

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE FALLAS A PARTIR DEL DATO SÍSMICO EN EL YACIMIENTO CAÑADÓN LEÓN, FLANCO SUR DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Ana M. Arustizia¹, Maximiliano A. Iglesias^{1,2}

1: YPF S.A. ana.m.arustizia@ypf.com

2: Departamento de Geología, UNPSJB. maximiliano.iglesias@ypf.com

Palabras clave: Análisis cinemático, Diagramas de desplazamiento, sedimentación sintectónica

ABSTRACT

The sedimentary fill of Golfo San Jorge basin has been subject to, at least 3 extensional phases with varying stress orientation (Figari *et al.*, 1999; Paredes *et al.*, 2018), each phase is represented by a family of extensional faults with their own orientation and displacement. Understanding the role of tectonics in the distribution and nature of the sedimentary infill of a given area is crucial to improve the prospective models.

In this study six regional faults were selected, regarding their lateral and vertical extension, to evaluate their throw distribution, and six depth-converted seismic horizons that represents the main stratigraphic units of interest, from the top of the Igneous-metamorphic basement to the top of Salamanca Formation, to assess the throw distribution for every unit. With the depth-converted fault and horizon data, throw vs length graphics and isopach maps, to understand the activity and growth and linkage of all six faults and recognize which faults conditioned the sedimentation of the units of interest.

From this analysis two groups of faults: deep faults and southern fault system, the first one has the maximum throws in the study area, with an absolute maximum of 1300 m for the top of the Basement; while the latter has throw values lesser than 400 m. Only the deep faults condition the thickness distribution in the study area. The most conspicuous feature is an hemigraben bounded by a south dipping fault, which affected the thickness distribution of Las Heras Group and the lower section of Pozo D-129 Formation.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge con el objetivo de poder analizar el rol de las estructuras principales que afectan al yacimiento Cañadón León en la distribución de espesores de las distintas unidades estratigráficas de interés y conocer la evolución del sistema estructural y cómo condiciona al desarrollo de principales trampas.

El área de estudio se encuentra en el yacimiento Cañadón León, ubicado en flanco sur de la cuenca del Golfo San Jorge, a 20 km de la ciudad de Caleta Olivia (Fig. 1).

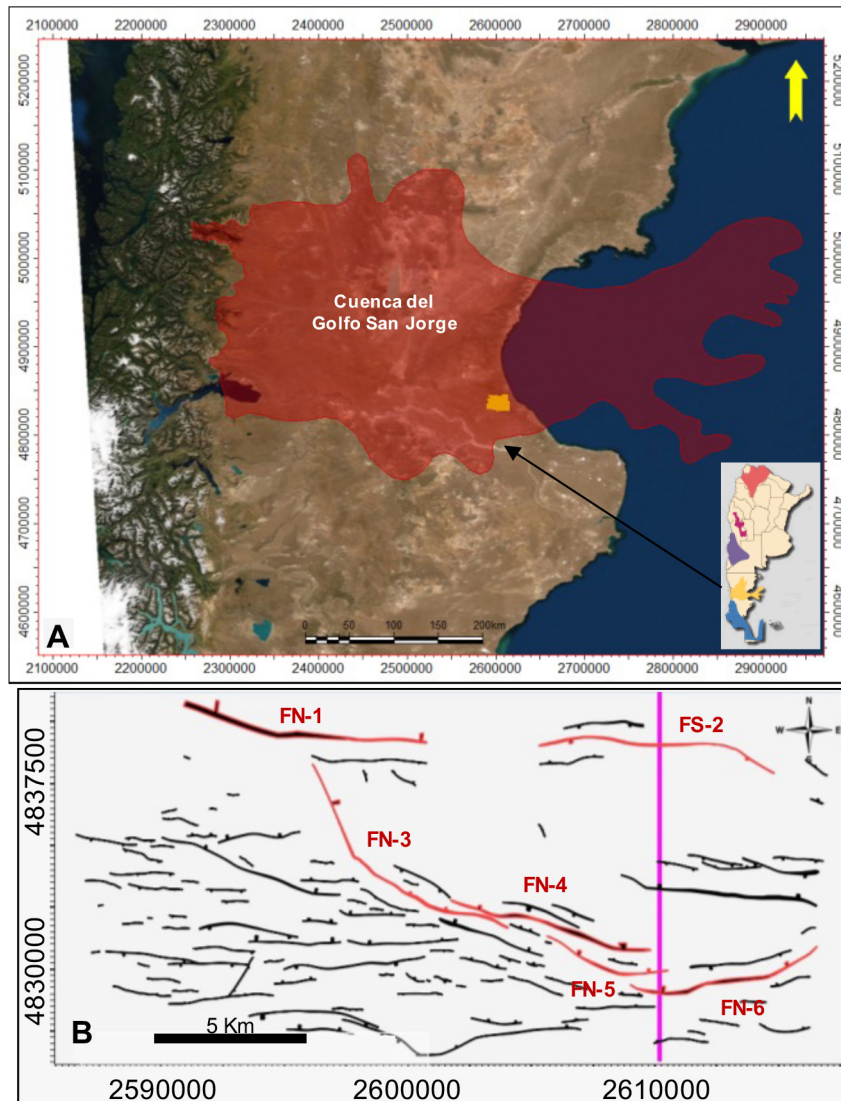


Figura 1. A. Ubicación del área de estudio en el marco de la Cuenca del Golfo San Jorge; B. Mapa base del área de estudio con los polígonos de falla al tope de la Fm. D129, en rojo se destacan las fallas seleccionadas para el estudio.

La columna estratigráfica (Fig. 2) inicia con un basamento ígneo-metamórfico, de edad paleozoica, que se encuentra contactado por cuatro pozos en el área de estudio. Dicho basamento conforma altos regionales que condicionaron la depositación de la secuencia sedimentaria Mesozoica. En sectores se apoya el complejo volcano-sedimentario denominado Grupo Bahía Laura o Lonco Trapial, constituido por ignimbritas, riolitas y sedimentitas continentales

subordinadas, la edad de estos depósitos es asignada al Jurásico medio a superior (Foix *et al.*, 2020), correspondiendo a la etapa de *synrift* de la cuenca.

Por encima de este complejo, mediante una discordancia se depositaron las pelitas y areniscas que integran el denominado Grupo Las Heras del Jurásico superior-Cretácico inferior asociados a una etapa de rift tardío. Las unidades que componen dicho grupo son las Formaciones Pozo Anticlinal Aguada Bandera y Pozo Cerro Guadal, siendo también conocida como Formación Paso Río Mayo en el sector occidental de la cuenca. En el bloque de estudio el Grupo Las Heras se dispone rellenando importantes hemigrábenes cuyas fallas principales presentan rechazos verticales superiores a los 1000 m, conformando conspicuos depocentros de limitada continuidad lateral.

Posteriormente se reconoce una etapa de subsidencia termal (Fitzgerald *et al.*, 1990) durante la cual se depositaron los sedimentos del Grupo Chubut. En el área de estudio se reconocen las Formaciones Pozo D-129, Mina del Carmen (Lesta y Ferello, 1972), Cañadón Seco y Meseta Espinosa.

La Formación Pozo D-129 corresponde a pelitas, calizas oolíticas, tobas y areniscas tobáceas y conglomerados minoritarios de ambiente fluvio-deltaico y lacustre, constituyendo la roca generadora principal de la cuenca del Golfo San Jorge que se apoyan, discordancia mediante, sobre el Grupo Las Heras y Basamento ígneo-metamórfico.

La Formación Mina Del Carmen es una unidad de subsuelo equivalente a la Formación Castillo y que consiste en una sucesión fluvial compuesta principalmente por sedimentos piroclásticos retrabajados, areniscas y gravas tufíticas, fangolitas tufíticas intercaladas con tobas de caída. Sobre esta unidad se apoyan, en concordancia, las sedimentitas de la Formación Cañadón Seco dos miembros: Bajo Barreal Superior y Bajo Barreal Inferior.

La Formación Cañadón Seco es de origen fluvial y está constituida por dos ciclos granodecrecientes, uno inferior (Caleta Olivia) y uno superior (Cañadón Seco 1). Por encima se apoyan las pelitas y areniscas fluviales de la Formación Meseta Espinosa, equivalente de subsuelo del Miembro superior de la Formación Bajo Barreal.

La columna estratigráfica de la región se completa con los depósitos terciarios que incluyen las sedimentitas marinas de la Formación Salamanca de edad paleocena, los depósitos continentales de las Formaciones Río Chico (Paleoceno-Eoceno) y Sarmiento (Eoceno-Mioceno temprano). Sobre las sedimentitas continentales de Formación Sarmiento se apoyan las pelitas, areniscas y biorruditas de ambiente marino costero de Formación Chenque (Mioceno temprano – Mioceno medio) que grada a los depósitos fluviales y eólicos de Formación Santa Cruz (Mioceno medio – Mioceno superior). Intruyendo tanto a las sedimentitas del Grupo Chubut, como a la Formación Río Chico y Formación Sarmiento se identifican plutones y cuerpos subvolcánicos de naturaleza alcalina, los cuales fueron datados en diversas ubicaciones de la cuenca con edades que van del Eoceno temprano al Oligoceno. Finalmente, el cuaternario está representado por los depósitos glaciafluviales conocidos como Rodados Patagónicos.

