

10º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos
Sesiones Generales: "Energía y Sociedad, aliados inseparables"

AFLORAMIENTOS TRIDIMENSIONALES DE PALEOCANALES EXHUMADOS (GRUPO CHUBUT, CUENCA DE CAÑADÓN ASFALTO) COMO ANÁLOGOS DE RESERVORIOS

Nicolás Foix¹, José Oscar Allard², Silvina Mariela Ocampo², José M. Paredes²

1: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - CONICET, nicofoix@hotmail.com

2: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco,

joseoallard@yahoo.com.ar, smari_ocampo@hotmail.com, paredesj@unpata.edu.ar

Palabras clave: **Paleocanales exhumados, Grupo Chubut, análogos de reservorios, Cañadón Asfalto, Golfo San Jorge**

ABSTRACT

Three-dimensional outcrops of exhumed paleochannels (Chubut Group, Cañadón Asfalto basin) as reservoir analogues

Most ancient fluvial systems are analyzed by detailed measurements of outcrop on cliffs that intersect paleochannel and floodplain deposits (2D outcrops). Only in exceptional conditions is the plan view of paleochannel belts coincident with the current land surface (= exhumed paleochannels) to allow detailed reconstructions of downstream changes in the fluvial pattern (3D outcrops). Exhumed paleochannels are related to a frequent geomorphological process in Patagonia, called relief inversion. The main attribute of exhumed paleochannels is to allow the measurement in plan of fluvial morphological parameters such as orientation, wavelength, sinuosity, width of channels, radius of curvature, etc., directly on satellite images. These observations are comparable to seismic geomorphologic analyses made on time slices to characterize fluvial reservoirs in the sub surface of productive basins.

This work consisted in mapping more than 2000 segments of exhumed paleochannels over an area of ~20.000 km², contained in rocks of the Chubut Group of the Cañadón Asfalto basin, Chubut, Argentina. The rocks that contain this type of outcrop correspond to the Cerro Barcino and Puesto Manuel Arce formations, lithostratigraphic equivalents of the Castillo and Bajo Barreal formations in the Golfo San Jorge basin respectively. The fluvial paleochannel network shows a wide variability in the sandbody dimensions and fluvial styles. The morphological pattern of the paleochannels allowed to define its sinuosity with great precision in the majority of cases. Low-sinuosity fluvial styles are the most commonly paleochannel pattern, although excellent examples of high sinuosity channels were described. We measured 1581 paleocurrents on tractive sedimentary structures to define local and regional paleoflow directions, source areas, depocenters, etc. The number of interpreted paleo channels and the extension of the study area provide a rare regional representation in paleoenvironmental and paleogeographic reconstructions.

The similarities between exhumed paleochannels (Chubut Group, Cañadón Asfalto basin) and channelized geoforms in the subsurface of the Golfo San Jorge basin, allow us to establish very good analogies from different observation scales (individual sandbodies, local, semi-regional to regional paleochannel arrangements). For this reason, this exceptional worldwide example represents: 1) a unique opportunity to characterize paleochannels in three dimensions, 2) the fact to understand the variability of fluvial lithofacies and their petrophysical qualities as reservoir rocks and 3) the use of outcropped analogues in seismic geomorphologic analyses of productive fluvial sandbodies.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios del siglo XXI, los avances tecnológicos en la adquisición de información geofísica por métodos sísmicos de reflexión 3D, derivaron en la aparición de una nueva disciplina de trabajo denominada Geomorfología Sísmica (Posamentier 2000; Posamentier *et al.* 2007). Esta metodología se dedica a reconocer patrones geomorfológicos en rocas sedimentarias del subsuelo a partir de su visualización sobre horizontes sísmicos (vista en planta). El interés particular de esta metodología radica en que permite dimensionar y caracterizar potenciales reservorios de hidrocarburos en el subsuelo de cuencas sedimentarias productivas. Sin embargo, la mayoría de los rasgos descritos en Geomorfología Sísmica no son posibles de observar en afloramientos, ya que sólo pueden reconocerse en una vista en planta. El único caso que escapa a esta limitación lo constituyen los afloramientos tridimensionales de sistemas sedimentarios, donde los paleocanales exhumados son un caso excepcional de afloramiento para rocas continentales de ambiente fluvial. Su origen está relacionado a un proceso geomorfológico denominado inversión de relieve (Williams *et al.* 2007; 2009) (Fig. 1). Su principal atributo es poder medir y calcular parámetros morfológicos en planta tales como radio de curvatura, longitud de onda, sinuosidad, ancho de la faja de canales, orientación, etc., directamente sobre imágenes satelitales o fotos aéreas; mientras que la continuidad lateral posibilita la evaluación espacial de los cambios litofaciales así como de superficies sedimentarias de distinta jerarquía.

