

EL IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE INTERPRETACIÓN SÍSMICA DE ALTA DENSIDAD EN LA ASISTENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ESTÁTICOS PARA RECUPERACIÓN SECUNDARIA EN LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE, ARGENTINA

Ignacio Rovira¹, Loeiza Gicquel², Luis Vernengo³, François Lafferriere²

1: CGC S.A. Ignacio_rovira@cgc.com.ar

2: Eliis Ltda. loeiza.gicquel@eliis.fr

3: Pan American Energy Group. lvernengo@pan-energy.com

Palabras clave: descomposición espectral, recuperación secundaria, Formación Comodoro Rivadavia, geomodelo solido

ABSTRACT

The interpretation of horizons and faults in a seismic volume corresponds to the first step that geoscientists must take when building a static model, either to discover or develop any hydrocarbon-producing reservoir. In recent years, the implementation of secondary recovery projects has managed to support an important revitalization of hydrocarbon production in fields once considered mature. The successive advance of technology, evidenced by a significant increase in computing power, presented a strong innovation in the way of interpreting seismic data. This allows today's seismic interpreter to feed the mapping algorithms for the generation of static models with a greater quantity and quality of seismic horizons, within the seismic vertical resolution.

In this sense, the construction of a solid geomodel, composed of a continuous horizon associated with each seismic reflector located within the Comodoro Rivadavia, Yacimiento El Trebol and Mina El Carmen formations in the Golfo San Jorge basin, becomes a powerful and reliable tool for data input in the consolidation of a static model. In addition, an associated seismic attributes and spectral decomposition analysis allowed to incorporate sedimentary trends to the identified reservoirs, further integrating the available G&G information.

INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

La revitalización de campos productivos en declive a partir de la implementación y ejecución de proyectos de recuperación secundaria es una tendencia que se mantiene vigente en los últimos años. En este sentido, el armado de equipos multidisciplinarios resulta clave para la integración de la información geológica, geofísica y de ingeniería de reservorios y el consecuente armado de un modelo estático para su posterior simulación dinámica.

En particular, el rol del intérprete sísmico resulta de vital importancia en los primeros estadios del flujo de trabajo. Así, las interpretaciones de las principales fallas y horizontes que conformaran la caja del modelo estático fueron consideradas en algún momento el aporte de la información sísmica al modelado de yacimientos productivos. El reciente avance tecnológico permitió, entre otras cosas, adquirir mayor poder de cómputo, y, por ende, mayor capacidad de procesamiento de información. Esto habilitó la creación de nuevas herramientas para la interpretación de los datos y nuevas soluciones para la creación de los antes mencionados modelos.

En la presente contribución se presenta no solo una nueva herramienta para un mayor aprovechamiento del dato sísmico, sino una eficaz metodología aplicada a la captura de información que resulta vital en la incorporación de las tendencias sedimentarias, obtenidas tanto a partir de la de la descomposición espectral como la extracción y análisis de atributos sísmicos.

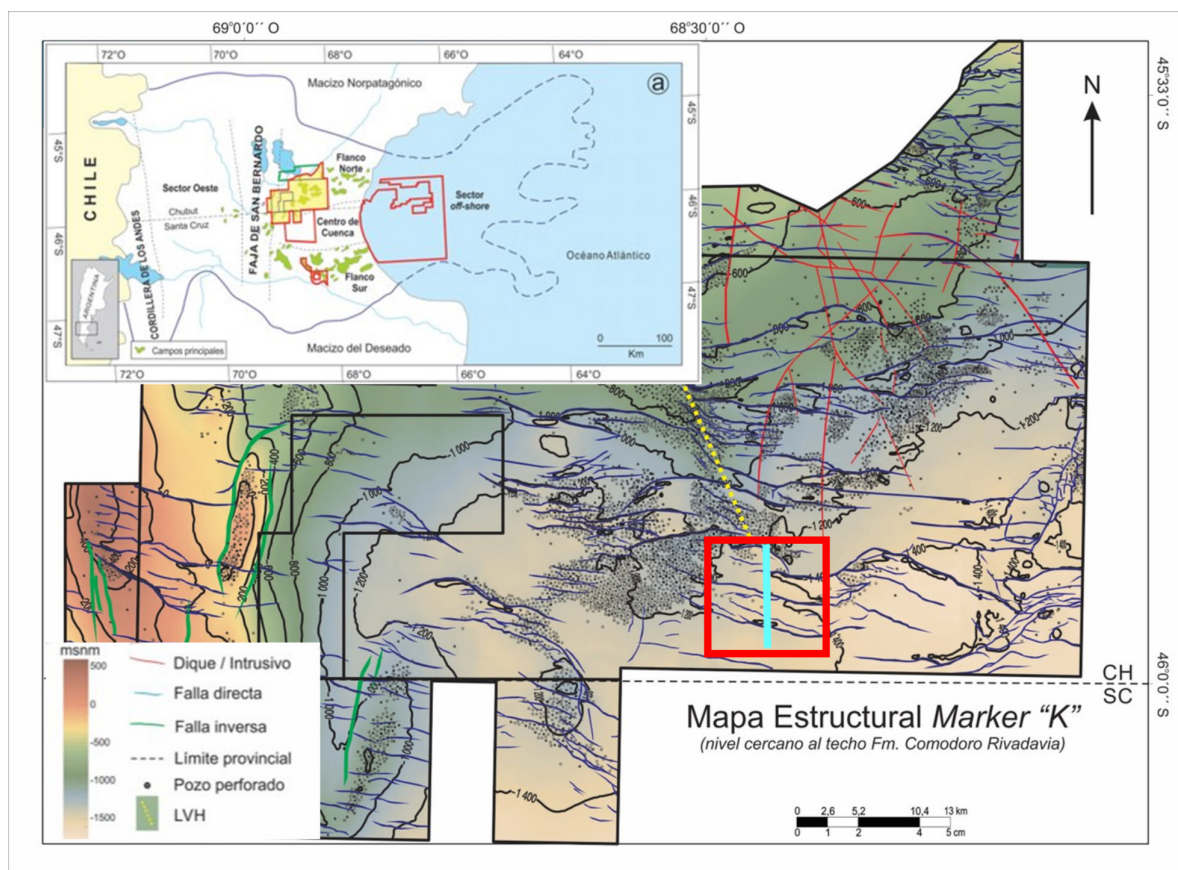


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio de la Cuenca del Golfo San Jorge en contexto. Mapa estructural cercano al techo de la Formación Comodoro Rivadavia. Se indica con un cuadrado de color rojo indica la posición del área de estudio. La línea de color turquesa indica la posición de la sección sísmica de la Figura 2 (Modificado de Cohen *et al.*, 2022).

