigráfico el sector sur (objeto de este estudio) es diferente al sector norte del cinturón de San Jacinto. En el sector sur no se han reportado hasta el momento las formaciones Maco, Chengue y Tolú Viejo del Eoceno Medio, ni la Formación San Jacinto del Eoceno Superior.

Para el sector sur del cinturón de San Jacinto se postula brevemente la siguiente evolución:

1. Durante el Cretácico Superior (Campaniano - Maastrichtiano) se depositó la Formación Cansona en un ambiente marino, discordantemente sobre el basamento oceánico.

2. Durante el Paleoceno Tardío - Eoceno Temprano se deposita la Formación San Cayetano.
3. El Eoceno Medio a Tardío? corresponde a un periodo de levantamiento y erosión, primera inversión tectónica evidente en el cinturón de San Jacinto. Simultáneamente con la compresión en San Jacinto ocurre extensión en San Jorge (al oriente), generando una cuenca intra - cratónica que empieza su llenado con los depósitos de la formación Ciénaga de Oro, los cuales se extienden hacia la borde oriental de la subcuenca de San Jacinto. Las facies en el cinturón de San Jacinto son mucho más finas y se han denominado Formación El Floral, aparentemente coetánea con la Formación Ciénaga de Oro. La **Figura 10** muestra como la formación Ciénaga de Oro se deposita discordantemente sobre los sedimentos plegados de las formaciones Cansona y San Cayetano.

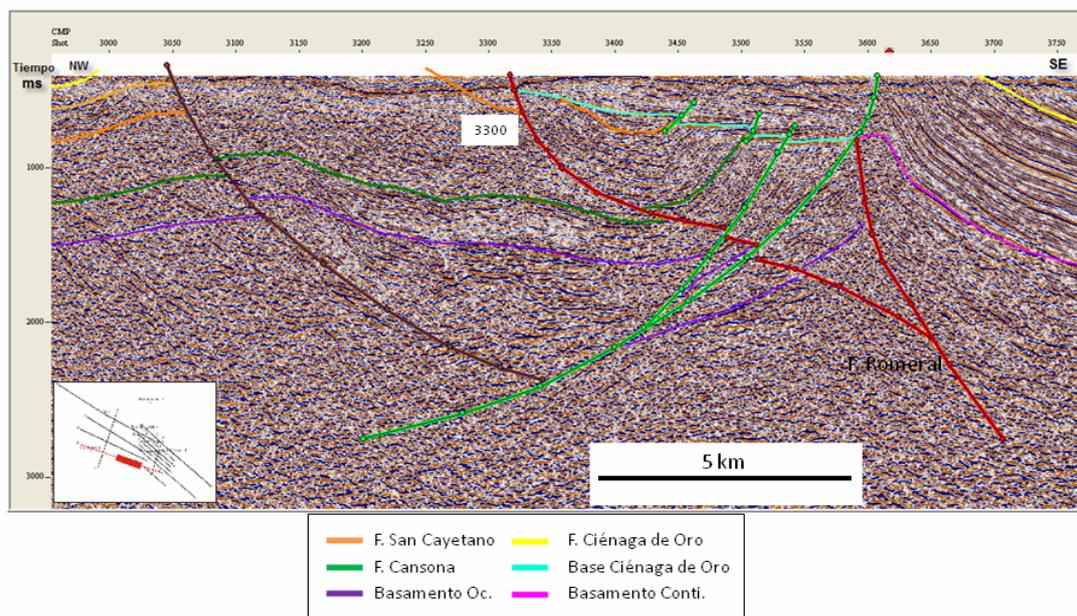


Figura 10. Discordancia mostrando los depósitos de la Formación Ciénaga de Oro sobre sedimentos plegados de las Formaciones San Cayetano y Cansona. En azul la base de la Formación Ciénaga de Oro, naranja tope de San Cayetano.

4. Durante el Mioceno Inferior a Medio no se registra sedimentación en este sector del cinturón de San Jacinto. Sobre la Formación El Floral se deposita discordantemente la Formación El Cerrito.

Como se puede deducir del registro estratigráfico, el cinturón de San Jacinto ha estado sometido a múltiples episodios de levantamiento y deformación, haciendo compleja su estructuración y en consecuencia se ve afectada la resolución sísmica.

4.2 ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio corresponde al sector sur del cinturón de San Jacinto. Sin embargo, los extremos de las líneas sísmicas llegan a la subcuenca del Sinú al occidente y a la de San Jorge al oriente. Adicionalmente se interpretó el programa sísmico CÓRDOBA - AYAPEL II - 1990, localizado casi en su totalidad en la subcuenca de San Jorge. Por lo tanto, se describe la estratigrafía general de las subcuencas de San Jacinto y San Jorge (**Figura 11**).

La nomenclatura estratigráfica adoptada para este proyecto proviene de la literatura existente y de la geología de superficie ANH (2008), INGEOMINAS - GEOTEC (2003) y Guzmán *et al.*, (2004). Para el área del Sinú se tomó la columna estratigráfica de ANH - GEOKINETICS (2008), usada en la interpretación de la subcuenca Sinú Sur.

4.2.1 Área San Jacinto Sur

Basamento

En general, se presentan dos tipos de basamento, uno al occidente de la falla o sutura de Romeral, de tipo oceánico y otro de tipo continental al oriente de dicha sutura. El oceánico se compone de basaltos, peridotitas, gabros, diabasas (Dueñas y Duque - Caro, 1981). El basamento de tipo continental subyace la subcuenca de San Jorge y se compone de granitos, granodioritas, cuarzodioritas, esquistos, filitas y cuarcitas (Ecopetrol, 1991).

Peridotitas de Planeta Rica (Santoniano)

Corresponden a una serie de rocas que afloran al sur occidente del municipio de Planeta Rica (Guzmán *et al.*, 2004) que Dueñas y Duque-Caro (1981) describieron como peridotitas asociadas localmente a serpentinitas y gabros. Se les asigna edad Santoniano por estar infrayaciendo las sedimentitas de la Formación Cansona de edad Cenomaniano-Maastrichtiano.

Basaltos de Nuevo Paraíso

Basaltos andesíticos con textura porfírica, localmente asociados con diabasas. Afloran en cercanías a la población de Nuevo Paraíso, en el Departamento de Córdoba (*Dueñas y Duque-Caro, 1981*).

Formación Cansona (Campaniano - Maastrichtiano)

Compuesta principalmente por limolitas silíceas interestratificadas con chert de varios colores y arcillolitas físciles. Al oriente del área se presentan capas gruesas de arenitas intercaladas con limolitas oscuras, chert negro, flujos basálticos y niveles de brechas sedimentarias. Ocasionalmente se encuentran calizas grises y conglomerados matriz soportados, con fragmentos de rocas volcánicas de composición básica a intermedia. Se presentan silos de basaltos porfíricos cloritizados (*Guzmán et al., 2004*).

Formación San Cayetano (Paleoceno Tardío - Eoceno Temprano)

Constituida, en la base por una secuencia granodecreciente de arenitas conglomeráticas, a arenitas y lutitas, suprayacida por una secuencia rítmica de arenitas finogranulares y lutitas. ANH (2008) la divide en dos unidades, San Cayetano Inferior y San Cayetano Superior. La parte inferior corresponde a las secuencias más gruesas: arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas y la superior a las secuencias finas: arenitas de grano fino a medio interestratificadas con lodolitas.

Formación El Floral (Oligoceno)

Conformada por una secuencia de arcillolitas y lodolitas. Hacia la base se presentan intercalaciones de arenitas de grano fino a medio. Esta unidad está restringida a la parte sur oriental del cinturón plegado de San Jacinto.

Formación El Cerrito (Mioceno Medio - Mioceno Superior)

Hacia la base está compuesta por una alternancia de lutitas y arenitas finogranulares. En la parte media se compone de intercalaciones de arcillolitas con capas medianas de arenitas de grano fino con cemento calcáreo, localmente lumaquélicas. La parte superior consta de arcillolitas con intercalaciones de areniscas y algunos niveles de

turba. Al techo se presentan areniscas de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas con estratificación cruzada.

4.2.2 Subcuenca San Jorge

En la **Figura 11** se muestra la columna estratigráfica de San Jorge para esta área, la cual fue tomada de Ecopetrol, 1991.

Basamento

El basamento perforado por algunos pozos en esta Subcuenca (Coral-9, Ayapel-1, Puerta Negra-1) corresponde a rocas intrusivas, extrusivas de composición intermedia y rocas metamórficas, así como granito muscovítico, granodioritas, cuarzodioritas, esquistos, filitas verdes y cuarcitas (Ecopetrol, 1991).

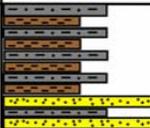
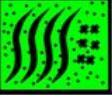
Formación Ciénaga de Oro (Oligoceno)

Constituida principalmente por arenitas de grano fino a conglomeráticas con intercalaciones de limolitas bioperturbadas, shales calcáreos, shales carbonosos y localmente mantos de carbón (Ecopetrol, 1991).

Formación Porquero (Mioceno Temprano – Mioceno Medio)

Secuencia finogranular, conformada por arcillolitas y limolitas con intercalaciones de arenitas de grano fino, ligeramente calcáreas.

Figura 11. Columna estratigráfica de las subcuencas de San Jacinto y San Jorge. La columna de San Jorge es modificada de ECOPETROL 1991.

			Cinturón de San Jacinto Sur				Subcuenca San Jorge				
Tiempo			Formación	Espesor (m)	Litología	Descripción litológica	Formación	Litología	Espesor (m)	Descripción litológica	
Periodo	Época										
Cuaternario	Holoceno						Depósitos aluviales y terrazas recientes				
	Pleistoceno										
NEÓGENO	Plioceno	T	El Cerrito	300-800		Intercalaciones de arcillolitas y areniscas	Corpa		600	Arcillolitas grises y limolitas intercaladas con niveles de areniscas	
		Tm					Tubará		1000	Arcillolitas con abundantes intercalaciones de arenisca	
	Mioceno	T									
		M									
		Tm									
	PALEÓGENO	Oligoceno	T	El Floral	400		Arcillolitas y lodolitas. Hacia la base areniscas de grano fino	Ciénaga de Oro		850	Areniscas cuarzosas localmente conglomeráticas, intercalaciones de arcillolitas ligeramente calcáreas. Shales calcáreos y carbón.
			M								
Eoceno		T									
		M									
		Tm									
Paleoceno			San Cayetano	600-1200		Secuencia de areniscas conglomeráticas a areniscas de grano fino, intercaladas con lodolitas					
Cretáceo		Superior		Cansona	100-600		Limolitas silíceas con chert, calizas, arcillolitas y areniscas de grano fino	Basamento continental			Granito muscovítico, esquistos, cuarcitas y cuazodioritas
				Basaltos Nuevo Paraiso							
			Peridotitas Planeta Rica			Basamento oceánico					

5. INTERPRETACIÓN SÍSMICA

Se interpretaron aproximadamente 700 Km de información sísmica 2D, de los cuales 290 km corresponden al programa sísmico ANH-SSSUR-2008, adquirido por la compañía GEOKINETICS y procesado por PETROSEIS, con procesamiento PSTM y PSDM. El resto corresponde a una línea del programa NWCOL-1984-GSI, ubicada al norte del área y al programa, CÓRDOBA - AYAPEL II - 1990 ubicado, en la parte oriental, en la subcuenca de San Jorge.