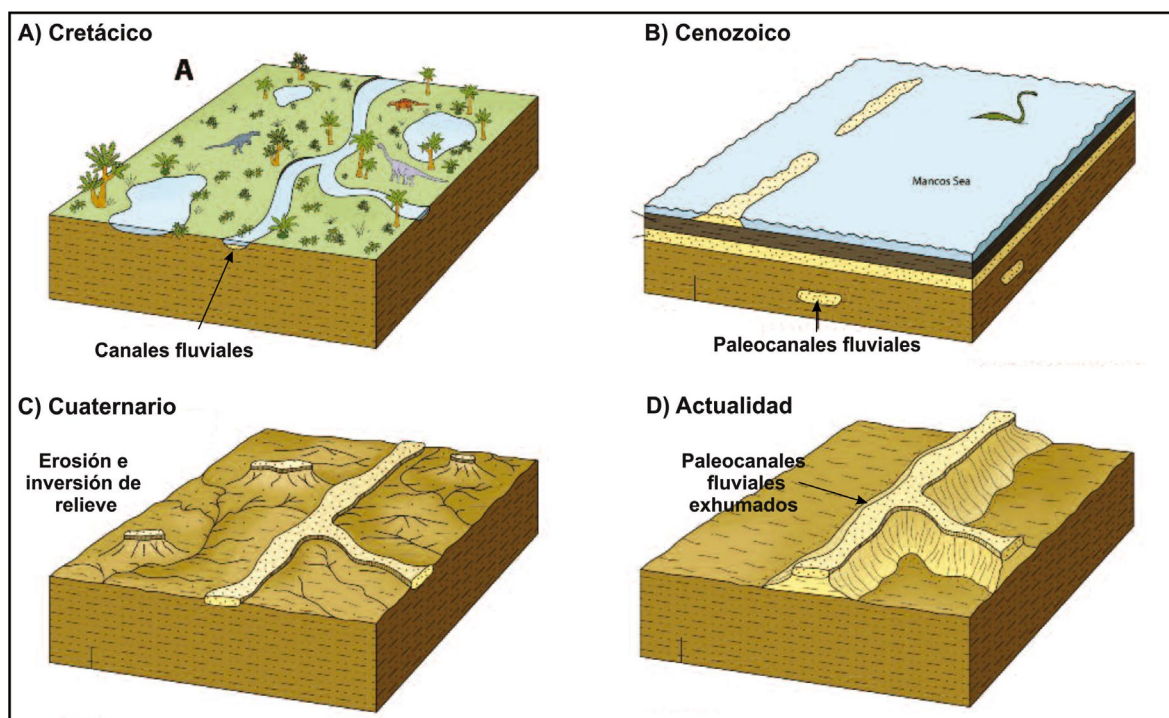


Figura 1. Inversión de relieve y generación de afloramientos tridimensionales de paleocanales cretácicos (modificado de Williams *et al.* 2007).