Como puede observarse en la Figura 1, el área de estudio corresponde a una serie de yacimientos productivos operados por Pan American Energy Group y conforman la porción centro - sur de la concesión de Anticlinal Grande – Cerro Dragón, parte del Flanco Norte de la Cuenca Golfo San

Jorge. La zona abordada abarca aproximadamente 75 km² y se ubica en la Provincia de Chubut, cercana al límite con la Provincia de Santa Cruz. Los yacimientos estudiados son los de Lagarto Sur, Guanaco, la porción sudoccidental de Zorro y la porción septentrional de La Madreselva Sur. Este último, se ubica en el margen septentrional del área de estudio y posee un proyecto de recuperación secundaria en plena etapa de ejecución. Entonces, el objetivo de este trabajo consiste en estudiar los principales reservorios productivos de este proyecto para comprender su extensión areal y así prospectarlos hacia zonas menos desarrolladas.

En cuanto a la estratigrafía (Figura 2), la presente contribución está focalizada en la visualización a partir de datos sísmicos de depósitos de edad cretácica, generados a partir de eventos fluviales canalizados del Grupo Chubut. En cuanto a su contribución la mayor parte de los eventos identificados corresponde a la Formación Comodoro Rivadavia, y en menor medida a las formaciones Mina El Carmen y El Trébol.

Tradicionalmente la Formación Mina El Carmen fue un objetivo secundario en la prospección de hidrocarburos en la cuenca, debido a que los reservorios canalizados presentan escasa extensión areal, baja calidad petrofísica, y entrapamientos de difícil detección sin la tecnología de prospec-

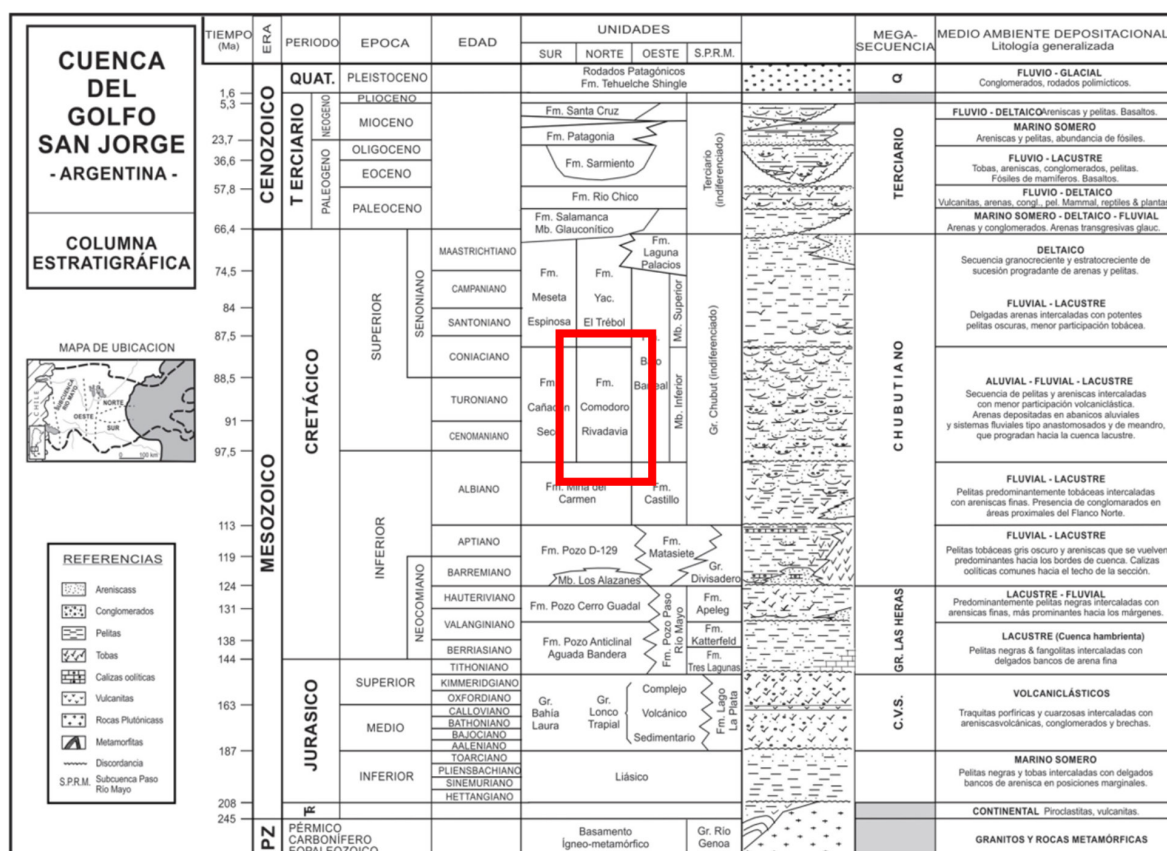


Figura 2. Columna estratigráfica de la Cuenca del Golfo San Jorge. Se indica con un cuadrado de color rojo a la Formaciones Comodoro Rivadavia, la porción superior de la formación Mina El Carmen, y la porción basal de la Formación Yacimiento El Trébol, foco de este estudio (Modificada de Cohen *et al.*, 2022).

ción disponible actualmente. En los últimos años, la realización de diversos estudios llevó al descubrimiento de gas y petróleo dentro de esta unidad. La exploración y desarrollo de hidrocarburos en esta unidad requieren de la identificación y caracterización tanto de los reservorios canalizados como de los reservorios no canalizados de origen diagenético (Cohen *et al.*, 2022). La misma fue definida por Lesta (1968) y su edad corresponde al Cretácico inferior. Está representada por una sucesión de sedimentos tobáceos depositados en ambientes fluviales compuestos, tanto por facies canalizadas como no canalizadas de planicies de inundación proximal y distal. También se interpretan depósitos denominados sheetflood o arroyadas en manto, los cuales corresponden a inundaciones repentinas de la llanura de inundación proximal (Paredes *et al.* 2011).