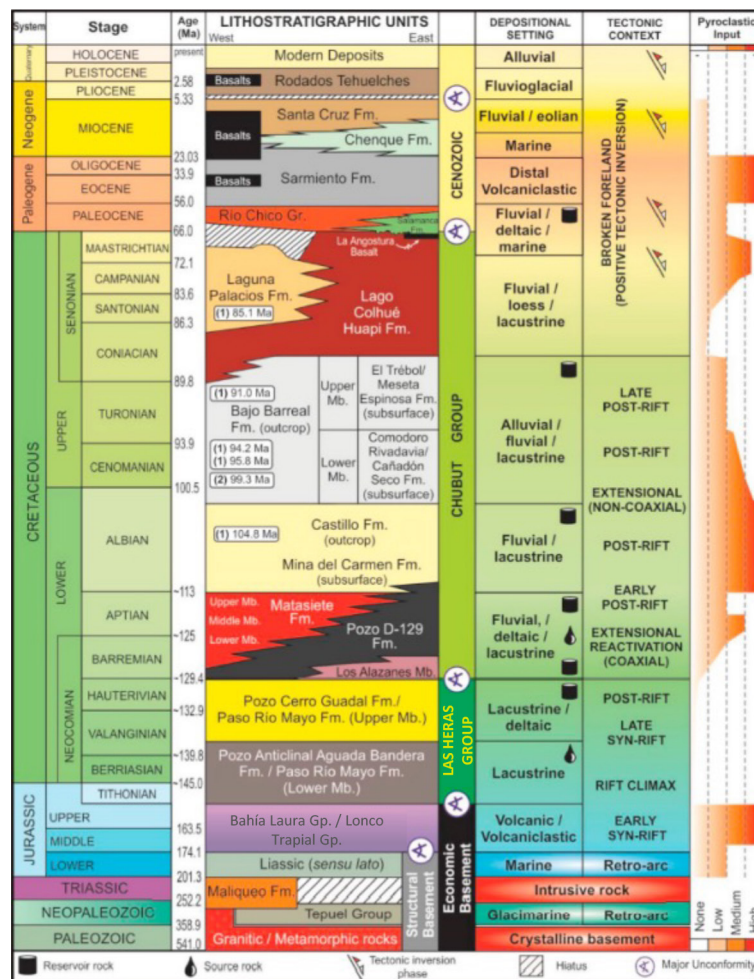


Figura 2. Columna estratigráfica de la cuenca del Golfo San Jorge, modificada de Foix et al. (2020).

En lo que al marco estructural respecta, el área se encuentra en un contexto tectónico de tipo extensional, el cual se ha desarrollado en diversos episodios extensionales (Paredes *et al.*, 2018). Estos autores destacan un evento extensional principal, caracterizado por el desarrollo de profundos hemigrábenes de escasa continuidad lateral y con orientaciones O-E y ONO-ESE, las cuales se interpretan como producto de la fábrica de basamento. En este contexto se deposita el Grupo Las Heras como relleno de sinrift temprano, reconociéndose geometrías de cuña en el relleno de estos hemigrábenes.

Se reconoce una segunda fase extensional la cual se caracteriza por un sistema de fallas O-E que controla la sedimentación del Grupo Chubut, la cual es mucho más extensa que la del Grupo Las Heras. Los autores analizaron 4 fallas distintas, las cuales interpretan como sin-sedimentarias, por nuclearse durante la depositación del Grupo Chubut, y presentar su *tip* inferior en los niveles superiores del Neocomiano (Paredes *et al.*, 2018). Las fallas analizadas presentan diferentes segmentos lateralmente unidos por zonas de transferencia o, verticalmente por rampas de relevo

verticales, mostrando diferentes pulsos de crecimiento y una variación del rechazo a lo largo del rumbo y en el tiempo geológico.

Durante el Cenozoico, la porción oriental de la CGSJ presenta más de una fase extensional (Giacosa *et al.*, 2004; Foix *et al.*, 2008), acompañada con intrusiones de rocas básicas alcalinas y subvolcánicas, asociadas a procesos extensionales relacionados al ascenso mantélico (Bitschene *et al.*, 1991). Estas rocas intrusivas ocurren en forma de sills, diques, lacolitos, lopolitos y necks volcánicos, con muy pocas expresiones de materiales piroclásticos (Paredes *et al.*, 2018).

En el área de estudio se puede apreciar el desarrollo de un homoclinal de suave inclinación en dirección NE que se encuentra profusamente disectado por fallas normales de orientación preferencial O-E a ONO-ESE y dirección de inclinación predominante en sentido N y subordinada hacia el S (Fig. 3)

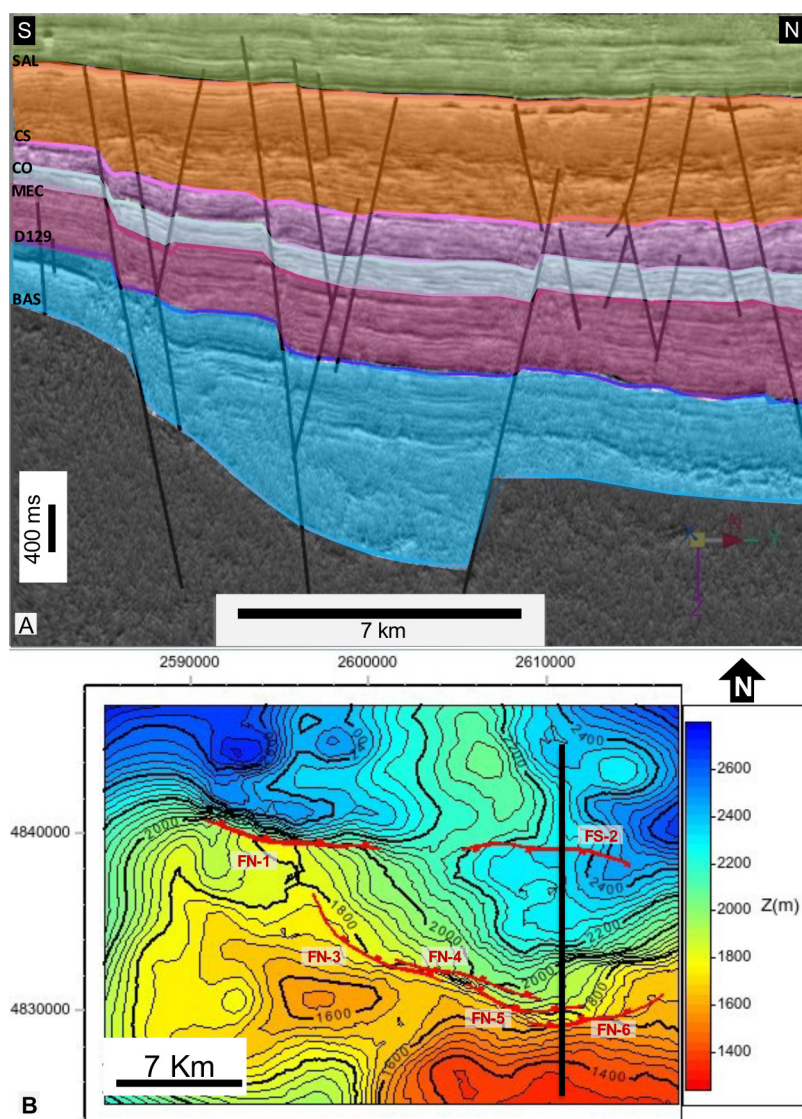


Figura 3. A. Sección sísmica S-N destacando el estilo estructural imperante en el flanco sur; B. Mapa estructural de la Formación Pozo D-129 donde se exhiben las 6 fallas seleccionadas para el estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el trabajo se contó con la interpretación sísmica de un cubo merge de 540 km², sobre la cual se interpretaron 6 reflectores de importancia regional y que corresponden a las principales unidades estratigráficas del área de estudio: El tope del Basamento económico y los topes de las Formaciones Pozo D-129, Mina del Carmen, Cañadón Seco y Salamanca, como también el tope del Miembro Caleta Olivia, perteneciente a la Formación Cañadón Seco.

Para el modelo de velocidad se consideraron las velocidades sísmicas calibradas con datos de pozo. Se seleccionaron 30 pozos dispersos en toda el área, considerando los checkshots con markers geológicos y se aplicó Kriging con deriva externa a partir de la velocidad media sísmica fuera de la ubicación del pozo. El Basamento ígneo-metamórfico es la unidad con menor densidad de información, siendo contactada por 5 pozos distribuidos homogéneamente en el área de estudio, como puede observarse en la Figura 4, junto a un perfil-tipo de un pozo que contacta dicha unidad.

A partir de las fallas y horizontes en profundidad se construyó una grilla geológica sobre la cual se computaron los rechazos verticales de cada uno de los horizontes medidos sobre la superficie de falla. Con la información extraída de la grilla se realizaron los gráficos de desplazamiento respecto de la distancia medida a lo largo del rumbo de la falla siguiendo la metodología de Childs *et al.* (1993).