Los denominados paleocanales exhumados o invertidos representan una infrecuente forma de afloramiento de sucesiones sedimentarias canalizadas, con menos de una veintena de ejemplos a nivel mundial. Las condiciones para que se origine la inversión de relieve de paleocanales son: 1) sucesiones fluviales dispuestas horizontalmente o con escaso grado de inclinación y 2) intensa erosión hidro-eólica que erosione las unidades suprayacentes y parte de los depósitos finos de planicie de inundación (Fig. 1). Las rocas que contienen este tipo de rasgos son de diferentes edades, incluyendo ejemplos del Carbonífero (Padgett y Ehrlich 1976; Gardner 1983), Pérmico (Edwards *et al.* 1983; Smith 1987), Jurásico (Alexander 1992; Ielpi y Ghinassi 2014; Hartley *et al.*, 2015), Cretácico

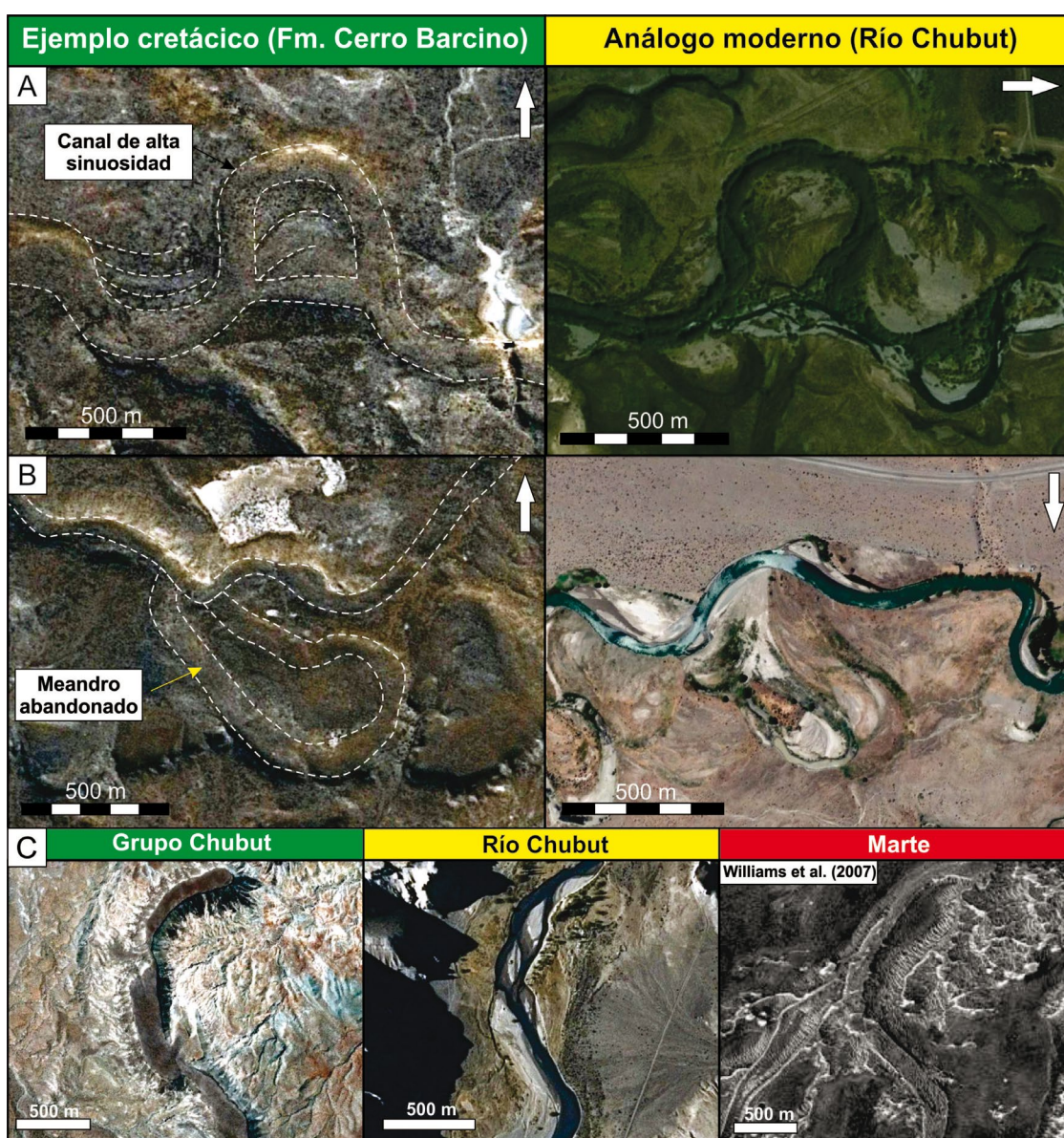


Figura 2. A y B) Comparación morfológica de paleocanales exhumados de la Fm. Cerro Barcino (Grupo Chubut) en la cuenca de Cañadón Asfalto con análogos actuales (Río Chubut) (modificado de Foix *et al.* 2012). C) Comparación de paleocanales exhumados con análogos actuales y marcianos (modificado de Foix *et al.* 2014). Notar la similitud de dimensiones y morfología entre los ejemplos.

(Brookes 2003; Williams *et al.* 2009; Foix *et al.* 2012) y sucesiones del Cenozoico (Beydoun 1980; Maizels 1990; Cuevas Martínez *et al.* 2010). El único ejemplo descrito en Sudamérica corresponde a los sistemas fluviales cretácicos de la Formación Cerro Barcino (Grupo Chubut) en la cuenca de Cañadón Asfalto (CCA), Argentina (Foix *et al.