5.1 Interpretación

La interpretación se realizó en el programa GEOGRAPHIX Discovery 2007.2 y se siguió la siguiente metodología:

- Integración continua intérprete - procesador evaluando las múltiples actividades de procesamiento para obtener la mejor y más confiable imagen
- Carga de información sísmica de los programas antiguos, geología de superficie y pozos disponibles.
- Se realizó un ajuste estático tomando como referencia el programa ANH-SSSUR-2008 (Datum 0 m.s.n.m y velocidad de corrección 2500 m/s). En los programas CA-1990 y NWCOL-1984 (Línea L 84 07) se aplicó una corrección de +250 m.s.
- Interpretación de fallas y horizontes sobre la información cargada inicialmente
- Carga de la información sísmica final PSTM (PETROSEIS Y GEOKINETICS - HOUSTON) y PSDM al sistema
- Definición y selección de horizontes sísmicos - topes formacionales o límites de secuencias a interpretar en la sísmica nueva
- Elaboración del modelo sísmico estructural (fallas, horizontes).
- Mapeo en tiempo a partir de la información sísmica PSTM procesada por PETROSEIS Y GEOKINETICS
- Identificación y evaluación de áreas de interés exploratorio.

5.1.1 Integración intérprete - procesador para obtener la mejor solución sísmica posible

Petroseis procesó la información sísmica registrada con base en secuencias sísmicas especializadas PSTM (migración preapilado en tiempo) y PSDM (migración preapilado en profundidad). Un segundo procesamiento PSTM fue realizado en el centro de

procesamiento de GEOKINETICS en Houston (USA). Una comparación entre la resolución sísmica de los procesamientos realizados por GEOKINETICS y PETROSEIS, se presentan en las **Figuras 12 y 13** respectivamente.

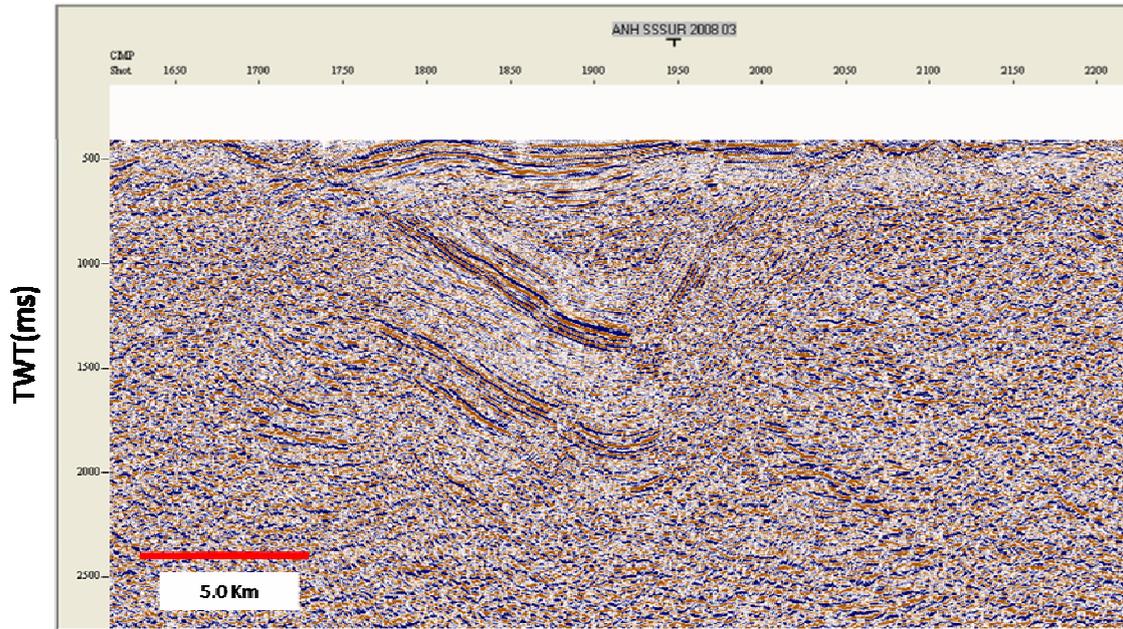


Figura 12. Línea ANH-SSSUR-2008-06 procesado por GEOKINETICS (Houston)

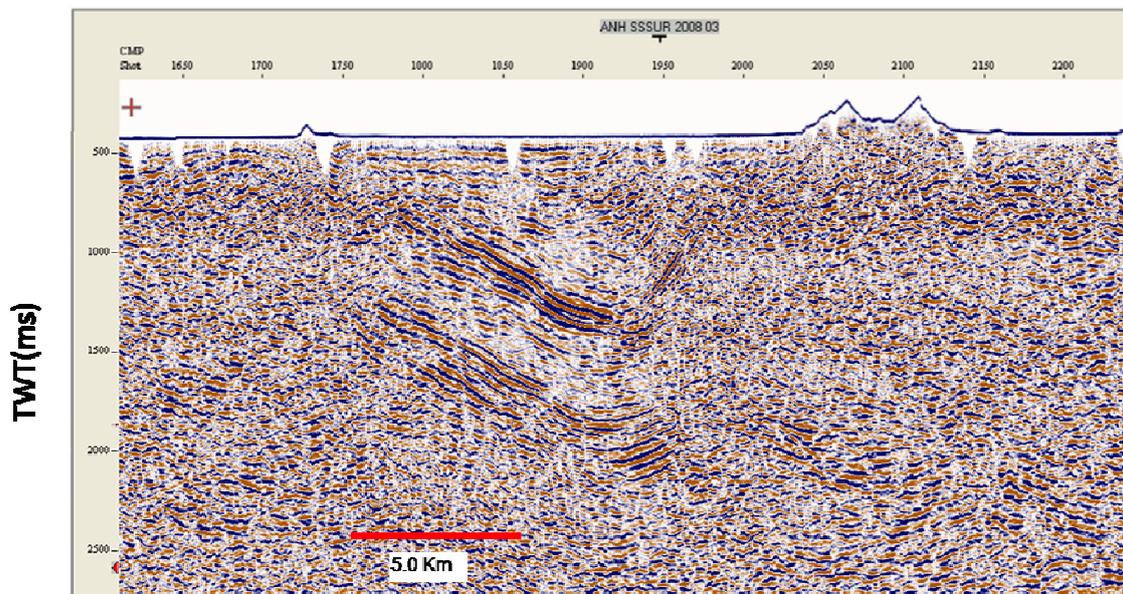


Figura 13. Línea ANH-SSSUR-2008-06 procesada por PETROSEIS. Nótese la diferencia en resolución, especialmente en los eventos someros en la parte superior del sinclinal, con respecto a la **Figura 12**.

El procesamiento de GEOKINETICS muestra mejor resolución de eventos superficiales. En algunas secciones este procesamiento facilitó el trazo de fallas.

Se realizaron reuniones técnicas interprete -. procesador, para evaluar la calidad de los datos registrados en campo. La geología de superficie fue proyectada sobre las primeras secciones apiladas identificando:

- Principales rasgos estructurales - estratigráficos y su geometría en profundidad.
- Áreas de mayor o menor definición sísmica y problemas a resolver.
- Análisis de la posible relación de la calidad de los datos sísmicos con la complejidad estructural.
- Estilos estructurales y posibles trampas de interés prospectivo.
- Revisión de parámetros de adquisición para objetivos exploratorios. específicos en la Subcuenca de San Jacinto.

5.1.2 Carga de información sísmica al sistema interactivo Geographix Discovery 2007.2

Las principales actividades realizadas en esta macro - actividad son:

- Creación de un proyecto para la carga de información.
- Lectura, revisión y edición de parámetros de carga de cada línea, incluidos en el formato SEG Y, Coordenadas X, Y, referencia de los puntos de disparo, relación SP - CDP (Punto Común en Profundidad).
- Creación de archivos 2DS (formato Seisvisión de Geographix) a partir del SEG Y respectivo.
- Correcta asignación de cada formato 2DS, con su respectivo archivo topográfico (UKOOA).
- Revisión de coordenadas y orientación de cada línea a interpretar.
- Comparación entre archivos 2DS e imágenes digitales, revisando tiempos de eventos principales y nivel de referencia.

5.1.3 Integración de información de geología de superficie, pozos y datos sísmicos finales

Se cargó en el sistema toda la información geológica y geofísica digital adquirida para el proyecto San Jacinto 2008, pozos exploratorios perforados en el área o cercanos, diferentes y dos versiones de cartografía geológica de superficie: ANH (2008) e INGEOMINAS - GEOTEC (2003), previamente geo-referenciados.

Se encontraron algunas incompatibilidades entre los datos de superficie y subsuelo, relacionados principalmente con: fallas no evidentes en la sísmica, fallas identificadas en subsuelo y no reconocidas en superficie, vergencia de fallas y correlación entre ellas.

En sectores cubiertos por depósitos recientes, la información sísmica permitió una más confiable correlación de eventos estructurales: fallas y pliegues.

El diseño semiregional del programa sísmico, con un espaciamiento de 10 a 12 Km entre líneas de buzamiento y una sola línea de amarre, dificulta una correlación confiable de rasgos geológicos entre líneas sísmicas.

5.1.4 Definición horizontes sísmicos - unidades estratigráficas

Hasta el momento, no se ha realizado perforación exploratoria en el área de estudio (subcuenca de San Jacinto). Por lo tanto, la calibración sísmica se realizó con la geología de superficie ANH (2008) e INGEOMINAS - GEOTEC (2003), seleccionando e integrando datos compatibles con la información sísmica final.

La subcuenca de San Jacinto Sur no presenta un gran espesor de cobertera sedimentaria de sedimentos, por lo tanto no se reconocen todas las unidades formacionales definidas en la parte norte.