Se analizó la magnitud y geometría de los perfiles de rechazo para cada unidad, permitiendo analizar si la falla creció a partir de segmentos menores, si el perfil de rechazos verticales presenta entrantes y salientes, o si creció a partir de la expansión de un solo segmento (Childs *et al.*, 2003).

Para poder analizar el crecimiento de una falla es importante evaluar cómo varía la longitud de la falla para cada unidad y su relación con los desplazamientos, pudiéndose analizar si la actividad de una falla se ve influenciada por aquellas que son colindantes.

Con el objetivo de evaluar la evolución de un sistema de fallas se realizaron perfiles de rechazo compuestos, a partir de la construcción de transectas perpendiculares al sistema de fallas y realizando la sumatoria de los rechazos verticales para cada unidad. De esta manera se puede evaluar si el sistema evolucionó durante la misma fase de deformación o han crecido de manera independiente (Walsh *et al.*, 1988, 2003).

Finalmente, a partir de la grilla geológica, se computaron los espesores estratigráficos verdaderos de cada unidad y se construyeron los mapas isopáquicos correspondientes, de manera tal de establecer si las fallas de interés condicionaron la sedimentación de dichas unidades.

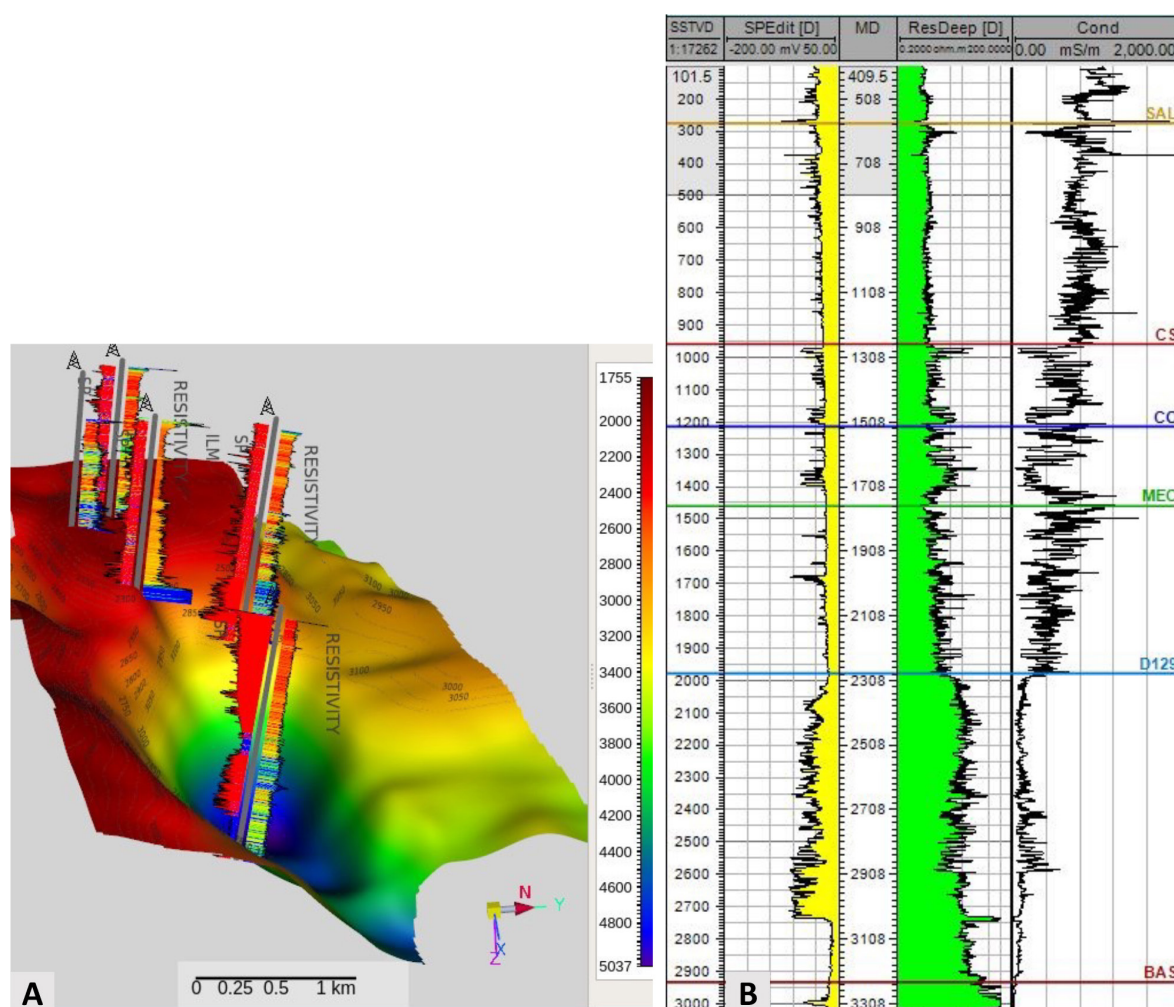


Figura 4. A. Mapa estructural al basamento donde se exhiben los pozos que contactan dicha unidad; B. Perfil abierto de uno de los pozos que contactan el basamento ígneo-metamórfico (BAS). La descripción litológica del cutting establece la presencia de rocas ígneas graníticas con variado grado de alteración y el desarrollo de un regolito al tope.

DESARROLLO

En función de su distribución de rechazos verticales y relaciones laterales las fallas fueron divididas en dos grandes grupos:

Fallas profundas

Se ubican en el sector septentrional del área de estudio, presentan un rumbo O-E y se caracterizan por tener los mayores rechazos verticales, entre ellas se encuentran la falla FN-1 y FS-2.

La falla FN-1 tiene una extensión de 9,4 km y presenta una distribución de rechazos verticales elíptica, con un rechazo máximo de 855m en el tope del Basamento, disminuyendo hacia las unidades

superiores, alcanzando los 30 a 40 m en la Formación Salamanca. En cuanto a su crecimiento, a partir de la distribución de rechazos verticales se puede reconocer que la falla se formó a expensas de al menos 2 segmentos en el caso del intervalo Basamento-D129. Para las unidades del Grupo Chubut se pueden reconocer diversas entrantes en el perfil de rechazos verticales que indica que dicha falla se fue propagando a partir de la unión de segmentos menores. La excentricidad del perfil de rechazos verticales hacia el oeste indica que la falla tuvo un mayor crecimiento lateral hacia el este (Fig. 5).