* 2012; 2014). La caracterización morfológica en planta de estos paleocanales permitió realizar algunas comparaciones con análogos actuales (Foix *et al.* 2012) (Figs 2A y 2B) o con los preservados en Marte (Foix *et al.* 2014) (Fig. 2C), ya que en ambos casos los rasgos descritos son esencialmente de tipo geomorfológico.

Por este motivo, el análisis de sistemas fluviales exhumados también es comparable al realizado con geomorfología sísmica, ya que en ambos casos se describen rasgos y parámetros morfológicos de rocas sedimentarias sobre una vista en planta, ya sea en superficie (paleocanales exhumados) como en subsuelo (reservorios canalizados). En este sentido, los principales yacimientos de la cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) están asociados a reservorios fluviales del Grupo Chubut. Las rocas del Grupo Chubut (o Chubutiano) que contienen paleocanales exhumados en la CCA y los reservorios fluviales de la CGSJ son consideradas equivalentes por correlación regional (Figari y Ramos 2012) (Fig. 3), particularmente por representar el registro de sedimentación fluvial con alto aporte piroclástico en condiciones de postrift (Figari y Courtade 1993; Figari *et al.* 1999; Figari y Ramos 2012; Figari *et al.* 2015; Allard *et al.* 2015; entre otros).

Los objetivos del presente trabajo contemplan: a) caracterizar a diferentes escalas de observación los paleocanales exhumados del Grupo Chubut en la CCA, b) establecer comparaciones con los ejemplos de subsuelo de la CGSJ.