Los términos estratigráficos cartografiados y descritos corresponden para el cinturón de San Jacinto, al basamento Oceánico, y a las sedimentitas del Cretáceo Tardío (Fm Cansona), Paleogéno (formaciones San Cayetano y El Floral) y discordancia Plioceno - Pleistoceno y para la subcuenca de San Jorge al basamento continental y formaciones Ciénaga de Oro y Porquero.

Las unidades estratigráficas definidas se interpretaron en todas las líneas sísmicas, aún en sectores de baja definición, lo cual permitió crear un modelo geológico coherente para este sector de la subcuenca de San Jacinto.

Se evaluó la información de los Pozos Puerta Negra-1 y los Bolívar South-1 a 6, pertenecientes a la subcuenca de San Jorge. Estos últimos fueron perforados en 1957 con base en información geológica de superficie, alcanzando profundidades hasta 2.200 pies.

5.2 Modelo sísmico - estructural

Las **Figuras 14, 15, 16 y 17** y los **Anexos 1, 2, 3 y 4** sintetizan los principales rasgos estructurales reconocidos en superficie y subsuelo e interpretados en las líneas PSTM: ANH-SSSUR-03, ANH-SSSUR-06, ANH-SSSUR-04 y ANH-SSSUR-02 respectivamente. **El Anexo 5** presenta la interpretación de la línea L-84-7, la más norte de área. También se incluye una idea preliminar de las posibles trampas estructurales de interés prospectivo para hidrocarburos en el área.

El área de San Jacinto presenta principalmente un sistema imbricado de fallas inversas de alto ángulo con vergencia al oeste, que converge en profundidad a una zona de despegue profunda. Asociado con esta tectónica se desarrollan pliegues anticlinales que involucran las formaciones San Cayetano y Cansona.

Adicionalmente se presentan fallas de retrocabalgamiento, asociadas a las fallas anteriores, fallas de rumbo, fallas inversas que involucran basamento con vergencia al oeste y fallas normales e inversas en la subcuenca de San Jorge.

El rasgo estructural más sobresaliente del área de estudio es el sinclinal de Manso que aflora al sur del área, sobre la línea de rumbo. Tiene 28 km de largo, entre 5 y 7 km de ancho (más ancho al sur) y su eje tiene dirección N 20° E. Este sinclinal se define muy bien en la línea ANH-SSSUR-2008-03 (**Figura 14**).

Es un sinclinal asimétrico, con su flanco oriental más pendiente. Su núcleo está afectado por una falla inversa con componente de rumbo, y se encuentra cubierto probablemente por rocas de la Formación El Cerrito, la cual reposa discordantemente sobre la Formación El Floral.

Adicionalmente se interpretó el programa CÓRDOBA-AYAPEL II -1990, adquirido en la subcuena de San Jorge. Se interpretaron los topes de las formaciones: Ciénaga de Oro, Porquero y el tope del basamento. Las **Figuras 18, 19 y 20** muestran parte de dicha interpretación de las líneas CA-1990-1040, CA-1990-1440 y CA-1990-1687 respectivamente.

Figura 14. Interpretación sección sísmica PSTM, ANH-SSSUR-2008-03

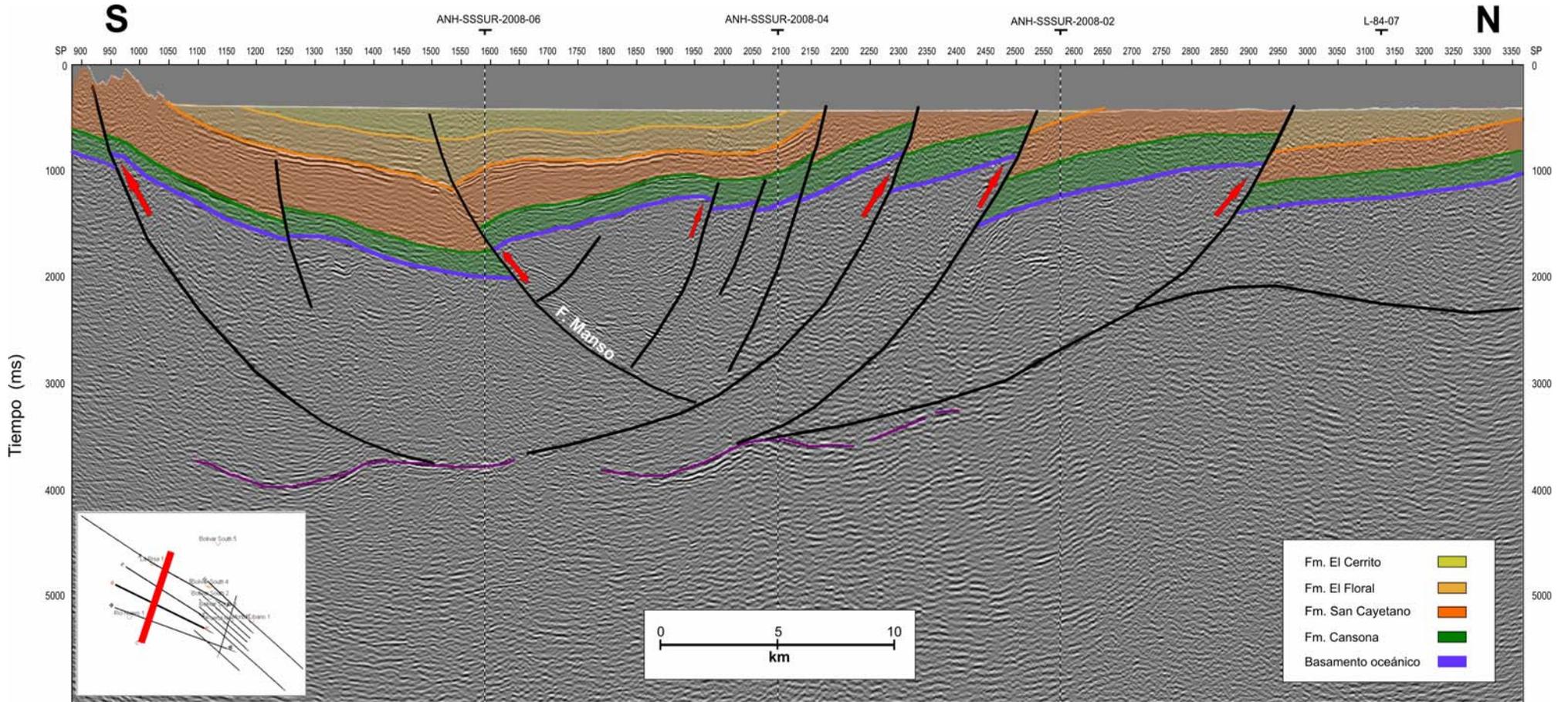


Figura 15. Interpretación sección sísmica PSTM, ANH-SSSUR-2008-06. Versión Geokinetics Houston