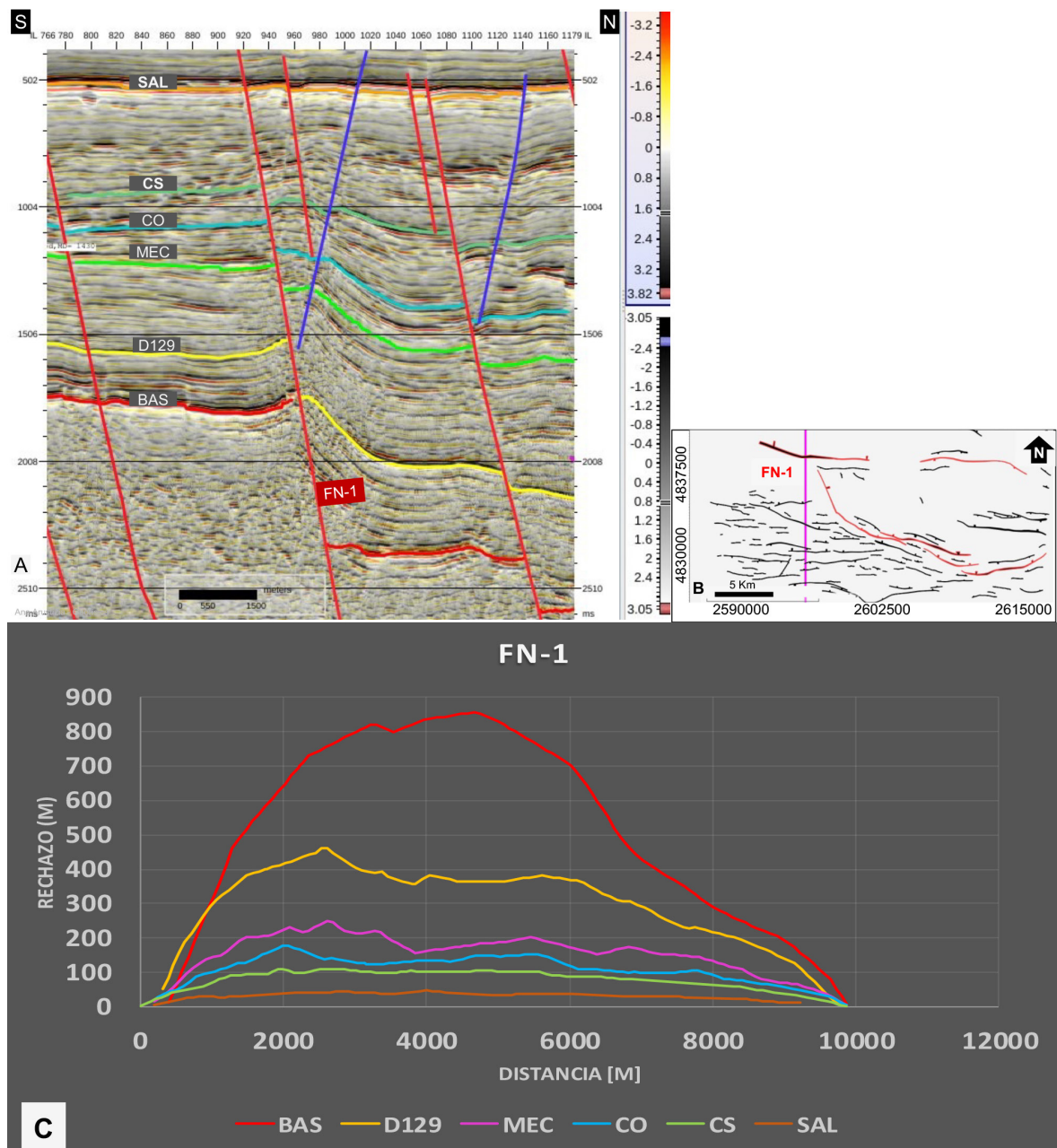


Figura 5. A. Sección sísmica donde se exhibe en rojo la falla FN-1 y los 6 horizontes sísmicos sobre los cuales se midieron los desplazamientos; B. Mapa de ubicación de la sección sísmica; C. Perfil de rechazos verticales de la falla FN-1. Referencias de los horizontes: Tope del basamento económico (BAS); tope de la Formación Pozo D-129 (D-129); tope de la Formación Mina Del Carmen (MEC); tope del Miembro Caleta Olivia (CO); tope de la Formación Cañadón Seco (CS); tope de la Formación Salamanca (SAL).

Falla FS-2 es una falla normal de rumbo O-E y dirección de inclinación S que presenta los mayores rechazos verticales de las seis fallas estudiadas, con un máximo de 1280 m para el intervalo Basamento-D129. Dicha estructura conforma un importante hemigraben que controla la sedimentación de depósitos asignados al Grupo Las Heras y los términos inferiores de la Formación Pozo D-129. En cuanto a la distribución de rechazos verticales, el gráfico de desplazamiento respecto de la distancia muestra importantes desplazamientos para el intervalo Basamento-D129,

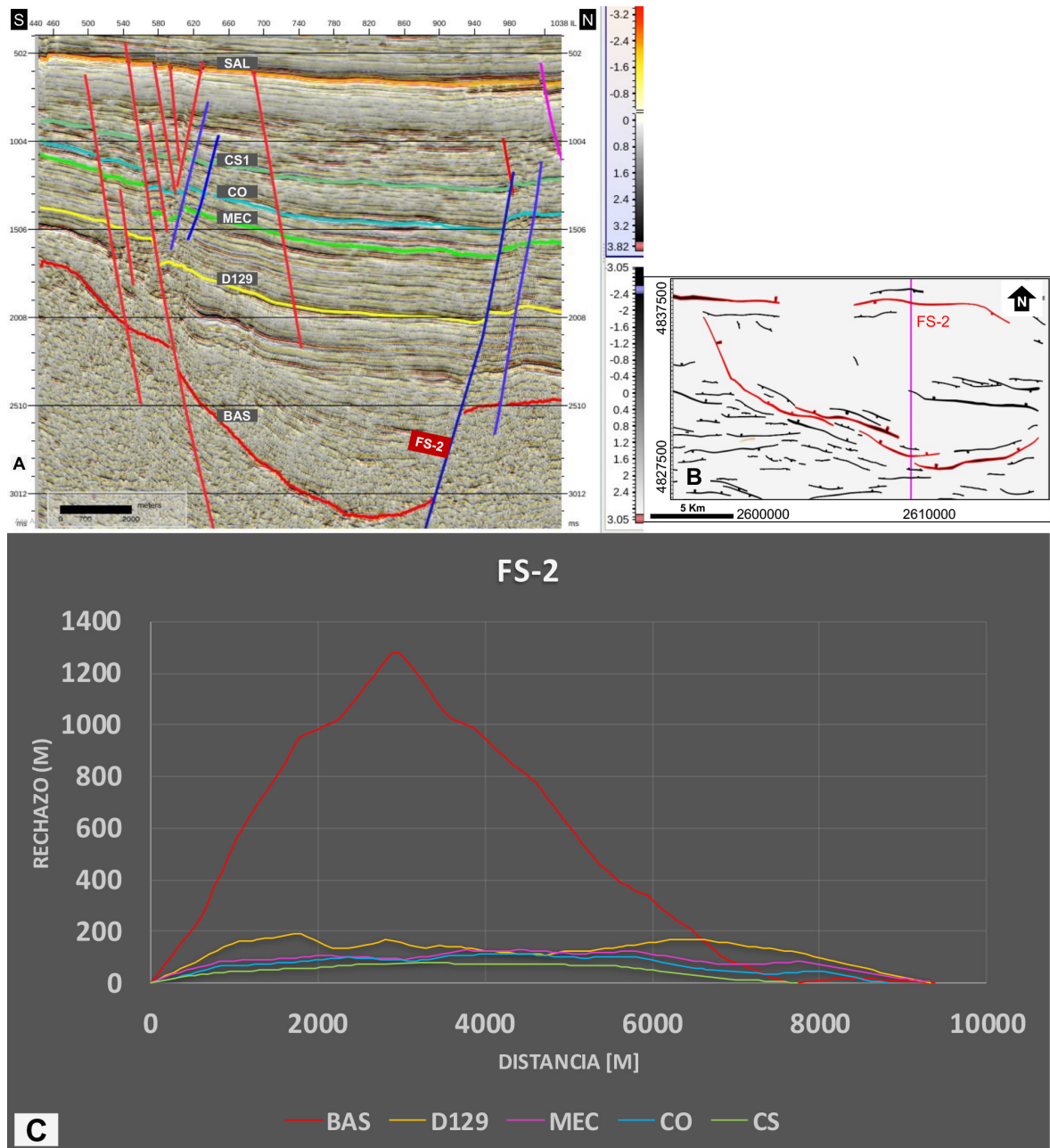


Figura 6. a. Sección sísmica donde se exhibe en rojo la falla analizada FS-2; b. Perfil de rechazos verticales calculados sobre la superficie de la allí FS-2; c. Mapa de ubicación de la sección sísmica.

donde se registra el máximo mencionado anteriormente, mientras que para el Grupo Chubut los rechazos verticales no superan los 200 m, siendo el valor más frecuente 100 m; así mismo se puede observar que para el Grupo Chubut se produce un mayor crecimiento lateral de la falla hacia el este. Esto permite interpretar que dicha falla responde a dos eventos extensionales distintos, uno de gran importancia que afecta al Grupo Las Heras y uno posterior, de menor jerarquía, donde la falla crece a partir de la unión de segmentos menores hacia los términos superiores de la Formación Pozo D-129, creciendo en longitud y con rechazos verticales moderados a bajos (Fig. 6).

Sistema de fallas austral

Este grupo de fallas constituyen un sistema de fallas sintéticas desarrolladas en un alto estructural ubicado al S del área de estudio interactuando entre sí mediante el desarrollo de rampas de relevo (Fig. 7).

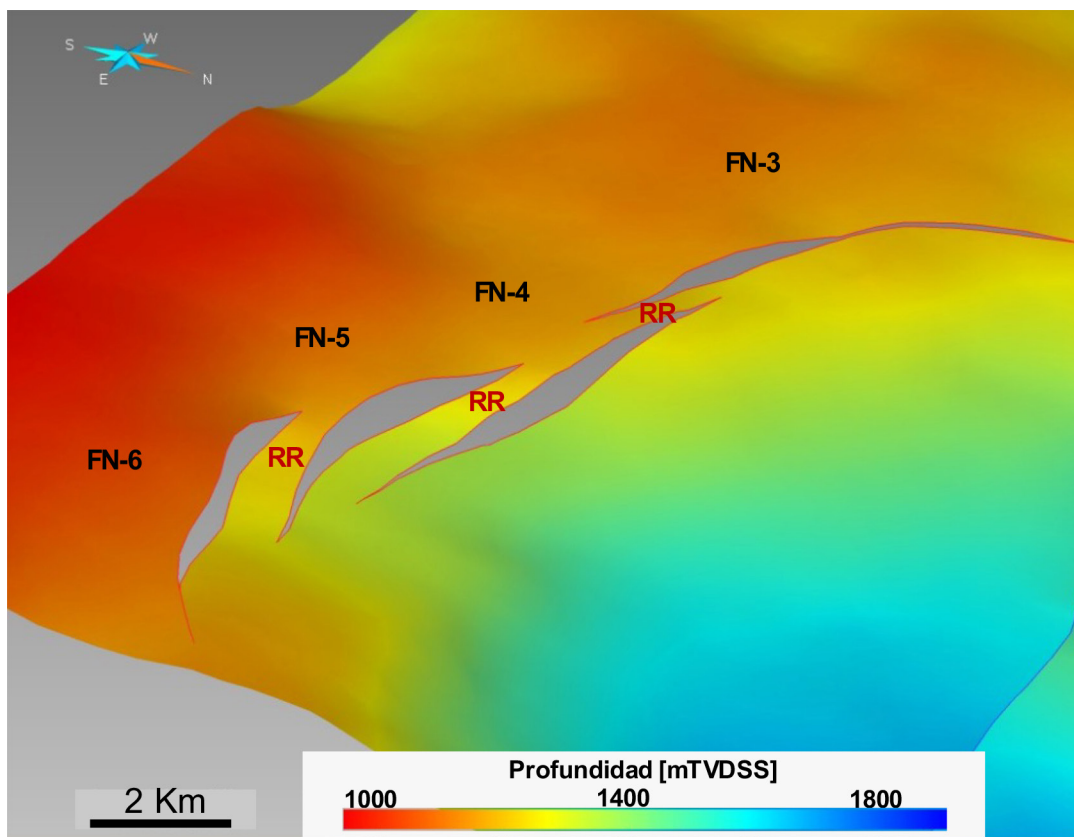


Figura 7. Mapa al top de la Formación Mina Del Carmen donde se exhiben las cuatro fallas que componen el sistema de fallas austral y su interacción a partir del desarrollo de rampas de relevo (RR).