La Formación Comodoro Rivadavia contiene a las rocas reservorio por excelencia del play del área de Cerro Dragón. Sus niveles productivos se encuentran conformados por una sucesión de areniscas lítico- feldespáticas intercalados por pelitas y pelitas tobáceas. De base a techo, la matriz contiene mayor proporción tobácea (Sección Tobácea), la cual se torna más silicoclástica en el techo. La edad de esta formación se estima que abarcaría desde el Cretácico Inferior hasta el Cretácico Superior (Lesta, 1968; Fitzgerald *et al.*, 1990; Archangelsky *et al.*, 1994). La interpretación paleoambiental indica la presencia de sistemas fluviales de baja a moderada sinuosidad con morfologías asociadas a apilamientos verticales de canales multiepisódicos y multicanalizados con una importante amalgama lateral (Hechem y Strelkov, 2002; Sylwan, 2011).

Ubicada estratigráficamente por encima de la Formación Comodoro Rivadavia, la Formación Yacimiento El Trébol fue definida por Lesta (1968) y se estima su edad para el Cretácico Superior. En cuanto a su litología, la misma presenta una sucesión de areniscas y pelitas donde el contenido tobáceo es considerado aproximadamente nulo. Los niveles arenosos, por otro lado, presentan muchas similitudes con los pertenecientes a la subyacente Formación Comodoro Rivadavia. En cuanto a la Formación Yacimiento El Trébol, la interpretación paleoambiental indica la presencia de depósitos fluviales análogos a los de la formación subyacente, los cuales agradan a facies deltáicas y depósitos fluviales anastomosados y meandriformes de baja energía con significativas variaciones de espesor sedimentario. Esto último estaría vinculado a una variación de la actividad tectónica a partir de una reactivación de estructuras a nivel regional durante el Cretácico tardío (Lesta, 1968; Sylwan, 2011).

Como se observa en la Figura 3a, desde el punto de vista estructural la zona de estudio está dominada por fallas verticales a subverticales, de rumbo Este Noreste – Oeste Sudoeste a Este - Oeste, tanto sintéticas como antitéticas. A partir de su jerarquía y su desarrollo evolutivo, las mismas pueden ser divididas en fallas de basamento y fallas de cobertura sedimentaria. Las primeras, de mayor rechazo vertical y orden, limitan los hemigrábenes neocomianos. Las segundas, en cambio, poseen menor rechazo vertical y están vinculadas los distintos pulsos estructurales relacionados con la depositación del Grupo Chubut. Estas fueron de gran influencia para la generación de los depósitos canalizados de las formaciones Mina El Carmen, Comodoro Rivadavia y El Trébol, foco de este trabajo (Cohen, *et al.*, 2022, Cayo *et al.*, 2011, Crovetto *et al.*, 2013, Paredes *et al.*, 2013).

DATOS Y METODOLOGÍA

El set de datos utilizados para este trabajo consistió en un volumen sísmico migrado en profundidad (PSDM, por sus siglas en inglés) sobre el cual se realizó una interpretación inicial de los principales *markers* y topos formacionales del área; y las 15 principales fallas. Además, se contó con 30 pozos con perfiles eléctricos (potencial espontáneo y resistividad) y sus respectivas superficies interpretadas o picks. De esta cantidad, 20 pozos forman parte de un proyecto de recuperación secundaria en etapa de ejecución y expansión.