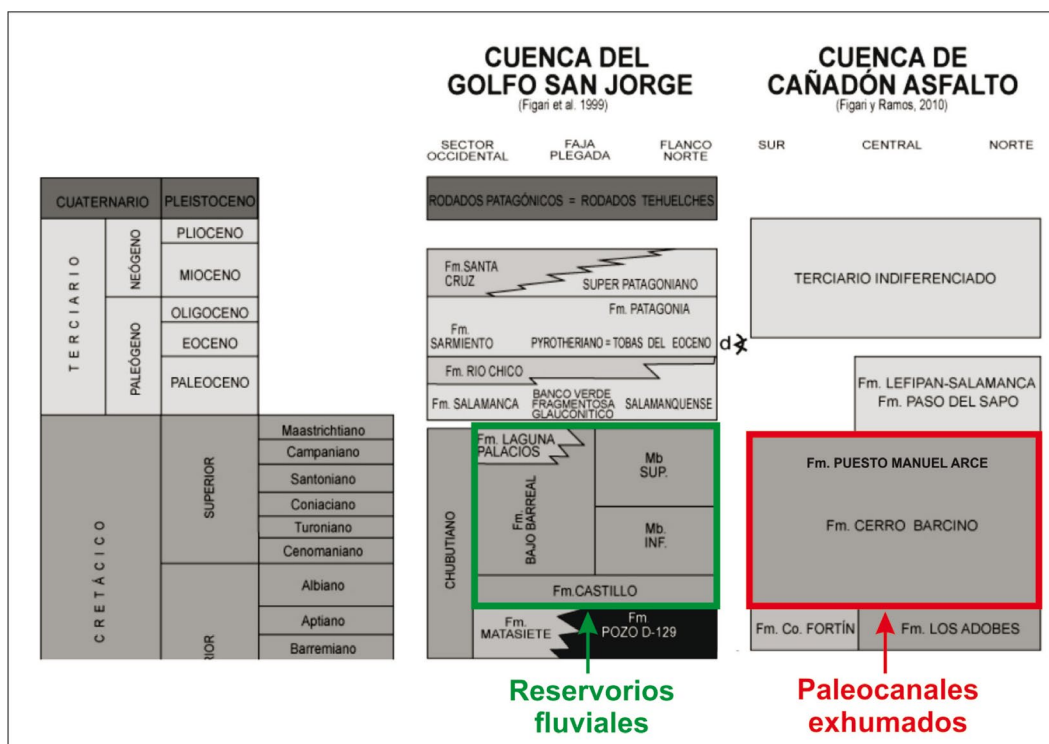


Figura 3. Cuadro de correlación regional entre la CGSJ y la CCA (modificado de Figari y Ramos 2012), indicando la presencia de rocas reservorio de origen fluvial y de paleocanales exhumados en el Chubutiano o Grupo Chubut de ambas cuencas.

METODOLOGÍA

Los paleocanales fueron digitalizados sobre imágenes satelitales de acceso gratuito (Google Earth, Bing Maps, Landsat 7 y 8). El análisis espacial de los datos fue realizado con un Sistema de Información Geográfico de acceso libre (QGIS 2.18). El trabajo de campo consistió en la descripción de litologías y estructuras sedimentarias, medición de paleocorrientes con brújula geológica y caracterización geométrica de los cuerpos canalizados con báculo de Jacob y GPS. Se calcularon los vectores medios de paleoflujo de cada uno de los paleocanales utilizando softwares específicos (estadística circular).

RESULTADOS

Información fotogeológica

Se mapearon 2026 segmentos de paleocanales exhumados sobre imágenes satelitales en un área aproximada de 20.000 km², contenidos en rocas del Grupo Chubut de la cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina. La región analizada incluye el área comprendida entre la Sierra Cuadrada al sur (44°40'S) hasta el borde austral del Macizo de Somuncurá al norte