La falla FN-3 se ubica en el sector central del yacimiento, presenta una longitud de 7 km y una orientación general NO-SE y dirección de inclinación NE. Su geometría en planta es

levemente curva y contactan tanto el Basamento como la Formación Salamanca. El máximo rechazo medido se encuentra en el tope el Basamento con 370 m y un perfil acampanado con un moderado desplazamiento hacia el este de los máximos rechazos verticales. Para el intervalo correspondiente a la Formación Pozo D-129 se observa una mayor propagación lateral de la falla y una disminución en los rechazos verticales. Para los intervalos del Grupo Chubut se observa una disminución del rechazo y una menor extensión lateral de la falla, pasando de un perfil de rechazos verticales acampanado a uno mesetiforme hacia el tope de la Formación Cañadón Seco. Los menores rechazos verticales se encuentran en la Formación Salamanca, con valores inferiores a los 30 m, un perfil mesetiforme y una reducción en la extensión lateral de un 25% en el ala oriental (Fig. 8).

En cuanto al crecimiento de la falla, se puede observar que la misma creció a partir de 3 segmentos para el caso del Basamento, mientras que para el Grupo Chubut se reconocen 6 segmentos individuales.

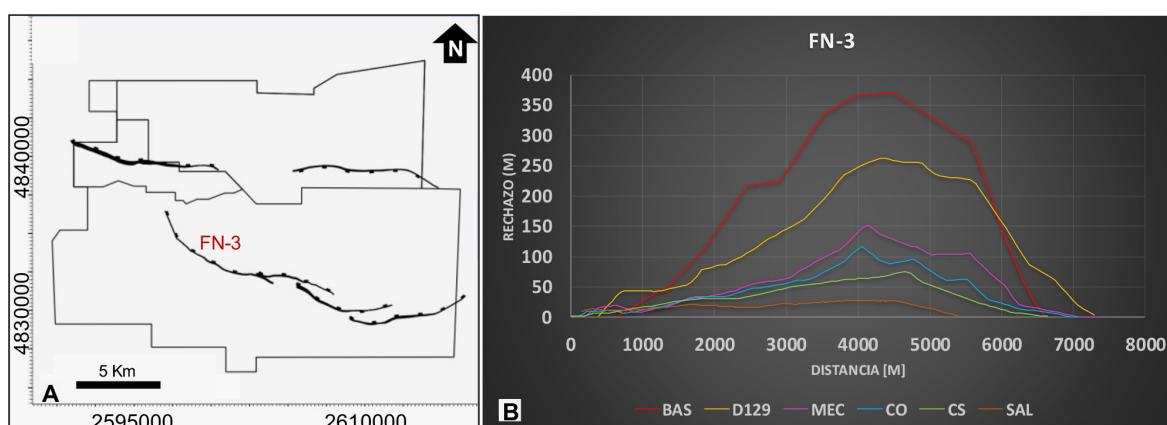


Figura 8. A. Mapa de ubicación de la falla FN-3; B. Perfil de rechazos verticales de la misma falla.

La falla FN-4 presenta una geometría en planta de tipo curvada de 8,8 km de longitud y que se relaciona con las fallas FN-5 y FN-6 a través de dos zonas de transferencia. En cuanto a la distribución de rechazos verticales, presenta el perfil más complejo de las 6 fallas analizadas y la que presenta los menores rechazos verticales. La falla contacta desde el Basamento hasta el tope de la Formación Salamanca, sin embargo, los máximos rechazos verticales se encuentran en la Formación Pozo D-129 con 124 m decreciendo levemente para el caso de las Formaciones Mina Del Carmen y Cañadón Seco, mientras que Salamanca presenta rechazos verticales mucho menores, del orden de los 30m. En cuanto a la distribución de los desplazamientos y crecimiento de la falla se puede inferir que dicha falla se nucleó en Formación Pozo D-129, a partir de 3 segmentos individuales, extendiéndose hacia el tope del Basamento. Para el intervalo Mina Del Carmen-Cañadón Seco se puede observar un desplazamiento del perfil de rechazos verticales hacia

el este con una geometría elíptica que permite inferir el crecimiento a partir de un solo segmento. Finalmente, se reconoce una última fase extensional que afecta a la Formación Salamanca con un perfil de rechazos verticales mesetiforme con rechazos verticales inferiores al 30 m (Fig. 9).

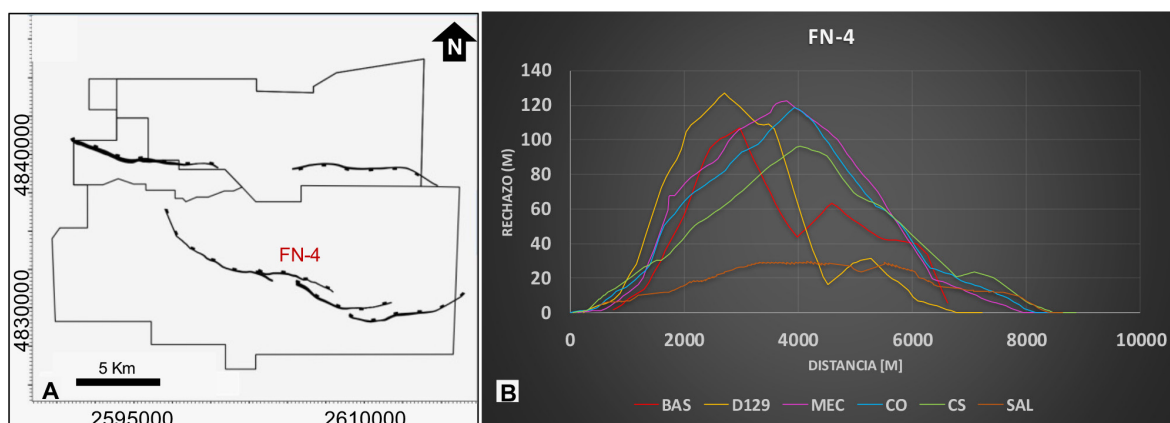


Figura 9. A. Mapa de ubicación de la falla FN-4; B. Perfil de rechazos verticales de la misma falla.

La falla FN-5 se encuentra ubicada al oeste de la falla FN-6 con el desarrollo de un soft-linkage entre ambas. Presenta una extensión lateral de 6 km y presenta una geometría en planta curva. El rechazo máximo es de 240m y se encuentra en el tope del Basamento, siendo sucesivamente menores para las unidades del Grupo Chubut. En cuanto al crecimiento, se puede observar que para el Basamento se identifican dos segmentos principales, mientras que para el caso del Grupo Chubut se pueden inferir de 3 a 5 segmentos distintos. Debido a que la extensión lateral de la falla para el Grupo Chubut es mayor a la que afecta el tope del Basamento, se puede inferir dos fases extensionales superpuestas en esta falla, la primera afecta al intervalo del tope de basamento y parcialmente al tope de Formación Pozo D-129, mientras que la segunda implica una reactivación de la falla, un crecimiento en longitud con un menor rechazo y desplazamiento hacia el oeste de los máximos rechazos verticales (Fig. 10).