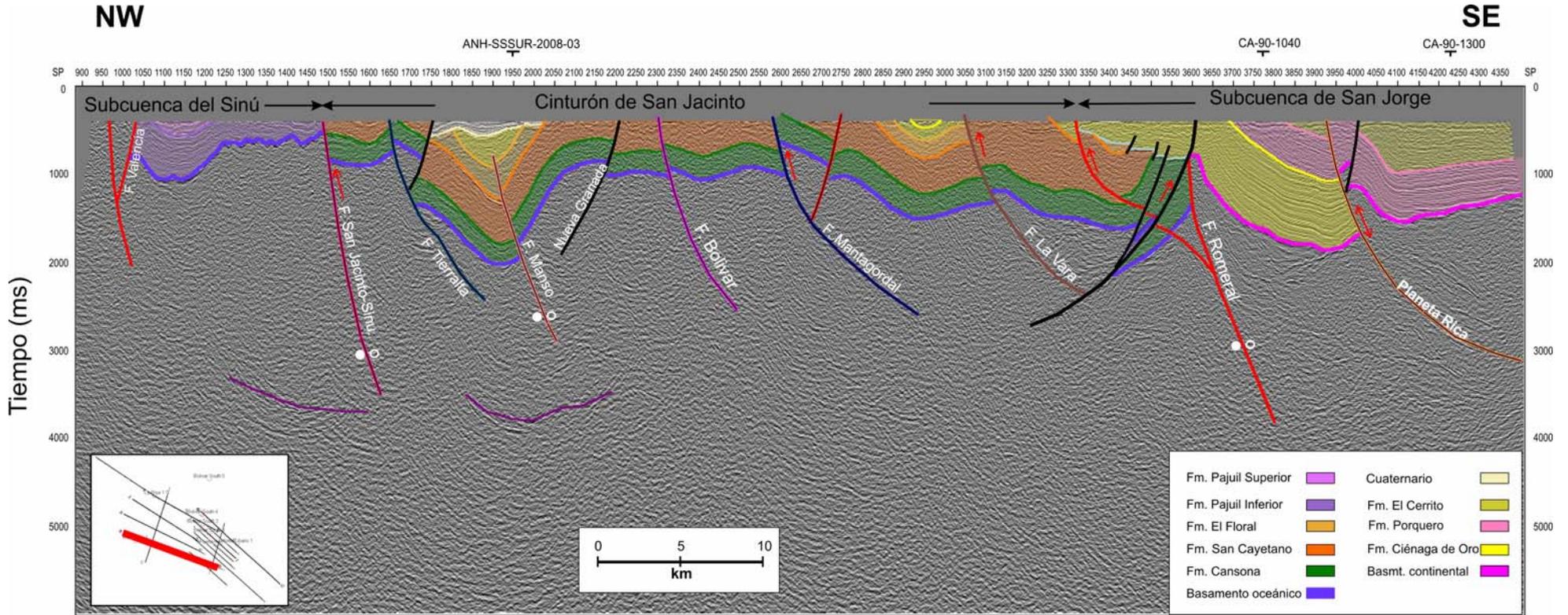


Figura 16. Interpretación sección sísmica PSTM, ANH-SSSUR-2008-04

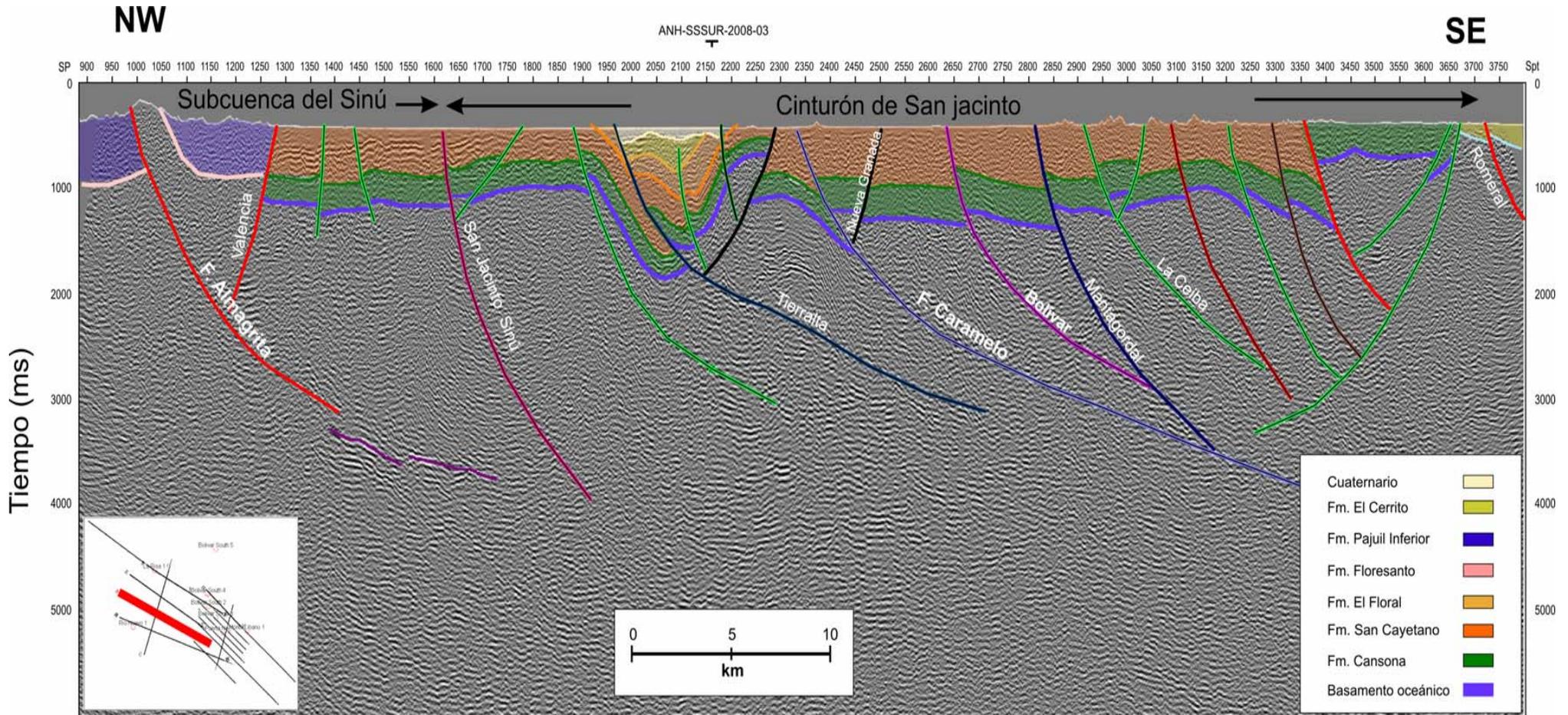


Figura 17. Interpretación sección sísmica PSTM, ANH-SSSUR-2008-02

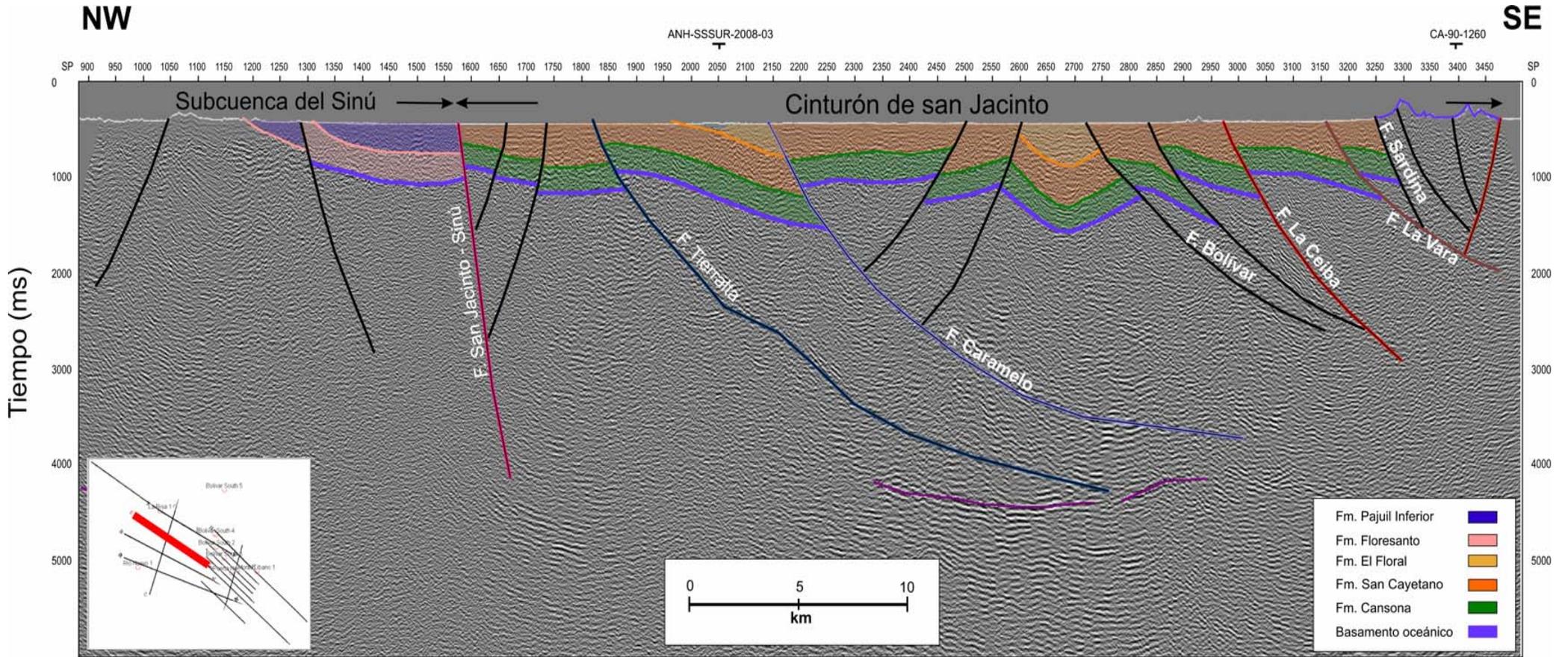


Figura 18. Interpretación sección sísmica CA-1990-1040, subcuenca de San Jorge

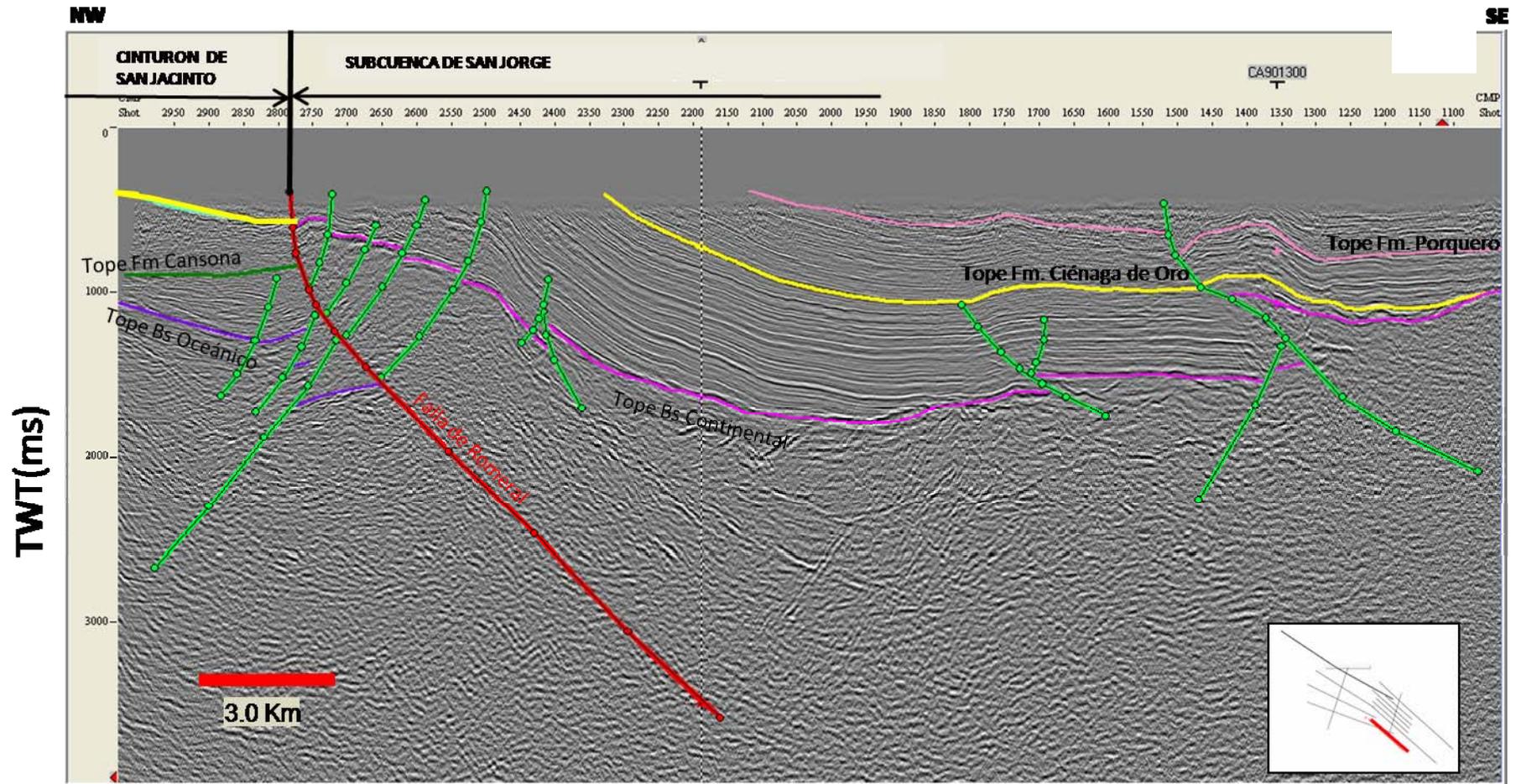


Figura 19. Interpretación sección sísmica CA-1990-1440, subcuenca de San Jorge

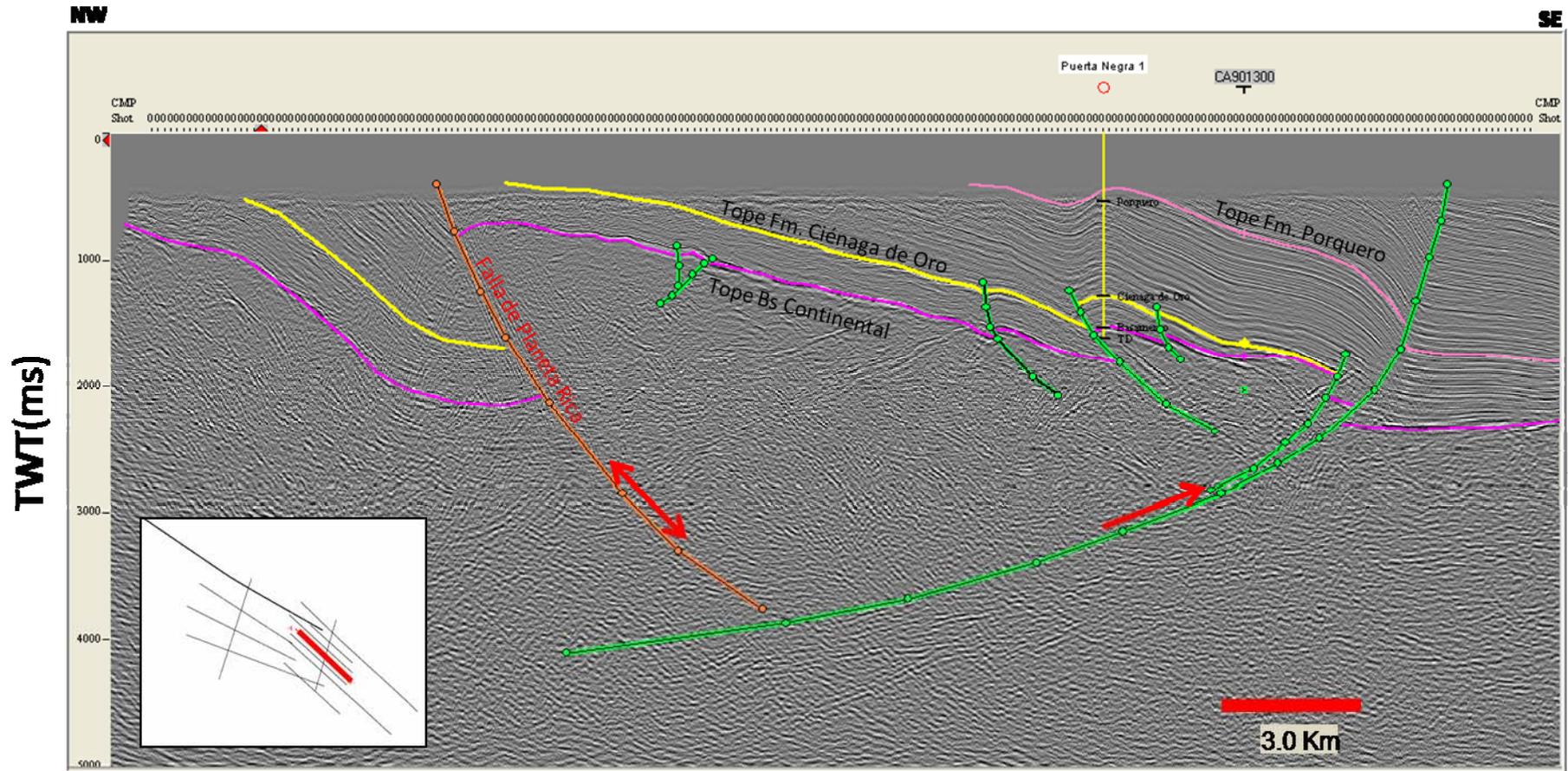
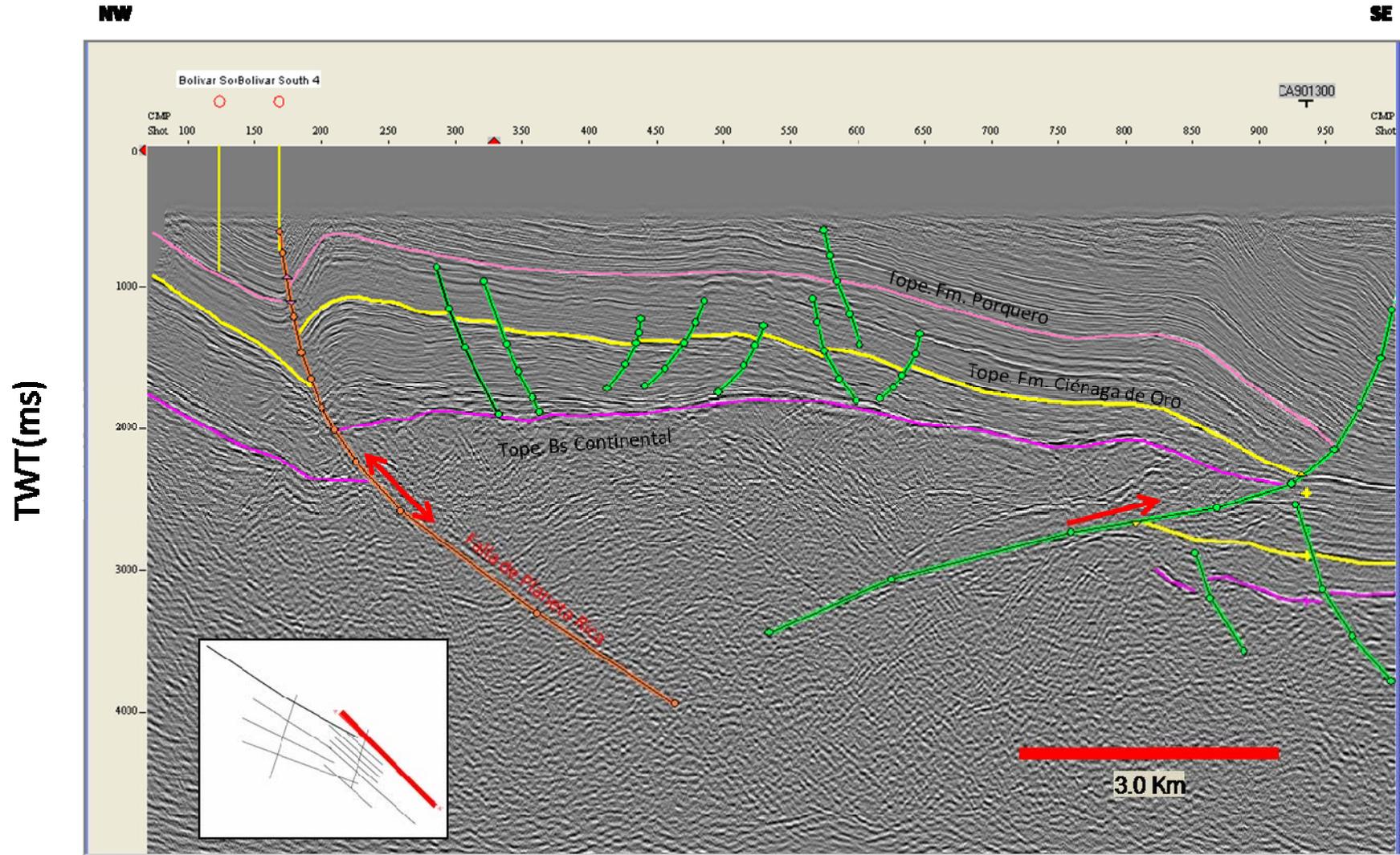


Figura 20. Interpretación sección sísmica CA-1990-1687, subcuenca de San Jorge



5.3 Principales fallas o sistemas de fallas

A continuación se describen las principales fallas o sistemas de falla interpretados con la información sísmica adquirida e inicialmente cartografiados en superficie. Aunque son muchas las fallas interpretadas solamente se describirán las más importantes (**Figuras 14, 15, 16 y 17 y Anexos 1, 2, 3, 4 y 5**).

Falla o sistema de fallas de Romeral

Esta estructura se ha considerado como el límite entre el basamento oceánico al occidente y el continental al oriente (Duque-Caro 1980, Paris *et al.*, 2000). En este sector también representa el límite entre las subcuencas de San Jacinto Sur y San Jorge, separando regímenes estructurales y estratigráficos diferentes, a ambos lados de la falla. Presenta orientación principal sureste-noreste, vergencia al oeste y alto ángulo. Se reconoce en la línea ANH-SSSUR-2008-06 (**Figura 15**) entre los SP 3550-3800. En este sector no aflora por estar truncada por un sistema imbricado de fallas con vergencia opuesta.

En la línea CA-1990-1040 (**Figura 18**) se interpretó en el SP 2790. En esta línea se observa claramente como separa los dos tipos de basamento. Producto del movimiento de rumbo la falla de Romeral presenta 4 fallas asociadas, con vergencia al este que desplazan a las fallas con vergencia al oeste. En las líneas CA-1990-1040 y ANH-SSSUR-06 se observa la convergencia de los dos tipos de basamento.