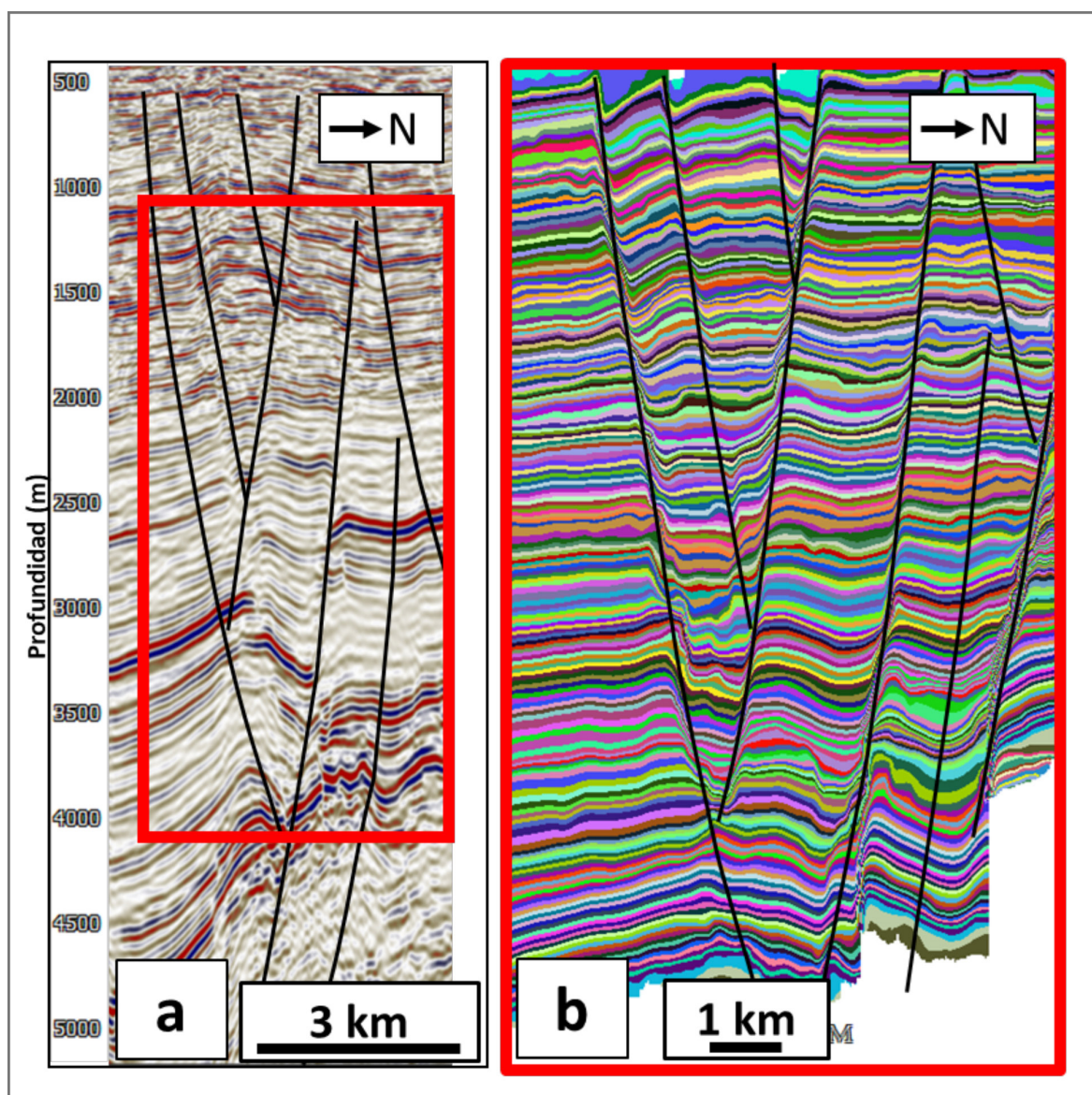


Figura 3. (a) Sección Sísmica perpendicular a la estructura, se observa la posición de las fallas en color negro. El rectángulo de color rojo indica la posición de la Figura siguiente. (b) Sección del modelo geológico de edad relativa (RGT Model) construido a partir de la cuadrícula presentado en la Figura anterior.

Sobre el mencionado volumen sísmico, y sumado a la recién mencionada interpretación inicial, se aplicó un método semiautomático de interpretación, el cual permitió obtener horizontes y fallas basadas en las reflexiones y discontinuidades de la señal. El flujo de trabajo utilizado consta de dos etapas principales. Primero, se procedió a la construcción de una cuadrícula inicial (o *Model-Grid*) convirtiendo todos los reflectores sísmicos en horizontes editables. Estos horizontes se basan exclusivamente en el carácter de la señal sísmica y por ende, están ordenados cronoestratigráficamente. En el siguiente paso, la interpolación tridimensional de la antes mencionada cuadrícula generó un modelo de edad geológica relativa (o *RGT Model*, en inglés).

Cada voxel del este modelo corresponde a una edad geológica relativa y permite la extracción de superficies cronoestratigráficas en una escala ubicada por debajo del muestreo original del volumen sísmico (Pauget *et al.*, 2009) (Fig. 3b).

A continuación, se realizó una detallada examinación de los datos sísmicos utilizando estas superficies cronoestratigráficas de alta densidad, lo cual permitió detectar numerosas singularidades posiblemente asociadas a eventos fluviales canalizados. En particular, la utilización del atributo sísmico de Amplitud RMS permitió identificar algunos elementos constituyentes de estos canales, pero sin poder distinguir detalles estratigráficos de interés.

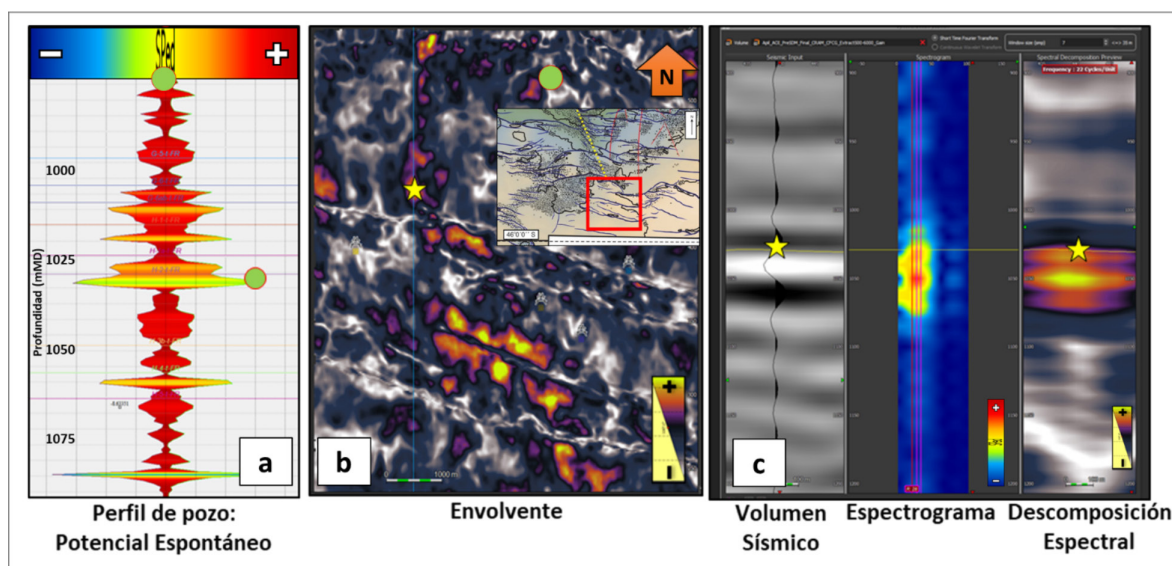


Figura 4. (a) Se observa un perfil de pozo de Potencial Espontáneo. Los colores cálidos indican menores valores de Potencial Espontáneo. Los colores naranjas a verdes y amarillos indican valores mayores de Potencial Espontáneo. El círculo de color verde indica la posición del pozo al nivel seleccionado en el mapa la derecha (b). (b) Extracción de atributo envolvente para un nivel determinado. Los colores naranjas a amarillos indican mayores valores de amplitud. El círculo de color verde indica la posición del pozo de (a). La estrella de color amarillo indica la posición seleccionada para realizar la descomposición espectral. Se observa un mapa con la ubicación y referencias geográficas, el cuadrado de color rojo indica la ubicación del área de estudio. (c) Se observa de izquierda a derecha: un panel compuesto por el volumen sísmico con la traza seleccionada, indicada con la estrella de color amarillo y su posición indicada en (b); el espectrograma observado a continuación indica las mayores amplitudes en colores cálidos para las frecuencias determinadas; y el resultado de la descomposición espectral aplicado sobre la frecuencia seleccionada. En el caso graficado aquí, el reservorio seleccionado en el pozo de (a) no poseía una geoforma notoria asociada. Sobre la misma extracción, pero en la porción del área indicada con una estrella de color amarillo, se observó una geoforma con amplitudes mayores, la cual fue considerada como una mejor posición para realizar la descomposición espectral de (c).