La falla FN-6 se ubica en el sector oriental del bloque, presenta una longitud de 7,5 km y una geometría curva con orientación O-E e inclina hacia el N contactando tanto al Basamento como a la Formación Salamanca. En lo que a la distribución de rechazos verticales respecta, presenta los mayores rechazos verticales en el tope del Basamento, con un máximo de 371m, disminuyendo a 230m para al tope de la Formación Pozo D-129 y llegando a valores máximos de 52m para la Formación Salamanca. En cuanto al crecimiento, se aprecia que para el tope del Basamento se pueden identificar dos segmentos independientes, uno de mayor jerarquía, ubicado al O y un segmento menor, con muy bajos rechazos verticales hacia el E. En lo que respecta al Grupo Chubut, se observa un crecimiento a partir de al menos seis segmentos menores y una distribución más homogénea del rechazo a lo largo de la traza de la falla. Cabe destacar que se puede inferir que

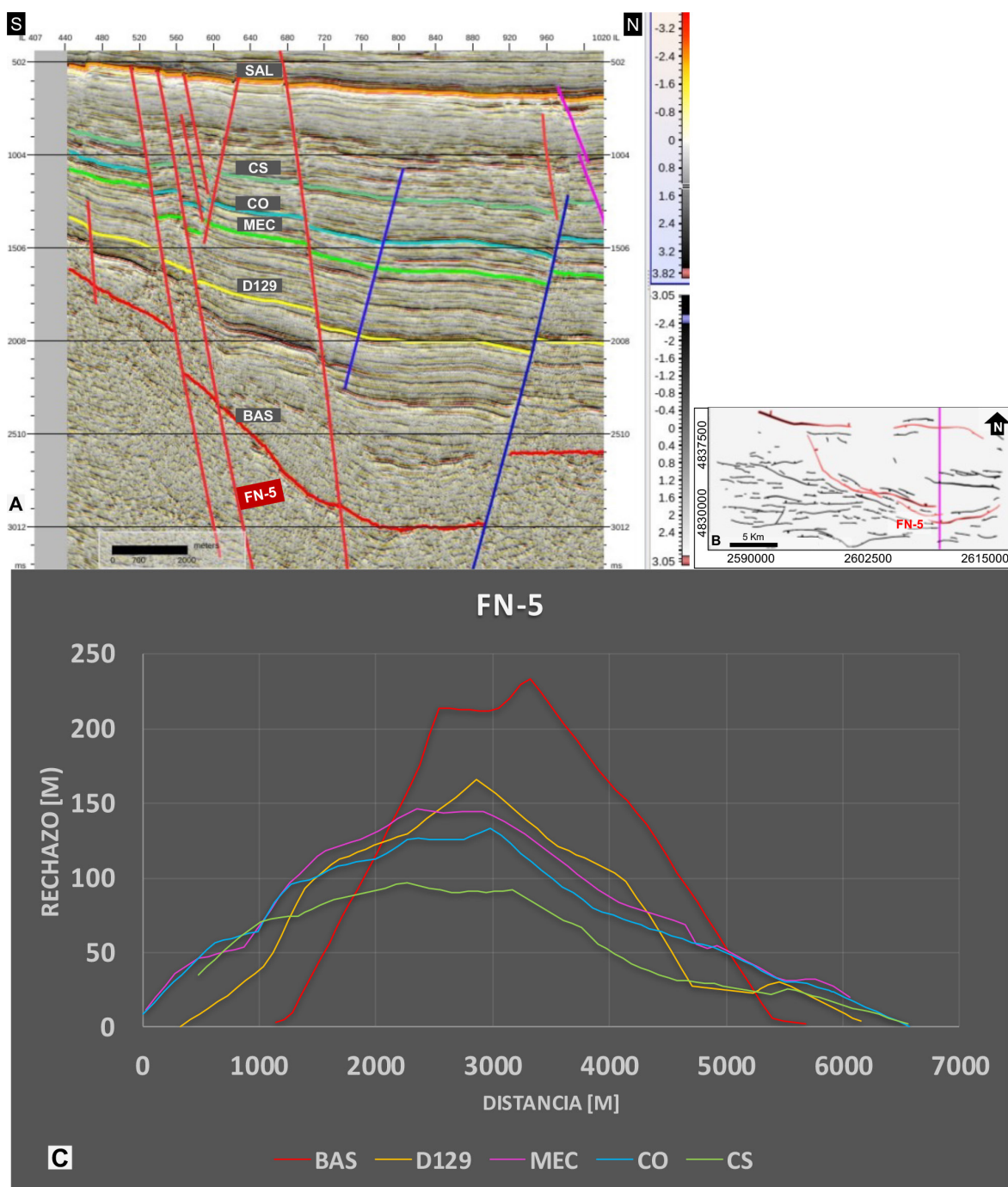


Figura 10. A. Sección sísmica donde se exhibe en rojo la falla analizada FN-5; B. Mapa de ubicación de la sección sísmica; C. Perfil de rechazos verticales calculados sobre la superficie de la falla FN-5.

esta estructura se desarrolló en al menos 3 etapas distintas, la primera, que afecta al Basamento, se caracteriza por rechazos verticales importantes con una concentración en la sección central de cada segmento; la segunda etapa involucra tanto a la Formación Pozo D-129 como a Mina Del Carmen y que se caracteriza por el crecimiento a partir de seis segmentos de falla con una

distribución de rechazos verticales más homogénea con respecto a la etapa anterior. Finalmente, la tercera etapa se caracteriza por una distribución de rechazos verticales mesetiforme, con rechazos verticales menores a 200 m homogéneamente distribuidos a lo largo de la traza de falla, esta etapa involucra a las Formaciones Cañadón Seco y Salamanca, respectivamente (Fig. 11).

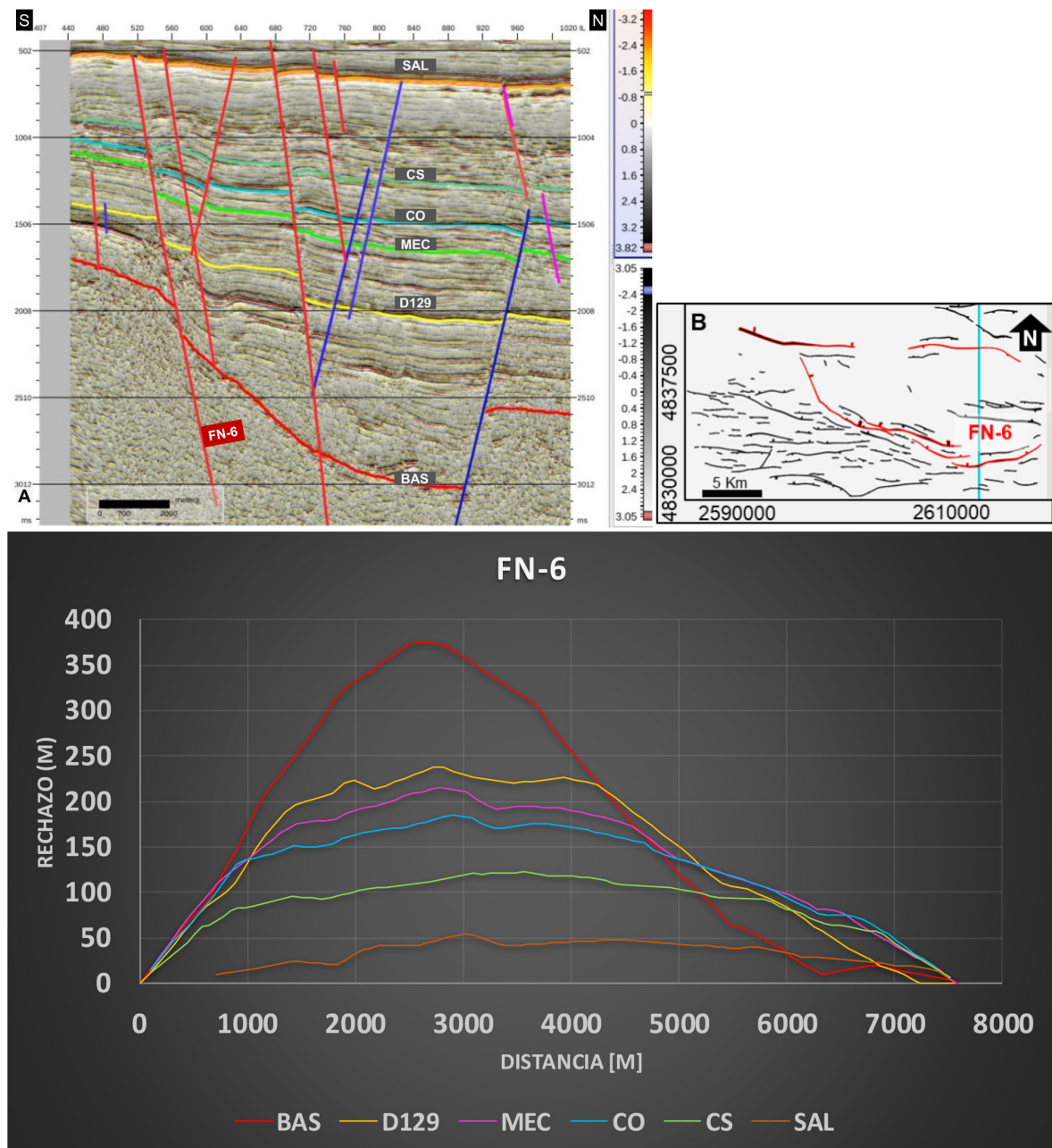


Figura 11. a. Sección sísmica donde se exhibe en rojo la falla analizada FN-6; b. Perfil de rechazos verticales calculados sobre la superficie de la falla FN-6; c. Mapa de ubicación de la sección sísmica.