Debido a la complejidad estructural en este sector es difícil asegurar cual es el principal trazo que representa la falla. Al parecer en algunos sectores estuvo activa hasta el Oligoceno más temprano, siendo cubierta por la Formación Ciénaga de Oro como se observa en la parte sur del área (**Figuras 15 y 18**).

La regular calidad de los datos impide precisar su desplazamiento vertical. Sin embargo presenta saltos variables compatibles con desplazamiento de rumbo.

Falla La Vara

Falla de cabalgamiento con buzamiento al oriente, ubicada al occidente de la falla de Romeral. Al parecer es un *splay* del sistema Romeral. Al norte se une a la de Romeral cartografiada por algunos autores. En algunos sectores coloca la Formación Cansona sobre rocas de la Formación San Cayetano.

Falla de Planeta Rica

Es la falla más oriental interpretada en el área. Pertenece a la subcuenca de San Jorge. Es una falla de inversión tectónica que forma pliegues de arrastre en zonas de crecimiento. Involucra basamento continental. En las **Figuras 19 y 20** corresponde al trazo de color naranja.

Falla de San Jacinto - Sinú

Bautizada así para conciliar las diferentes interpretaciones. ANH (2008) la llama San Jacinto e INGEOMINAS-GEOTEC (2003) Sinú. En ambos casos corresponde al mismo trazo y va paralela al río Sinú. Esta falla o lineamiento ha sido considerada como el límite tectónico entre el cinturón del San Jacinto y la subcuenca del Sinú (Duque-Caro, 1984). Su trazo en subsuelo no es muy claro y corresponde a una falla inversa de alto ángulo con desplazamiento de rumbo dextral.

Falla de Manso

Es una falla identificada en el núcleo del sinclinal de Manso, es de rumbo con componente vertical. Se observa en las líneas ANH-SSSUR-03 y 06. Estuvo controlando el depósito de las formaciones Cansona y San Cayetano (**Figuras 14 y 15**).