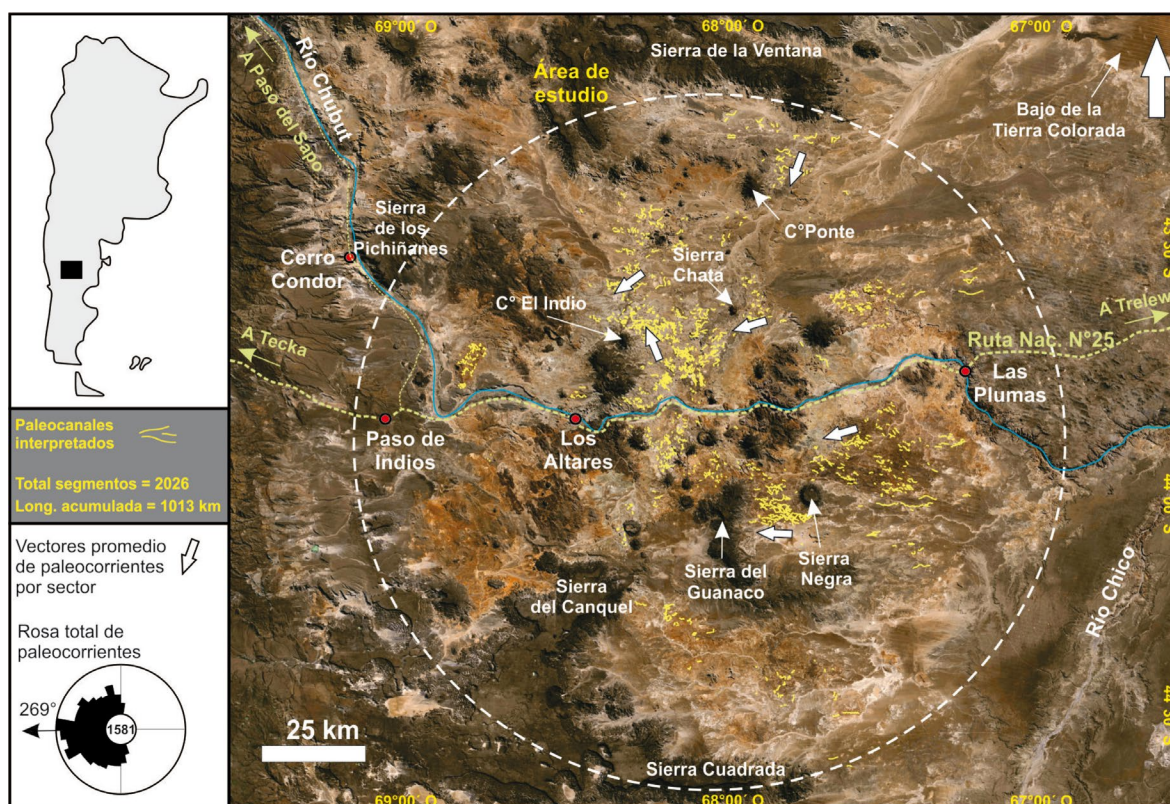


Figura 4. Área de estudio y distribución de paleocanales exhumados en la cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut (modificado de Foix *et al.* 2014). Se indica el total de paleocorrientes medidas en campo y el vector promedio de paleoflujo regional.

(43°10'S) y desde la localidad de Las Plumas al este (67°15'O) hasta la localidad de Paso de Indios al oeste (69°00'O) (Fig. 4). Las unidades que contienen este tipo de afloramiento corresponden a las Formaciones Cerro Barcino (Miembros Puesto La Paloma, Cerro Castaño y Las Plumas) y Puesto Manuel Arce, equivalentes litoestratigráficos de las Formaciones Castillo (= Mina El

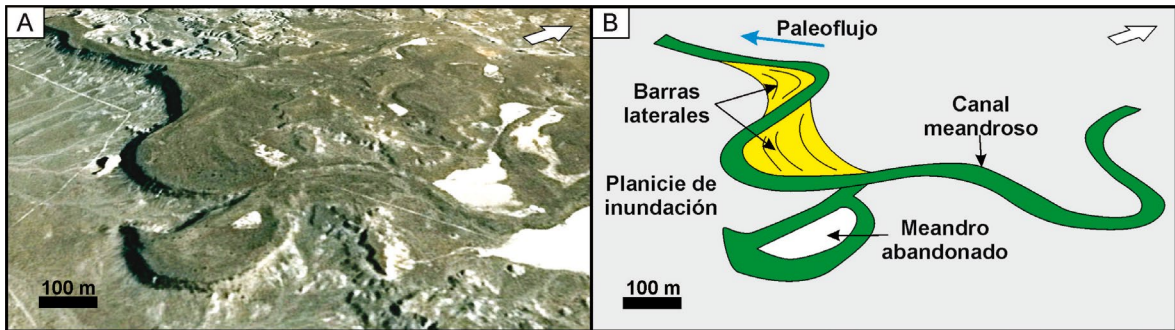


Figura 5. A) Imagen satelital oblicua (Google Earth) de un paleocanal cretácico exhumado de alta sinuosidad, Fm. Cerro Barcino (Grupo Chubut), CCA. B) Interpretación de la figura 5A.