Para sobrellevar esta incertidumbre, se realizó un análisis del contenido de frecuencias constitutivas de cada evento identificado sobre el dato sísmico mediante la generación de un espectrograma. A partir del mismo, fue posible detectar las frecuencias de interés que caracterizan al evento seleccionado, según una ventana vertical w discreta seleccionada en función del espesor del evento deseado. Posteriormente, y a partir del método de transformada para tiempos pequeños de Fourier (STFT, por sus siglas en inglés), se logró caracterizar estos eventos asociados a capas delgadas (Chopra y Marfurt, 2007). A partir de la visualización del espectrograma, se seleccionaron las tres frecuencias características del punto de interés y se asignaron los colores Rojo (frecuencias bajas), Verde (frecuencias medias) y Azul (frecuencias altas) para una confeccionar una visualización de tipo RGB (Red Green and Blue, por sus siglas en inglés) con el cual se consiguió finalmente visualizar e identificar con mayor detalle y extensión areal los eventos geológicos canalizados que caracterizan al área de estudio. En este sentido, y según lo expresado por Laughlin *et al.* (2003), los mapas de amplitud sísmica están dominados por el contenido de frecuencias del dato y la estratigrafía, entonces, quedará mejor descripta por el espesor asociado a tales frecuencias dominantes. Es por esto por lo que, al presentarse un rasgo estratigráfico con variaciones de espesor, valores de frecuencia altos resonarán con espesores bajos y valores de frecuencia bajos lo harán con espesores bajos. Sobre este principio entonces, se basan las interpretaciones geológicas en el siguiente apartado.

Por último, para la selección de los reservorios de interés a estudiar para la confección de esta contribución se consideró como punto de partida a las pertenecientes al proyecto de recuperación

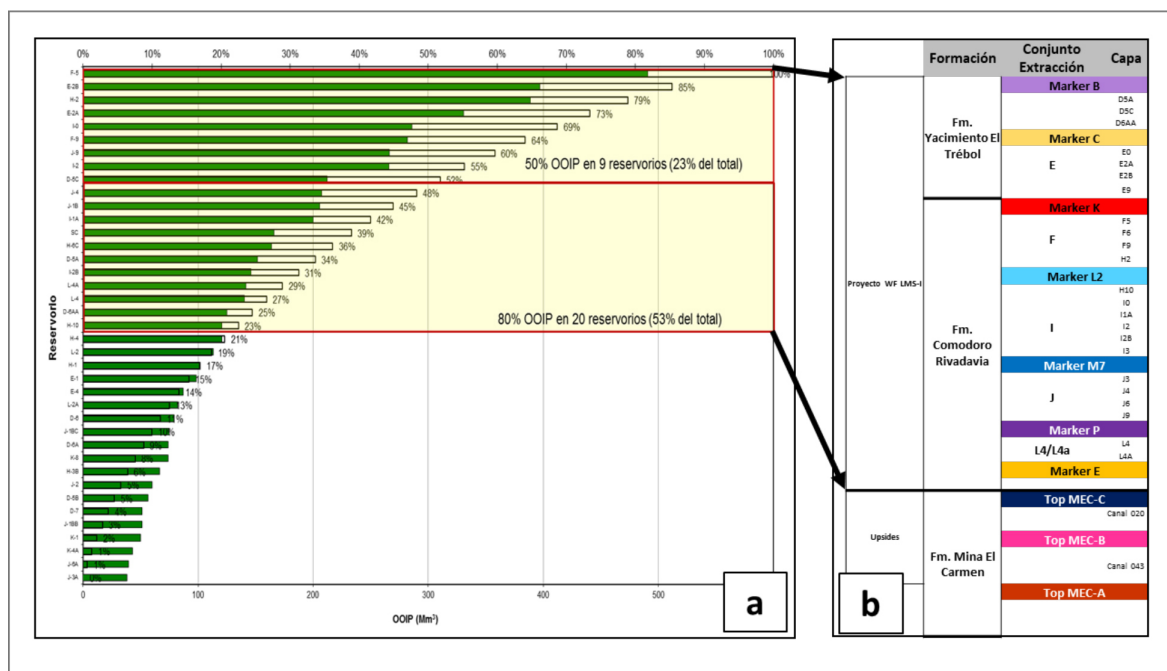


Figura 5. (a) Diagrama de Pareto. Se indican por importancia, en orden ascendente, desde abajo hacia arriba los aportes de los distintos reservorios contenidos dentro de un proyecto de recuperación secundaria (Modificado de Masante *et al.*, 2019). (b) Columna resumen confeccionada a partir de dichos reservorios agrupados en la vertical. Dichas agrupaciones de reservorios fueron utilizadas para realizar las descomposiciones espectrales.

secundaria perteneciente a una porción del área estudiada. Como se observa en la Figura 5a, el diagrama de Pareto confeccionado para el proyecto estudiado posee las 20 unidades hidráulicas productivas que acumulan hasta el 80% del *petróleo original in-place* (OOIP, por sus siglas en inglés) de la zona, ordenadas de abajo hacia arriba según su aporte a la producción. Debido a su bajo espesor útil, entre 5 y 10 metros en promedio, se apiló el conjunto de unidades hidráulicas cercanas en la vertical, asociando las mismas a un evento geológico que se acercara a la resolución de los métodos de prospección antes mencionados. Para comprender la distribución vertical de estos reservorios de interés, se confeccionó una columna a modo de resumen en la que se asocian estos eventos a la distribución estratigráfica de la cuenca (Figura 5b).

RESULTADOS

A partir de la aplicación de la metodología anteriormente descripta, se lograron identificar y mapear seis eventos geológicos los cuales contienen entre dos y seis reservorios cada uno, asociados a un proyecto de recuperación secundaria los cuales producen de las formaciones Comodoro Rivadavia y Yacimiento El Trébol. En adición, y a partir de la buena calidad de los datos y condiciones geológicas de los potenciales reservorios, fue posible adicionar dos *upsides* con potencial prospectable dentro de la Formación Mina El Carmen. Los grupos de reservorios presentados aquí son, de base a techo, los conjuntos L, J, I, H2, F y E correspondientes a las primeras dos formaciones antes mencionadas y los *upsides*, fueron identificados como Canal 020 y 043, respectivamente.

Como generalidad, cabe destacar que estos conjuntos de reservorios fueron identificados dentro de ventanas verticales de entre 85 y 25 metros. La suma de todas estas ventanas es de un total de 400 metros de reservorios identificados para toda el área de estudio. En este sentido, y teniendo en cuenta que la zona de interés productivo constatada mediante perforaciones para la zona, dentro de las formaciones Comodoro Rivadavia y Yacimiento El Trébol, es de 1200 a 1400 metros, la cantidad de capas identificadas y mapeadas ronda entre el 30 y el 40 por ciento del total de la zona de interés. A continuación, se presentan dos ejemplos que ilustran las ventajas de la metodología aplicada y el poder de los resultados obtenidos.