Falla de Tierralta

Es la falla más occidental del cinturón de San Jacinto. Es una falla de cabalgamiento con vergencia al oeste y converge a una zona de despegue en profundidad. Se puede seguir en todas las líneas de buzamiento.

5.4 Horizontes cartografiados

Una vez terminada la interpretación sísmica integrada con los datos geológicos y geofísicos se procedió al mapeo de los horizontes de interés y más representativos del área. A partir de la información sísmica PSTM de PETROSEIS y GEOKINETICS se mapearon en tiempo doble los siguientes horizontes:

- Basamento, incluye los basamentos Oceánico y Continental separados por la falla de romeral (subcuencas San Jacinto Sur y San Jorge)

- Tope Fm Cansona
- Tope Fm San Cayetano
- Tope Fm Ciénaga de Oro (subcuenca San Jorge)

El **Anexo 6** presenta el mapa en tiempo doble al tope del basamento, incluyendo el margen occidental de la subcuenca de San Jorge. Los **Anexos 7, 8, y 9** presentan los mapas en tiempo doble al tope de los horizontes correspondientes a las formaciones Cansona, San Cayetano y Ciénaga de Oro respectivamente.

5.5 Conversión a profundidad

Petroseis hizo un **PSDM** del programa sísmico **ANH-SSSUR-2008**. Sin embargo por no haber pozos perforados en el área, no existe información directa de subsuelo y velocidades para calibración y elaborar modelos confiables en profundidad.

Con datos de velocidades de pozo perforados en áreas vecinas, se elaboró una tabla de velocidades de intervalo promedio (**Tabla 4**), con el objetivo de aportar información al modelo de velocidades en el proceso de migración a profundidad. Para la Subcuenca de San Jorge se tomó el registro de velocidad del pozo Puerta Negra-1, único pozo con este tipo de información en el sector Sur. Para el cinturón de San Jacinto se tomaron datos de pozos ubicados en el sector Norte.

Cinturón San Jacinto Sur		Subcuenca San Jorge	
Formación	Velocidad (m/s)	Formación	Velocidad (m/s)
El Cerrito	2300	El Cerrito	2400
El Floral	2900	Porquero	2800
San Cayetano	3500	Ciénaga de Oro	3500
Cansona	3800	Basamento Cont.	5800
Basamento Oceánico	5000		

Tabla 4. Tabla de velocidades de intervalo promedio para las subcuencas de San Jacinto y San Jorge.

La conversión a profundidad final (PSDM) se hizo a partir de velocidades seleccionadas apropiadamente con el procesamiento inicial en tiempo y posteriormente convertidas a velocidades interválicas que presentaron mejor definición con respecto a las velocidades seleccionadas a partir de pozos perforados fuera del área del proyecto.

Sin embargo, la resolución de la imagen sísmica PSDM es inferior a la resolución del procesamiento PSTM y se hace difícil definir las fallas y seguir los diferentes reflectores que se pudieron interpretar con la información PSTM. Por este motivo se estimó de poca utilidad elaborar mapas en profundidad, ya que serían poco confiables y el aporte sería mínimo al proceso exploratorio.

La **Figura 21** muestra el resultado de la migración en profundidad para una de las líneas del programa sísmico del ANH-SSUR-2008.

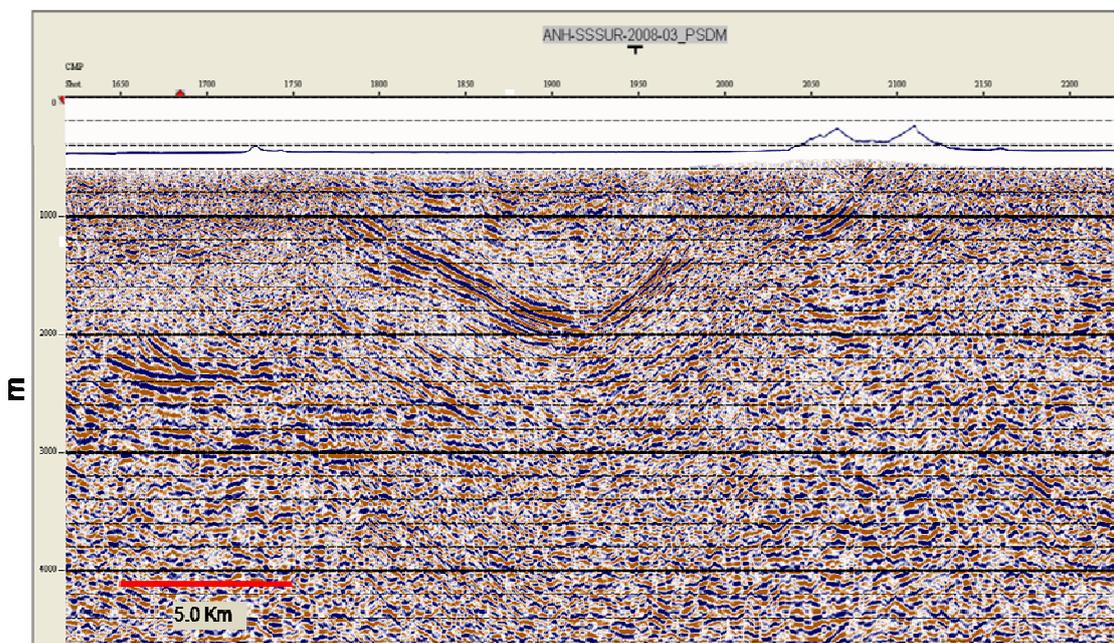


Figura 21. Línea ANH-SSUR-06, versión PSDM. Comparar la resolución con las **Figuras 12** y **13** que corresponden a las 2 versiones de PSTM.

6. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

En el área de estudio no se ha perforado pozo alguno por lo que, hasta el momento, no existe evidencia de la presencia o ausencia de un sistema petrolífero activo. Los pozos más cercanos se han perforado en las subcuencas aledañas de San Jorge, al oriente y Sinú, al occidente.

ROCA GENERADORA

Para la Subcuenca de San Jacinto se han postulado 3 principales unidades de roca fuente, **Tabla 3** (Chevron, 1986). La Formación Cansona ha sido definida como la principal roca generadora del NW de Colombia. Sin embargo, esta unidad aflora al Sur del área (**Figura 3**) y en las secciones sísmicas se ha interpretado a una profundidad somera. Por lo tanto, creemos que no alcanza las condiciones de enterramiento necesarias para la generación de hidrocarburos la cual, en nuestro concepto, es uno de los principales riesgos exploratorios del área.

Formación	Edad	Características	Tipo de kerógeno	TOC (%)
Porquero	Mioceno Inferior	Arcillolitas calcáreas y shales	III	0.5 a 2.0
Ciénaga de oro	Oligoceno	Arcillolitas, shales y capas de carbón	III	0.5 a 1.5
Cansona	Cretácico Superior	Chert, shales y calizas	I y II	2 a 11

Tabla 3. Principales características de la roca fuente para las cuencas de San Jacinto y San Jorge. Tomada de Chevron, 1986.

ROCA ALMACENADORA

En este sector pueden ser potenciales rocas almacenadoras las arenitas de la Formación San Cayetano, las cuales afloran en gran parte del área de esta subcuenca.

En la subcuenca de San Jorge son buena roca almacén las areniscas de la Formación Ciénaga de Oro, que mostraron porosidades entre 12 y 22 % en el pozo Puerta Negra 1 (Ecopetrol, 1991).

ROCA SELLO

Los sedimentos finos de la Formación El Floral constituyen el principal sello vertical identificado en el área. Su distribución está restringida a la parte central o más profunda de algunos sinclinales y se reconoce en el área Centro-Norte del proyecto. Por lo tanto éste también constituye un factor crítico en la búsqueda de hidrocarburos.

La alta densidad de fallamiento y someridad de los reservorios limitan la calidad del sello lateral, facilitando la infiltración de aguas meteóricas que biodegradan el aceite.

TRAMPA

En el cinturón de San Jacinto se identificaron trampas estructurales asociadas al bloque colgante de fallas inversas de alto ángulo.

Las principales trampas pueden resumirse así:

- Flancos de los sinclinales limitados por fallas inversas
- Bloque colgante de fallas inversas
- Bloque cabalgante de fallas inversas producto de inversión estructural (subcuenca San Jorge)

7. PROSPECTIVIDAD

Basados en la interpretación sísmica integrada con los datos geológicos y geofísicos disponibles, se identificaron cinco áreas de interés prospectivo, cuatro (4) de ellas en el cinturón de San Jacinto y una en la subcuenca de San Jorge.

7.1 Cinturón de San Jacinto Sur

En el cinturón de San Jacinto Sur se identificaron cuatro (4) áreas de interés prospectivo asociadas a trampas netamente estructurales, las cuales se pueden clasificar en dos tipos (**Figuras 22, 23, y 24**):

- Anticlinales fallados, formados en el bloque colgante de fallas inversas, como son el caso de las áreas denominadas Plaza Hormiga y La Vara Este.
- Cierres asociados al bloque yacente de fallas inversas que cortan flancos de sinclinales someros, áreas de Manso y La Vara Oeste.

7.2 Subcuenca de San Jorge

Aunque no es el objetivo específico de este proyecto, en esta subcuenca se interpretó el programa sísmico CÓRDOBA - AYAPEL II - 1990 y se hizo una revisión rápida de los pozos perforados hasta el momento en ese sector. Se postula la existencia de al menos un área prospectiva adicional relacionada con pliegues asociados a fallas inversas, como el caso del pozo Puerta Negra-1.

7.3 Riesgo exploratorio

Los principales elementos de riesgo exploratorio, serán identificados, entendidos y cuantificados con el incremento en el conocimiento geológico de la subcuenca, siendo necesario adquirir información directa del subsuelo para orientar la actividad exploratoria para hidrocarburos.

Estructuración

Definición estructural básica para definir la continuidad de horizontes, profundidad de los objetivos, reservas y actividades adicionales de exploración. Debido al gran espaciamiento entre las líneas sísmicas es difícil extrapolar las fallas y definir los cierres de las estructuras.

Por otro lado, la poca resolución de la imagen sísmica en toda el área limita la definición correcta de fallas y unidades de interés prospectivo en subsuelo.

Timing

No es posible con la información geológica adquirida hasta el presente ubicar en el tiempo geológico los diferentes procesos de: sedimentación, erosión, plegamiento y fallamiento, ocurridos en el área. Las próximas actividades exploratorias a realizar en el área se deben enfocar a entender y evaluar estos procesos geológicos.