Evolución del sistema de fallas

A partir del análisis de perfiles de desplazamiento compuestos que incluyen los desplazamientos de cada falla que compone el sistema en estudio se puede determinar si dichas fallas están cinemática y mecánicamente relacionadas. Se realizaron mediciones espaciadas en transectas S-N y se computaron los rechazos verticales para los 6 niveles de interés, en el caso que en una misma transecta se contacten dos o más fallas, se suman los rechazos verticales individuales de cada una. Se grafican los desplazamientos compuestos respecto de la distancia. Si el perfil compuesto presenta un arreglo regular, ya sea acampanado o mesetiforme, indica que las fallas crecieron durante la misma fase tectónica.

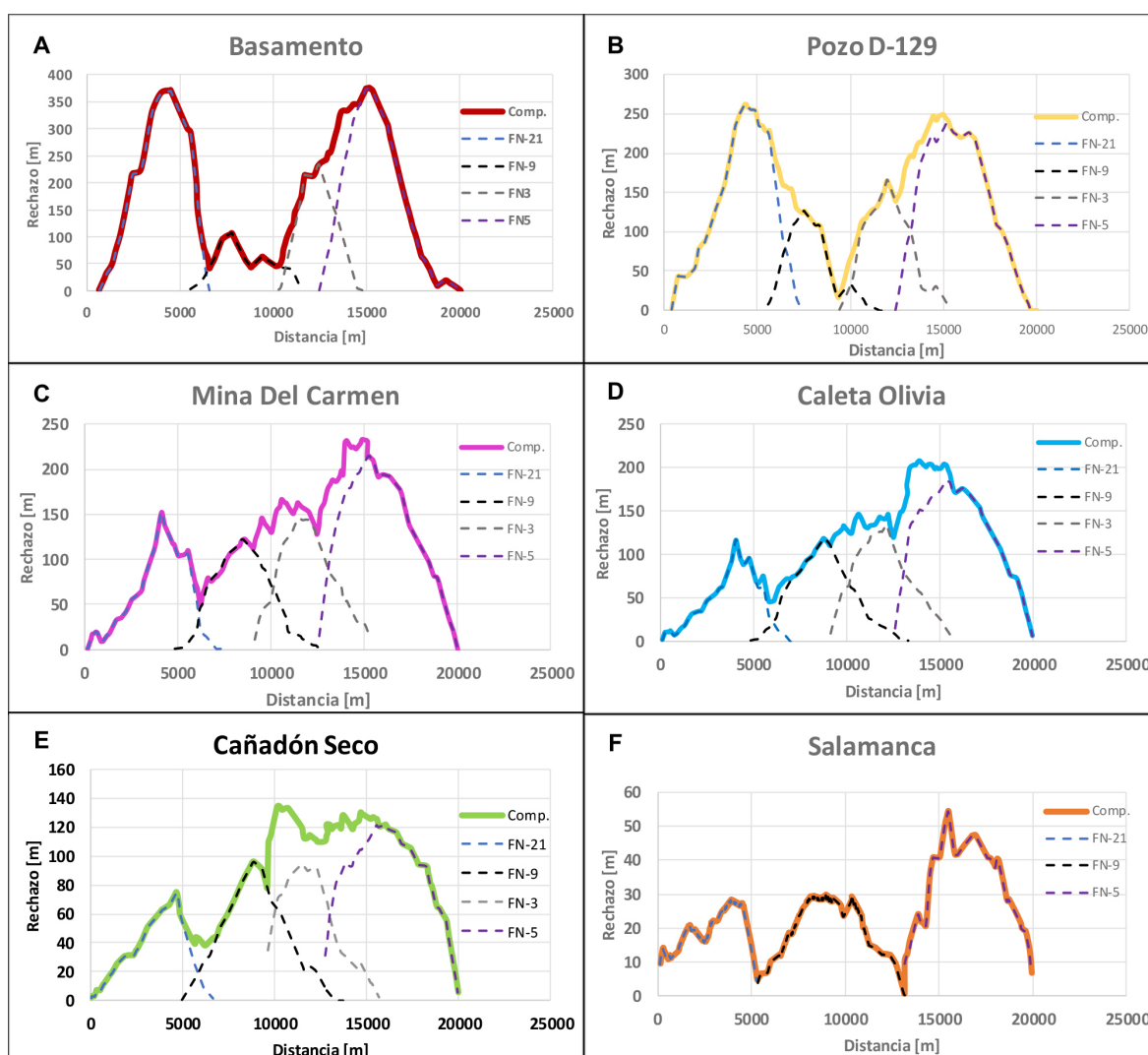


Figura 12. Perfiles de desplazamiento compuestos para el sistema de fallas austral: A. Basamento; B. Pozo D-129; C. Mina del Carmen; D. Caleta Olivia; E. Cañadón Seco; F. Salamanca.

Al aplicar esta metodología en el sistema de fallas austral, se pudo establecer que el perfil compuesto para el Basamento muestra un arreglo bimodal donde las fallas FN-3 y FN-4 presentan un arreglo regular, separadas de las fallas FN-5 y FN-6. En el caso del intervalo correspondiente a la Fm. Pozo D-129, se mantiene el arreglo bimodal con una mayor expansión lateral de las fallas. El perfil de desplazamiento compuesto para el caso de la Formación Mina Del Carmen presenta un arreglo bimodal con un marcado crecimiento del sistema oriental en detrimento del sistema occidental. Para las unidades restantes del Grupo Chubut se observa perfil similar que para el caso de Formación Mina Del Carmen con una mayor preponderancia del sistema oriental en detrimento del occidental dando como resultado un perfil compuesto regular. Finalmente, para la Formación Salamanca se observa un perfil polimodal con tres secciones distintas que corresponden a las fallas FN-3, FN-4 y FN-6.

A partir de este análisis se puede concluir que el sistema de fallas austral presenta una primera fase donde los segmentos se encontraban aislados en dos grupos menores (FN-3-FN-4 y FN-5-FN-6), conforme el sistema crece lateralmente se incorpora la falla FN-4, observándose un aumento en el desplazamiento de la última para el intervalo correspondiente a Mina Del Carmen. La tercera y última fase reconocida se ve representada por la reactivación de las fallas FN-3, FN-4 y FN-6 que afectan a la Formación Salamanca (Fig. 12).

Distribución de espesores sedimentarios

Los mapas isopáquicos permitieron reconocer dos depocentros de gran importancia (Fig. 13). El de mayor jerarquía constituye un hemigraben ubicado en el sector oriental del área de estudio y cuyo margen activo responde a la falla FS-2. Dicho presenta los mayores espesores preservados del Grupo Las Heras y se asocia a la falla de mayor rechazo del bloque. El control tectónico en la sedimentación afecta principalmente al Grupo Las Heras y las secciones basal y media de la Formación Pozo D-129 (Fig. 13); los términos superiores rellenan el hemigraben de manera pasiva, lo colmatan, preservándose espesores fuera del ámbito del hemigraben.

Cabe destacar que, el margen flexural del mencionado hemigraben tiene asociadas a las fallas FN-5 y FN-6, las cuales exhiben un leve control estructural en la sedimentación, siendo evidente en el intervalo pre-Mina Del Carmen.

El segundo depocentro se asocia a la falla FN-1 y ha controlado los espesores del Grupo Las Heras, la Formación Pozo D-129 y Mina Del Carmen, coincidiendo con una falla que presenta un crecimiento importante en la propagación vertical respecto de la expansión lateral.