Como puede observarse en la Figura 6, el evento geológico identificado como Canal 043 corresponde a la sección media de la Formación Mina El Carmen. En la Figura 6c y sobre la extracción de amplitudes realizada en un volumen del atributo sísmico de la envolvente (*Envelope*), se destaca una importante geoforma asociada a altas amplitudes, indicada en colores naranjas a amarillos y de rumbo Norte-Sur. Tanto al Este como al Oeste de esta se identifican geoformas aparentemente de menor porte, con amplitudes intermedias asociadas a colores violáceos, con el mismo rumbo de la geoforma mayor.

En las Figuras 6d y 6e, y sobre la visualización RGB confeccionada a partir de la descomposición espectral, se puede observar que, para ese mismo tiempo conviven en la zona de interés numerosos eventos fluviales canalizados. Los mismos poseen anchos medidos de entre 200 y 500 metros y

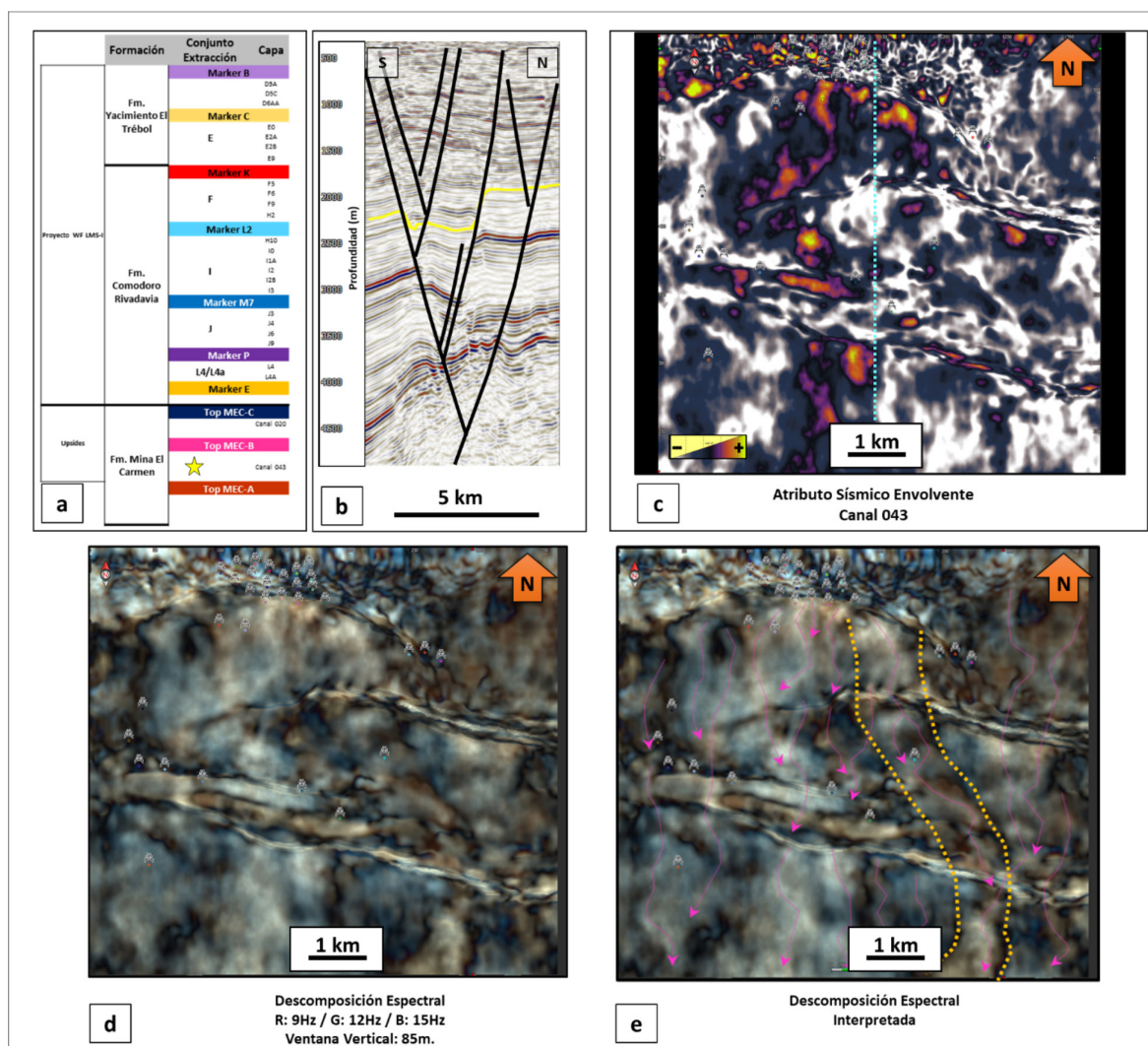


Figura 6. (a) Se observa la posición en la columna del upside denominado Canal 043. (b) Sección Sísmica con la posición en la vertical del evento descrito (horizonte interpretado en color amarillo). (c) Extracción de atributo sísmico de la envolvente de la señal para el evento antes mencionado. La línea turquesa indica la posición de la sección sísmica en (b). (d) Combinación de imágenes de tipo RGB obtenida, a partir de tres frecuencias, por descomposición espectral para ese evento geológico. (e) Interpretación de la imagen RGB antes mencionada. Las líneas punteadas anaranjadas indican la posición de una faja de canales con posible control estructural. Las líneas de color lila indican las paleodirecciones interpretadas.

se extienden de Norte a Sur en toda el área de estudio. Estas geoformas podrían ser asociadas con fajas de canales meandriformes con cierto grado de entrelazamiento, consistentes con la literatura existente en la cuenca. En adición, y como puede observarse en la misma figura, las intercalaciones laterales de colores oscuros y claros exponen las variaciones geométricas de estas fajas.