Cada oportunidad exploratoria requiere en términos generales de las siguientes actividades, aunque no necesariamente en este orden específico.

- Cartografía geológica detallada de superficie, a escala 1:25.000 o mayor, en todas las áreas de interés
- Reprocesamiento sísmico especializado para objetivos someros, con menor tiempo de registro y cubrimiento
- Adquisición sísmica con parámetros de campo de adquisición diseñados para objetivos someros y únicamente en las áreas de interés
- Perforación estratigráfica, incluyendo corazonamiento de algunas unidades, análisis petrofísicos, estudios geoquímicos y bioestratigráficos, que ayuden a definir el potencial generador y acumulador de hidrocarburos de las rocas perforadas, y que ayude también a establecer una apropiada nomenclatura estratigráfica, reduciendo la confusión por la proliferación de términos.

7.4 Áreas de interés exploratorio

Las **Figuras 22, 23 y 24** presentan en forma sintetizada las áreas de interés exploratorio propuestas para el cinturón de San Jacinto Sur. Cada una tiene el mapa de localización, la línea sísmica donde se encuentra ubicada, el mapa en tiempo doble para cada estructura, los riesgos principales y algunas sugerencias de actividades futuras.

Figura 22. Área de interés Manso

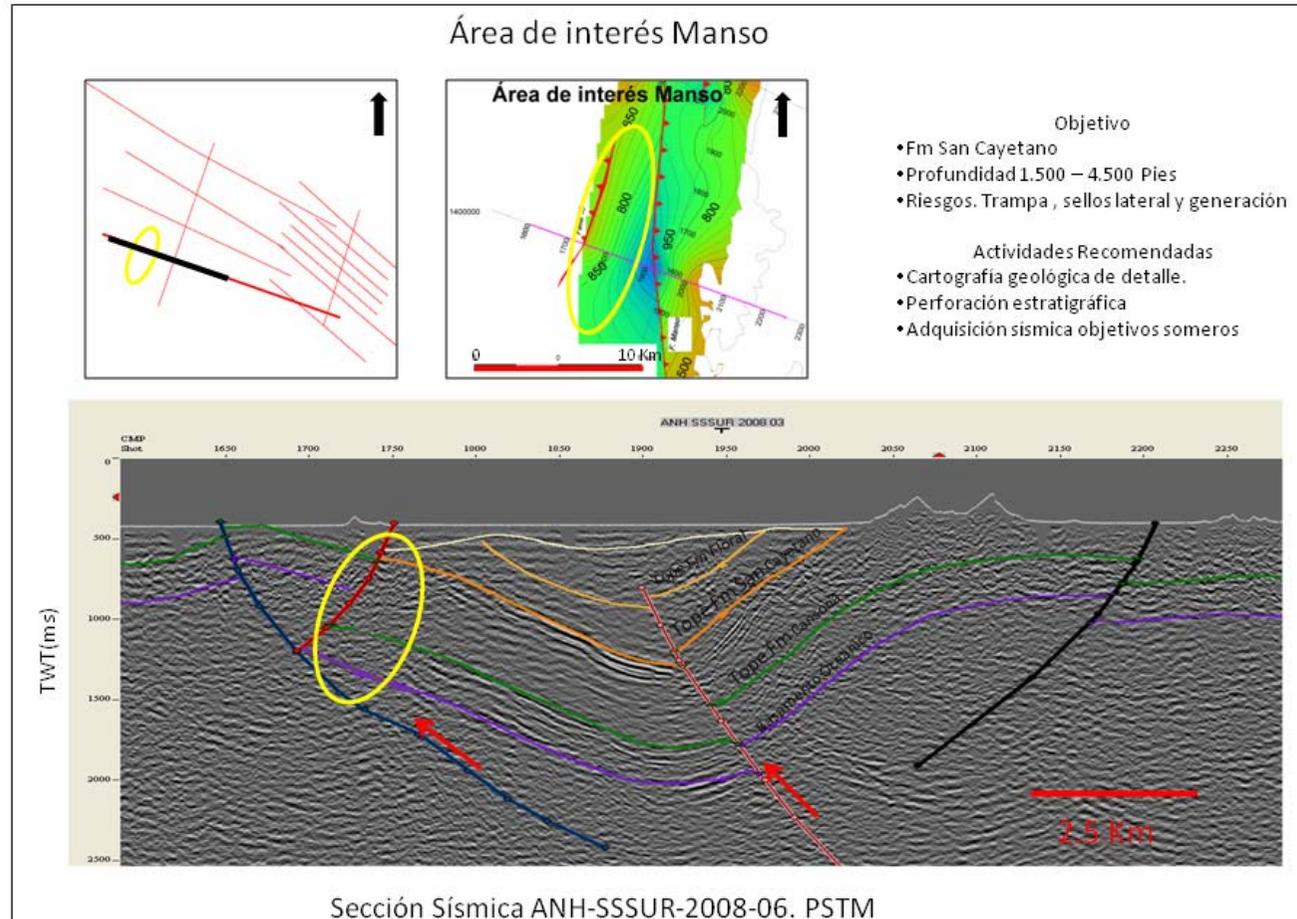


Figura 23. Área de interés La Vara. En este sector se presentan 2 áreas prospectivas, la Vara oriental y occidental

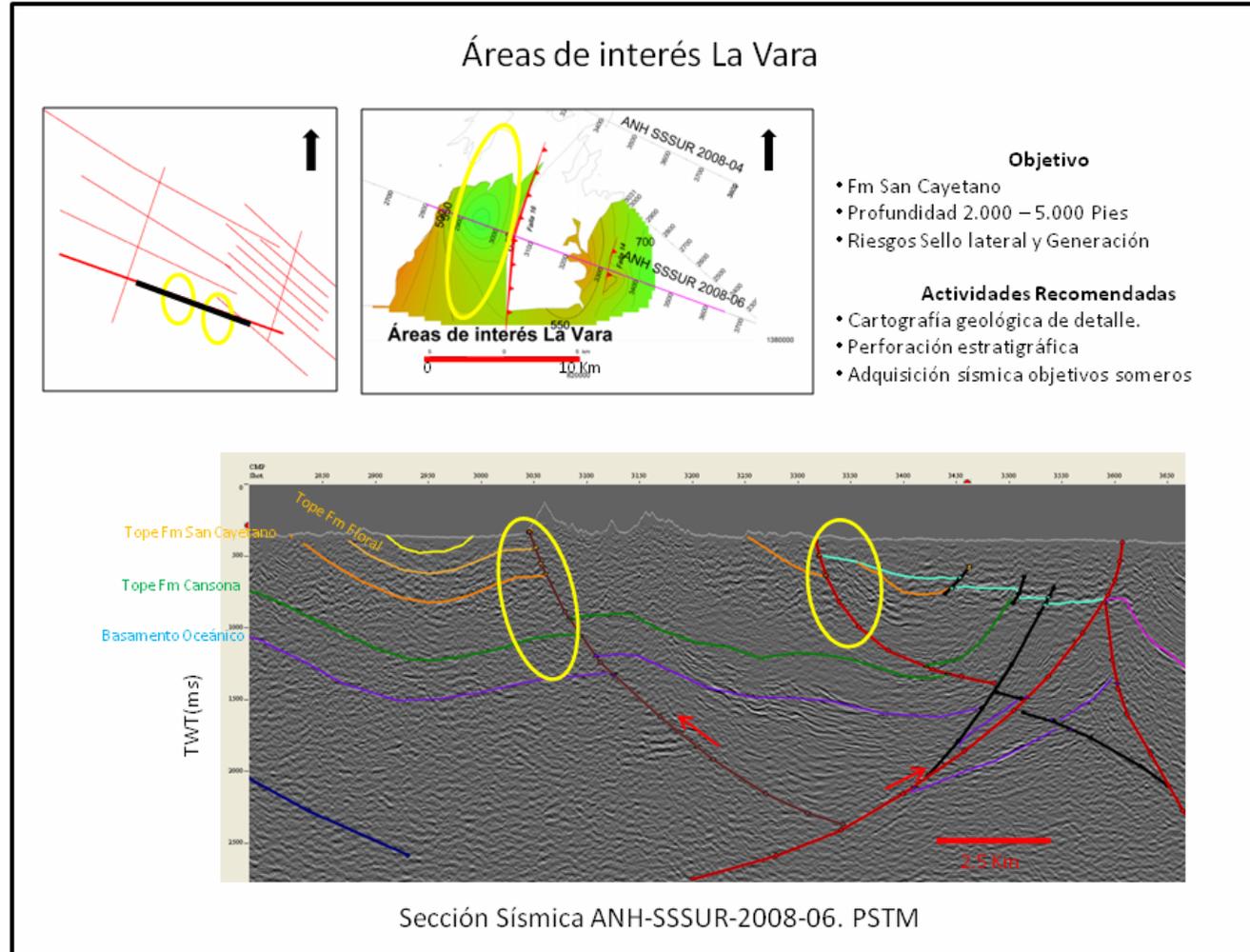
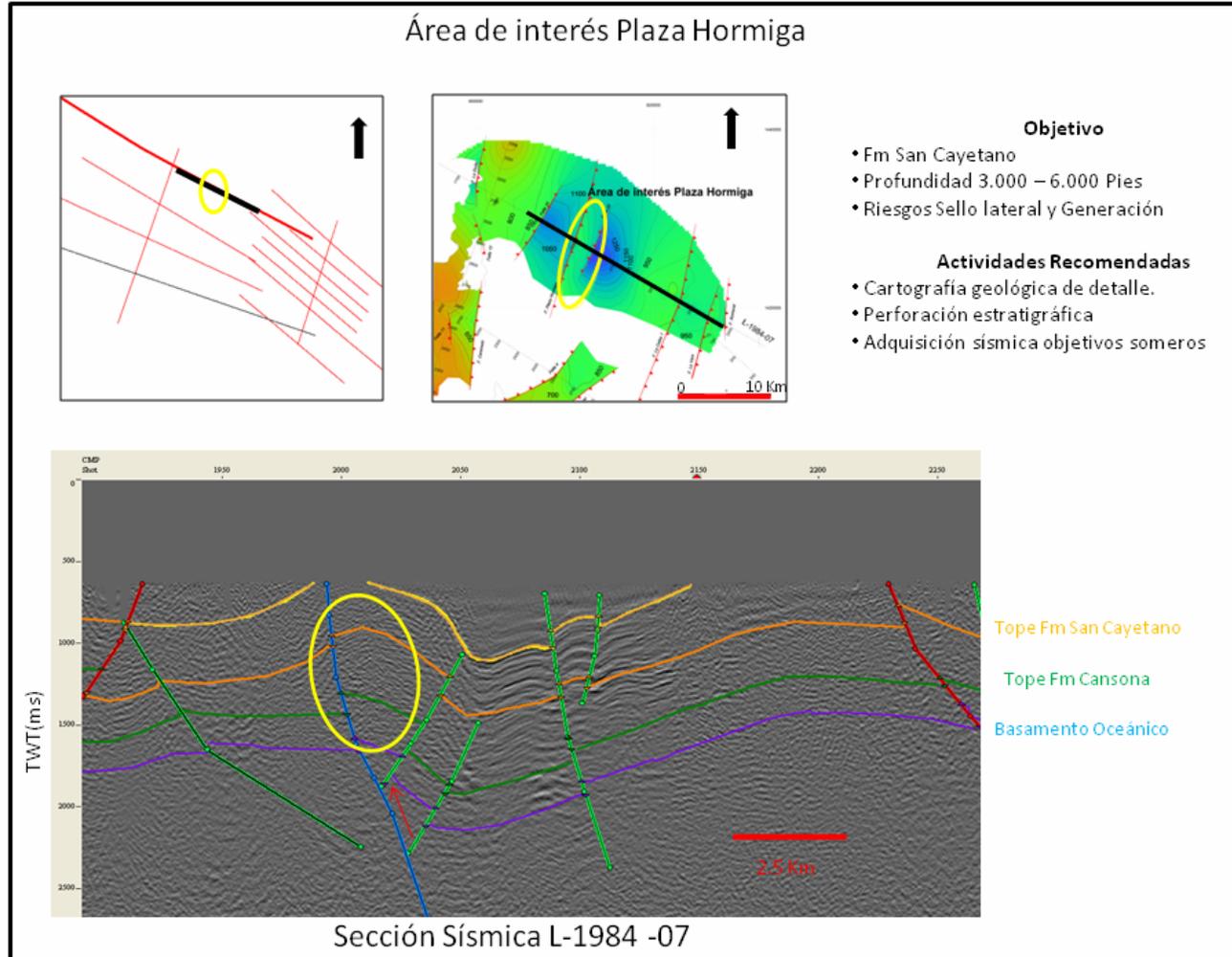