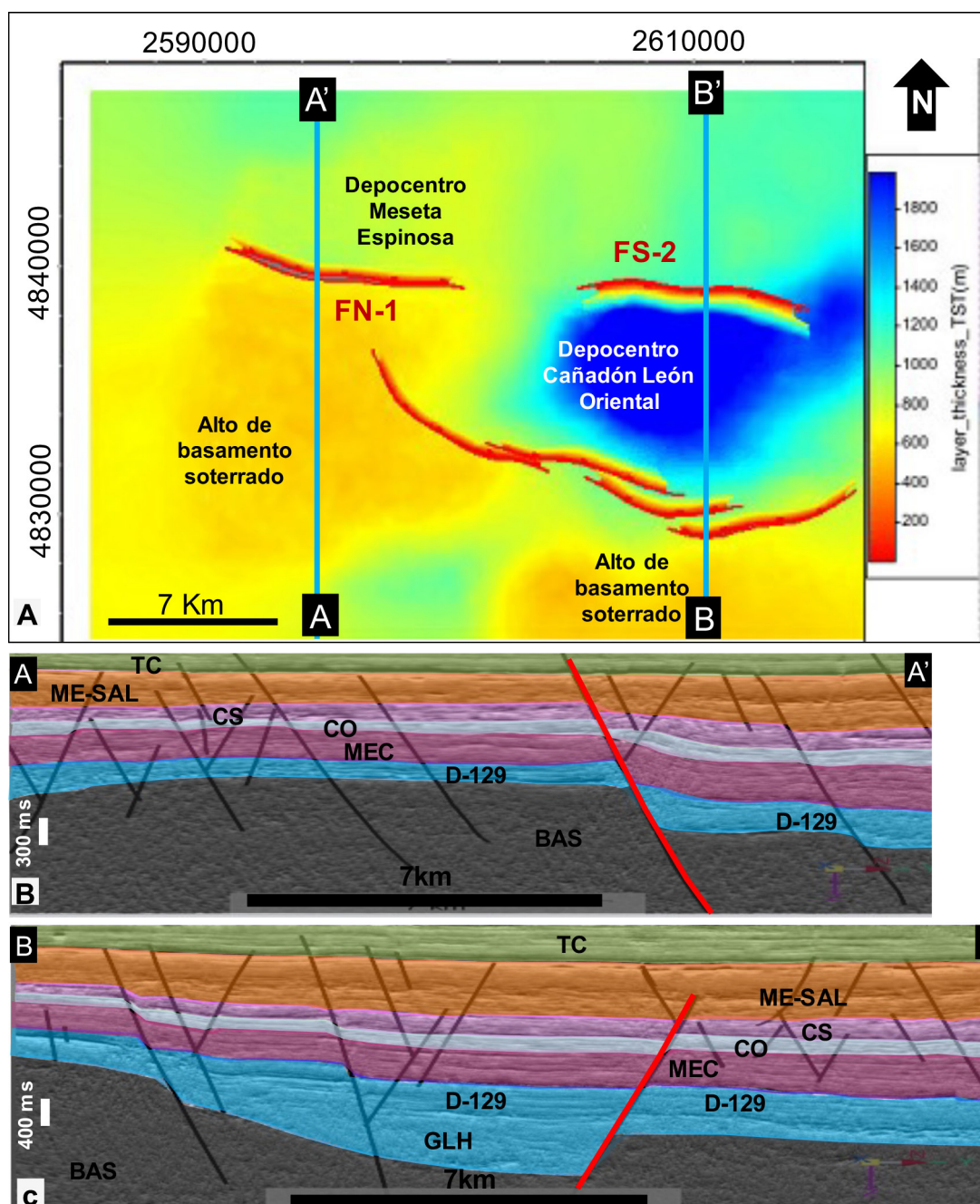


Figura 13. A. Mapa isopáquico del intervalo D-129 a Basamento donde se exhiben los dos depocentros identificados y los altos basamentales actualmente soterrados por los depósitos post-Grupo Las Heras; B y C, secciones sísmicas transversales a dichos depocentros. Referencias: Basamento (BAS); Grupo Las Heras (GLH); Formación Pozo D-129 (D-129); Formación Mina del Carmen (MEC); Miembro Caleta Olivia (CO); Miembro Cañadón Seco 1 (CS); Formaciones Meseta Espinosa y Salamanca indiferenciadas (ME-SAL); Terciario indiferenciado (TC).

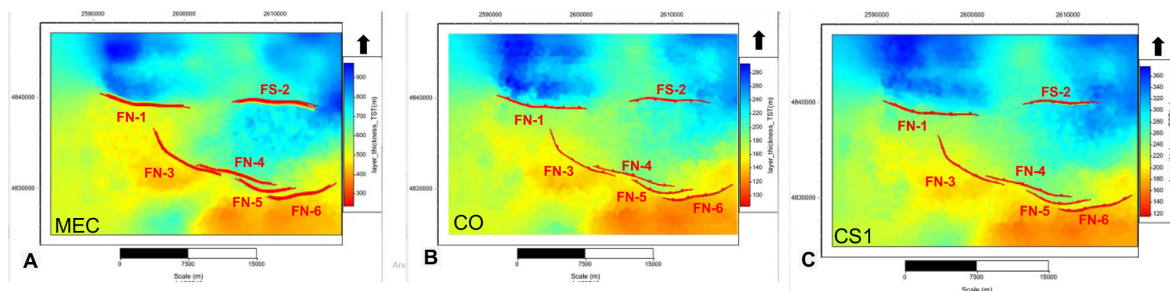


Figura 14. Mapas isopáquicos. A) Formación Mina Del Carmen. (B) Miembro Caleta Olivia. (C) Miembro Cañadón Seco 1.

CONCLUSIONES

A partir de los mapas de rechazo se pudo conocer la evolución de las 6 fallas analizadas, en su gran mayoría los máximos rechazos verticales fueron computados en el tope del Basamento, a excepción de una sola falla cuyos rechazos verticales eran máximos en Pozo D-129. Los máximos rechazos verticales medidos alcanzan los 1280 m y corresponden a la falla FS-2.

Se puede observar en 5 de las 6 fallas que el rechazo disminuye hacia las unidades más modernas, a excepción de la falla FN-4.

A grandes rasgos, las fallas estudiadas no crecieron a partir de un solo segmento, sino que lo han hecho a partir de 3 o más segmentos que fueron enlazados mediante un *hard-linkage*. La cantidad de segmentos de falla varía según la unidad que afectan siendo muy frecuentes en el Grupo Chubut.

Se pudo identificar un control estructural de primer orden en la sedimentación a partir del análisis de mapas isopáquicos que muestran el desarrollo de dos depocentros principales, uno que condicionó el relleno del Grupo Las Heras y la sección basal y media de Formación Pozo D-129, asociado a la falla FS-2 y un depocentro que controló principalmente la depositación de la Formación Pozo D-129 y Mina Del Carmen, asociado a la falla FN1. No se observa un control claro en la sedimentación de la Formación Cañadón Seco ni Salamanca en las fallas analizadas.

Se pudieron reconocer tres eventos extensionales que afectan al área de estudio con diversa intensidad, uno de gran desplazamiento, que afectó principalmente al basamento y que organizó la paleogeografía de este sector definiendo depocentros y altos locales que condicionaron la sedimentación posterior. Una segunda fase extensional, relacionada al Grupo Chubut, con un escaso control estructural, a excepción de los depocentros mencionados y que se caracteriza por una mayor expansión lateral de las fallas. Finalmente, un evento de menor magnitud que afecta a la Formación Salamanca y que llevó a la reactivación de fallas previas.

Los resultados de este trabajo permitirán refinar el modelo paleogeográfico del área con la finalidad de predecir la distribución de facies, especialmente en los términos basales del Grupo Chubut por estar pobremente contactado por pozos.

REFERENCIAS CITADAS

- Bitschene, P., Giacosa, R., Márquez, M., 1991. Geologic and mineralogic aspects of the Sarmiento Alkaline Province in central eastern Patagonia, Argentina. Congreso Geológico Chileno, 328-331.
- Childs, C., Easton, S., Vendeville, B., Jackson, M., Lin, S., Walsh, J., Watterson, J., 1993. Kinematic analysis of faults in a physical model of growth faulting above a viscous salt analogue.
- Childs, C., Nicol, A., Walsh, J., Watterson, J., 2003. The growth and propagation of synsedimentary faults. *Journal of Structural Geology* 25, 633-648.
- Clavijo, R., 1986. Estratigrafía del Cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras* 9, 15-32. Buenos Aires.
- Figari, E., Strelkov, E.E., Laffitte, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martinez, R., Villar, H., 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. In: 4th Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, pp. 197-237 (Buenos Aires).
- Fitzgerald, M. G.; Mitchum, R. M.; Uliana, M. A. and Biddle, K.T., 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 74: 879-920.
- Foix, N., Paredes, J., Giacosa, R., 2008. Paleo-earthquakes in passive-margin settings, an example from the Paleocene of the Golfo San Jorge basin, Argentina. *Sedimentary Geology*, 205, 67-78.
- Foix, N., Allard, J. O., Ferreira, M. L.; Atencio, M., 2020. Spatio-temporal variations in the Mesozoic sedimentary record, Golfo San Jorge Basin (Patagonia, Argentina): Andean vs. cratonic sources. *Journal of South American Earth Sciences* 98.
- Giacosa, R., Paredes, J., Nillni, A., Ledesma, M., Colombo, F., 2003. Fallamiento normal terciario en la Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia Argentina. *Geotemas* 5, 89-93.
- Giacosa, R.E., Paredes, J.M., Nillni, A., Ledesma, M., Colombo, F., 2004. Fallas normales de alto ángulo en el Neógeno del margen Atlántico de la Cuenca del Golfo San Jorge (46°S - 67° 30'O, Patagonia Argentina), 3. In: Viseras, C., Soria, J., Fernández, J. (Eds.), *Avances recientes del conocimiento del Terciario*. Boletín Geológico y Minero, vol. 115, pp. 537-550 (Madrid).
- Lesta, P., Ferello, R., 1972. Región extraandina del Chubut y norte de Santa Cruz, et A. F. Leazna, ed., *Geología Regional Argentina: Academia Nacional de Ciencias*, 601-654.
- Paredes, J. M., Aguiar, M., Ansa, A., Giordano, S., Ledesma, M., Tejada, S., 2018. Inherited discontinuities and fault kinematics of a multiphase, non-colinear extensional setting: Subsurface observations from the South Flank of the Golfo San Jorge basin, Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 81, 87-107.
- Walsh, J., Bailey, W., Childs, C., Nicol, A., Bonson, C., 2003. Formation of segmented normal faults: a 3-D perspective. *Journal of Structural Geology* 25, 1251-1262.
- Walsh, J., Watterson, J., 1988. Analysis of the relationship between displacements and dimensions of faults.