Cabe destacar que, litológicamente, esta porción de la columna estratigráfica de la cuenca está dominada por rocas con gran aporte de material volcanoclástico, por ende, las variaciones litológicas solamente podrían ser atribuibles a variaciones en las condiciones petrofísicas y geométricas de los eventos geológicos. En este sentido, esta condición de poca variación litológica se ve reflejada en una coloración grisácea que domina la imagen. Como fue expresado anteriormente, en las visualizaciones de tipo RGB, los colores más claros pueden ser asociados a un aumento de espesor sedimentario

donde las tres frecuencias seleccionadas se sintonizan para formar las geometrías canalizadas identificadas aquí. En contraposición los colores más oscuros, azules en este caso, asociados a frecuencias más altas, posiblemente vinculadas a la presencia de mayor cantidad de material de grano fino y/o menor espesor sedimentario (en términos relativos). Esto podría ser consistente con un ambiente sedimentario de planicie de inundación y, por ende, carecer de interés productivo.

Por último, una particularidad que vale la pena mencionar es la dirección preferencial identificada para la faja de canales marcada en la Figura 6e con color anaranjado, la misma posee una llamativa dirección Noroeste-Sudeste. La misma se encuentra atravesada por tres trenes de fallas de rumbo Este-Oeste a Nornoroeste-Sursudeste las cuales podrían haber tenido algún segmento tectónicamente activo en el momento de la depositación, generando un posible control estructural sobre la depositación.

En la Figura 7 se puede observar el conjunto de reservorios F. El mismo se encuentra cercano al Techo de la Formación Comodoro Rivadavia y consta del apilamiento vertical de al menos tres reservorios de importancia productiva: F5, F6 y F9, siendo el primero el reservorio que mayor aporte de producción tiene al antes mencionado proyecto de recuperación secundaria.

En este caso, en la Figura 7c, el atributo sísmico de la envolvente de la señal no muestra geofor- mas definidas ni patrones que puedan ser asociados a ambientes de tipo fluvial. En esta extracción, el atributo muestra un marcado aumento de la amplitud sísmica en la porción central del área estudiada con algunos esbozos de tendencias aproximadamente Norte-Sur en la porción oriental de la zona. Es aquí donde la descomposición espectral muestra todo el potencial que posee como herramienta de prospección e identificación de eventos sísmicos delgados. En este sentido, la Figura 7d muestra numerosos eventos canalizados interpretados sobre una combinación de imágenes tipo RGB, con una marcada tendencia a la dirección Norte – Sur y escasas variaciones de rumbo. Los eventos identificados están compuestos por fajas de canales que no superan los 350 metros de ancho y pueden ser seguidos a través de toda la zona de estudio mediante la oscilación de colores más os- curas a colores más claros. Dentro de estas fajas reconocidas pueden identificarse sectores donde las frecuencias se sintonizan indicando posibles sectores con aumento relativo de espesor o una relativa mejora en las condiciones petrofísicas. Estas pequeñas porciones oscilan entre los 150 y 250 metros de ancho y corresponden a las porciones de color blanco. Por el contrario de lo que sucede en el caso expuesto anteriormente, esta porción de la estratigrafía de la cuenca está dominada por sedimentos silicoclásticos por ende los contrastes litológicos son mayores y pueden ser mejor capturados por la descomposición espectral. En este sentido, la porción occidental del área está dominada por colores azules, lo cual, según lo indicado anteriormente sería diagnóstico de la presencia de contenido de frecuencias más altas, las cuales podrían ser asociadas a sedimentos de grano más fino y/o geometrías de menor espesor, en términos relativos. En cambio, en la zona oriental, se observa una tendencia hacia colores más rojizos, lo que podría asociarse, relativamente, a sedimentos de mayor tamaño de grano y/o geometrías de mayor espesor sedimentario.