Figura 24. Área de interés Plaza Hormiga



CONCLUSIONES

La integración de información geológica y geofísica adquirida por la ANH en el 2008, permitió determinar los principales elementos estructurales y estratigráficos en el cinturón de San Jacinto Sur, identificar cuatro (4) áreas de interés prospectivo con sus respectivos objetivos de interés exploratorio y además, sugerir algunas actividades adicionales con el fin de establecer su potencial exploratorio e identificar sus principales riesgos exploratorios.

El proyecto se desarrolló en una zona tectónicamente compleja, relacionado con la zona de convergencia entre corteza oceánica y continental.

El cinturón de San Jacinto en este sector ha estado expuesto al menos a tres eventos de emersión y deformación, lo que no ha permitido un depósito continuo en el área.

El fallamiento predominantemente es inverso con vergencia al Oeste, algunos con importante componente de rumbo, siendo el sistema de Romeral el más importante. El fallamiento de rumbo se asocia con desplazamiento vertical variable.

Los principales rasgos estructurales son fallas de cabalgamiento, fallas inversas de alto ángulo, fallas de rumbo principalmente dextro - laterales, fallas normales y sinclinales asimétricos someros con orientación principal NE.

Los niveles arenosos de las Formaciones San Cayetano y Ciénaga de Oro constituyen las principales rocas almacenadoras en las subcuencas de San Jacinto y San Jorge respectivamente.

El sello vertical está compuesto por los sedimentos finogranulares de la Formación El Floral para San Jacinto y Porquero para San Jorge.

En el área de estudio se identificaron trampas netamente estructurales correspondientes a bloques colgantes de fallas inversas, ubicadas en los flancos de los sinclinales, flancos fallados de los sinclinales asociados a fallas de retrocabalgamiento (*backthrust*).

La ausencia de información directa de subsuelo, proveniente de perforación exploratoria, impide precisar los riesgos exploratorios relacionados con: Potencial hidrocarbúfero de la

roca generadora, espesor, calidad y distribución de la roca reservorio, los cuales podrían evaluarse con una posible perforación estratigráfica.

RECOMENDACIONES

1. Realizar geología de superficie de detalle con control de la información sísmica adquirida, que ayude a correlacionar fallas y contactos
2. Integrar toda la información geoquímica de superficie realizada previamente por varias compañías en las subcuencas Sinú - San Jacinto y Valle Inferior del Magdalena, que puedan ser extrapolados al área sur del cinturón de San Jacinto.
3. Realizar modelamiento geoquímico para un pozo hipotético, en un flanco del sinclinal de Manso para ver el potencial de generación de hidrocarburos en el área.
4. Perforación estratigráfica para definir la estratigrafía y caracterizar las rocas almacenadoras y sellos en el área. Esta se puede realizar en el flanco del sinclinal de Manso, donde se presentan las unidades más representativas del área.
5. Adquirir información sísmica de detalle en las áreas de mejor prospectividad, con diseño de parámetros de adquisición para objetivos someros, menores de 7.000´ pies.

Con relación a los productos finales establecidos contractualmente nos permitimos aclarar que dichas actividades, son siempre modificables y ajustables con base en los resultados finales de la información adquirida y existente, por lo tanto en el presente contrato se desarrollaron así:

1. Mapa de trampas o tipos de play. Para cada área de interés exploratorio, se elaboró una figura (**Figuras 22, 23 y 24**), las cuales incluyen:

- Sector de la línea sísmica interpretada, resaltando la ubicación de cada lead, esquematizando a la vez el tipo de trampa
- Mapa en tiempo doble, específico para cada lead
- Objetivo exploratorio y profundidad
- Riesgos y actividades adicionales de exploración

2. Vías o rutas de migración. Teóricamente inician en las zonas más profundas de la cuenca, donde se encuentran las condiciones apropiadas de temperatura y presión para generar hidrocarburos. Estos depocentros no se reconocen en el área. Por lo tanto no se postulan para el proyecto.

3. Historia de generación expulsión y entrapamiento. No existe información directa de subsuelo, a partir de perforación exploratoria que nos permita ubicar en el tiempo los diferentes procesos geológicos que conllevan a establecer hipótesis confiables sobre la evolución geohistórica del área. La calidad de los datos sísmicos no permite identificar límites de secuencias, (relaciones onlap, toplap, etc, para postular discordancias, hiatos, gaps para elaborar esta historia geotérmica. No es aplicable importar historias evolutivas de las subcuencas al oriente, occidente y norte. La cartografía ANH (2008) no incluye oil seeps en sus mapas.

4. Carta de eventos del sistema petrolífero. No hay a la fecha sistema petrolífero reconocido en el área.

5. Mapas en profundidad. No se hicieron mapas en profundidad dada la resolución de los datos sísmicos. En la presentación final de resultados ante la ANH, se aceptó en conjunto su no elaboración.

6. **Mapa de calidad Sísmica.** Sobre esto ha habido gran discusión y además los procesamientos PSTM y PSDM, son en general muy diferentes.
7. **Mapas isópacos o isocoros.** No se hicieron, por no contar con información confiable de espesores a partir de columnas estratigráficas, o a partir de pozo. El registro estratigráfico del área incluye espesores de amplio rango (Figura 11): Fm Cansona 100 a 600 m, Fm. San Cayetano 600 a 1200 m y Fm El Floral 400 m.
8. **Mapas de arenas Netas.** No hay espesores conocidos de arena neta, se incluyen en las Formaciones Cansona, San Cayetano, El Floral, (Figura 11) pero no hay elementos para la elaboración de estos mapas. La información sísmica en la mayoría de las ocasiones no es la herramienta confiable para elaborar estos mapas, dado su nivel de resolución.
9. **Mapa de áreas de máximo interés.** Se presentan separadamente en las figuras 22, 23 y 24, e integrados en el Anexo 10.

La integración multidisciplinaria ajusta y recomienda las actividades y productos para cumplir con el objetivo final del proyecto geológico-geofísico.

Por esta razón fue necesario incluir actividades adicionales extracontrato, entre estas se citan:

1. Interpretación y mapeo del programa sísmico Córdoba Ayapel II - 1990 (373 km) y la línea L-84-7 (63Km) para un total de 436 km de sísmica adicional. Esto se realizó con el fin de entender con claridad relaciones estructurales y estratigráficas entre las subcuencas vecinas y validar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- ANH, 2009. Geología de superficie a lo largo de las líneas del proyecto sísmico Sinú San Jacinto Sur 2D e integración geológica, cuencas Sinú – San Jacinto, Colombia. Informe final, 67 p, Geokinetics para Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).
- CARO, M., 2003. Structural evolution of the San Jacinto fold belt, NW Colombia. University of Calgary. Master Thesis.
- DUEÑAS, H. Y DUQUE- CARO, H., 1981. Geología del cuadrángulo F-8. Boletín Geológico Ingeominas, vol 24, pp 1-35.
- DUQUE – CARO, H., 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental Colombiana. Boletín Geológico, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, vol. 234 No. 3, pp 4-37.
- DUQUE - CARO, H. 1984. Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinú - San Jacinto terrane, southwestern Caribbean borderland. GSA, Memoir 162, 303-316
- ECOPETROL, 1991. Informe geológico final pozo Puerta Negra 1. Gerencia de Exploración, 89 p.
- GEODESIA POR SATÉLITE DE COLOMBIA LTDA, 2009. Programa levantamiento gravimétrico y Magnético Terrestre SINÚ SUR (cuenca Sinú - San Jacinto) - Litoral Caribe de Colombia. Informe final de interpretación, 28 p. Geokinetics para Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).
- GUZMÁN, G., GÓMEZ, E. Y SERRANO, B., 2004. Geología de los cinturones del Sinú, San Jacinto y borde occidental del Valle Inferior del Magdalena, Caribe Colombiano. Escala 1:300.000. Ingeominas, subdirección de Geología Básica, 134 p.
- HGA LTDA., 2009. Gasometría sobre las líneas del programa sísmico Sinú – San Jacinto 2D 2008, 40 p, Geokinetics International, Inc para Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)
- INGEOMINAS - GEOTEC, 2003. Geología de los Cinturones Sinú-San Jacinto Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lórica, 59 Mulatos, 60 canaleta, 61, Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1:100.000, Memoria explicativa, por Geotec Ltda., 225 pp.
- PARIS, G., MACHETTE, M. N., DART, R. AND HALLER, K. M., 2000. Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. A project of the

International Lithosphere Program Task Group II-2, Major active Faults of the World.
Open-File Report 00-0284, U.S. Department of the interior, U.S. geological Survey, 66p.