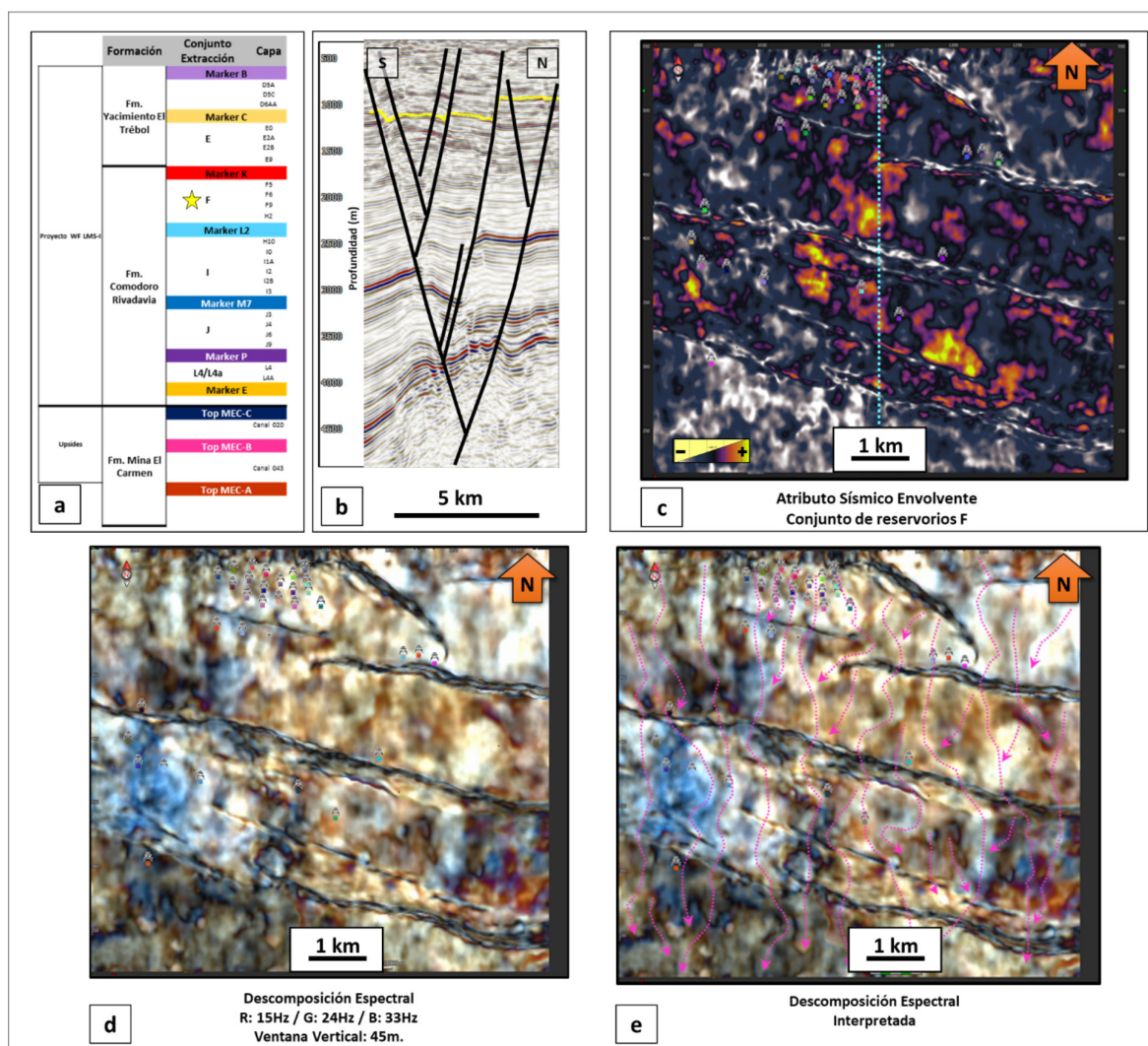


Figura 7. (a) Se observa la posición en la columna del conjunto de reservorios F. (b) Sección Sísmica con la posición en la vertical del evento descrito (horizonte interpretado en color amarillo). (c) Extracción de atributo sísmico de la envolvente de la señal para el evento antes mencionado. La línea turquesa indica la posición de la sección sísmica en (b). (d) Combinación de imágenes de tipo RGB obtenida, a partir de tres frecuencias, por descomposición espectral para ese evento geológico. (e) Interpretación de la imagen RGB antes mencionada. Las líneas de color lila indican las paleodirecciones interpretadas.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos durante la confección de este trabajo, es posible concluir que el flujo de trabajo aquí presentado resulta en una poderosa y ágil herramienta para la identificación y mapeo para reservorios fluviales. En adición, la generación de un modelo de tiempo geológico relativo extraído directamente desde las tendencias aportadas por el dato sísmico permitió obtener una mayor densidad de datos para aumentar el input de información disponible para analizar.

En el caso de los reservorios delgados de la Cuenca del Golfo San Jorge, el análisis de los atributos sísmicos y, sobre todo, la descomposición espectral resulta clave tanto para la delineación de

proyectos como para la prospección de capas correlativas en bloques vecinos. Mediante esta herramienta fue posible la identificación de seis conjuntos de reservorios pertenecientes a un proyecto de recuperación secundaria dentro de las formaciones Comodoro Rivadavia y Yacimiento El Trébol, y dos *upsides* en la Formación Mina El Carmen. Esto permitió obtener información de importante valor agregado para un 30 a 40 por ciento de la columna de interés petrolero en la zona estudiada.

Este tipo de metodologías de trabajo aumentan el valor agregado del trabajo interdisciplinario de geólogos, geofísicos e ingenieros en la confección de modelos que optimicen el estudio de yacimientos productivos ya existentes y aseguren una continuidad en la producción de hidrocarburos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Pan American Energy Group por permitir la utilización de los datos para la confección de este trabajo.

REFERENCIAS CITADAS

- Archangelsky, S., Bellosi, E.S., Jalfin, G.A. y Perrot, C. 1994. Palynology and alluvial facies from the mid-retaceous of Patagonia, subsurface of San Jorge Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 15 (2): 127-142.
- Cayo, E., Crovetto, C., Plazibat, S., Stein, J., Díaz, M. y Paredes, J.M. 2011. Control tectónico sobre la sedimentación de la Fm. Mina Del Carmen (Albiano) en el yacimiento Cerro Dragón, Cuenca Del Golfo San Jorge, Argentina. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos: 397-418, Mar del Plata.
- Chopra, S. y Marfurt, K.J. 2007. Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization. Society of Exploration Geophysicists and European Association of Geoscientists and Engineers. 600pp, Tulsa
- Cohen, M.E., Castillo, V.V., Fernández, S.E., Galarza, B.J., García Torrejón, M., Lucena, L., Millo, L., Plazibat, S., Poveda, L.M., Scasso, J.A. y Vernengo, L.A. 2022. Exploración y desarrollo de hidrocarburos en Cerro Dragón, Cuenca Golfo San Jorge, Argentina. Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino. 1463 – 1494, Puerto Madryn.
- Crovetto, C., Plazibat, S., Díaz, M., Stein, J., Cayo, E. y Paredes, J.M. 2013. Evolución estructural y geodinámica de sistemas de fallas de la Cuenca del Golfo San Jorge: aplicaciones del método de análisis cinemático de fallas en el Yacimiento Cerro Dragón. 1º Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge, Resumen 12, Comodoro Rivadavia.
- Fitzgerald, M.G., Mitchum Jr., R.M., Uliana, M.A. y Bidde, K.T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. The American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 74: 879- 920. Tulsa.
- Hechem, J.J. y Strelkov, E.E. 2002. Secuencia sedimentaria mesozoica del Golfo San Jorge. En: Haller, J.M. (Ed.), Geología y recursos Naturales de Santa Cruz. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 129-147, Buenos Aires.

- Laughlin, K., Garossino, P. y Partyka, G. 2003. Spectral Decomposition for Seismic Stratigraphic Patterns. AAPG Search and Discovery Article (40096). 4 pp, Tulsa.
- Masante, D.N., Medda, F. y Rovira, I. 2019. Proyecto de Recuperación Secundaria La Madreselva Sur-I. Reporte Interno, Pan American Energy. Buenos Aires.
- Lesta, P.J. 1968. Estratigrafía de la Cuenca del Golfo San Jorge. III Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I: 171-182. Buenos Aires.
- Pauget, F., Lacaze, S. y Valding, T. 2009. A global interpretation based on cost function minimization. 79th Annual International Meeting SEG, Expanded Abstracts, 2592–2596. Tulsa.
- Paredes, J.M., Colombo, F., Allard, J.O. y Foix, N. 2011. Alluvial architecture of fluvial successions in pyroclastic-rich environments: the Castillo Formation (Albian) in the Golfo San Jorge basin, Argentina. 28th IAS Meeting of Sedimentology, Abstract p. 97. Zaragoza.
- Paredes, J.M., Plazibat, S., Crovetto, C., Stein, J., Cayo, E. y Schiuma, A. 2013. Fault kinematics and depocenter evolution of oil-bearing, continental successions of the Mina del Carmen Formation (Albian) in the Golfo San Jorge basin, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 46: 63-79.