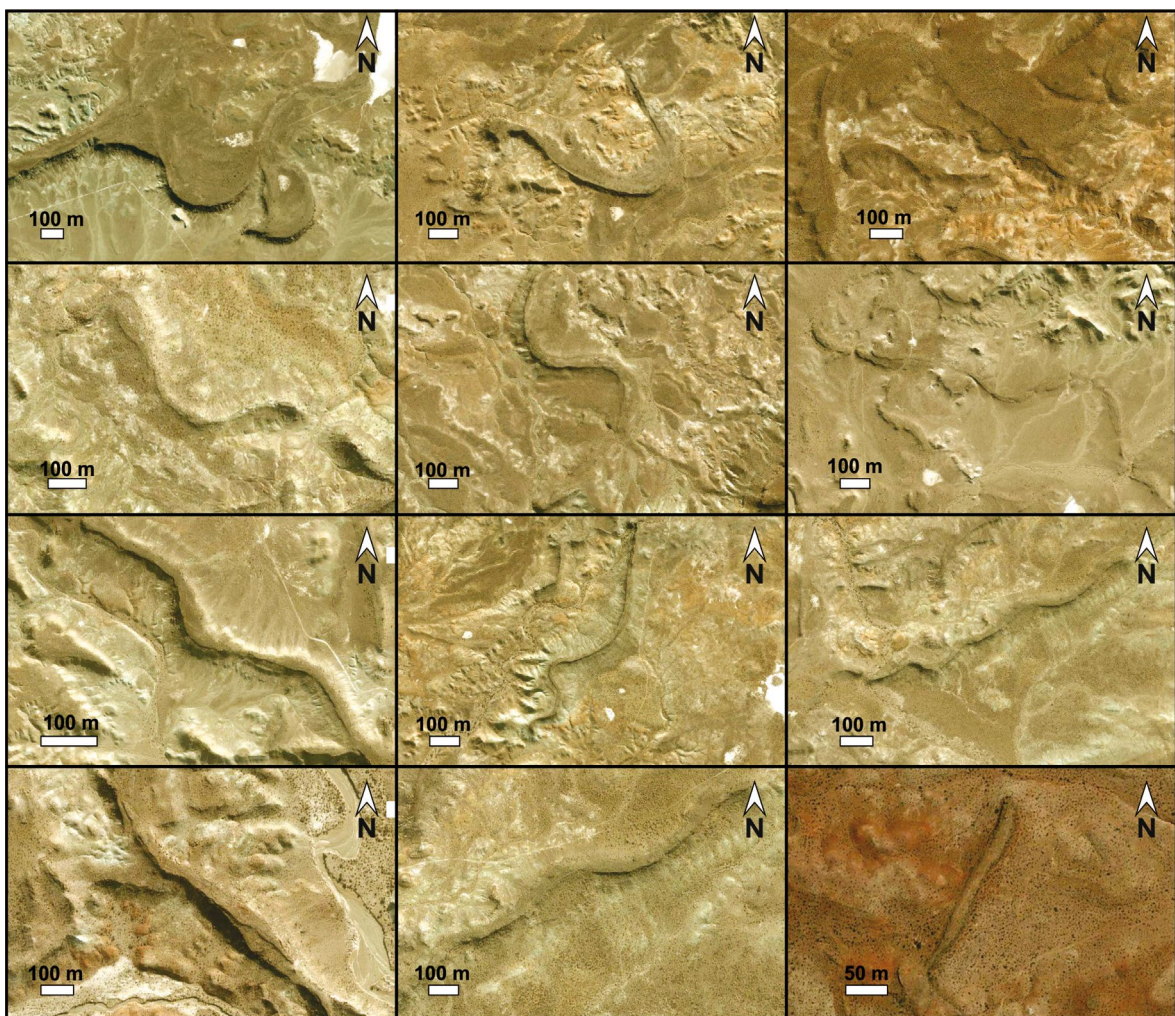


Figura 6. Paleocanales exhumados de la Fm. Cerro Barcino, Grupo Chubut, cuenca de Cañadón Asfalto (Provincia de Chubut, Argentina). Notar las diferencias en la sinuosidad y dimensiones de los paleocanales.

Carmen) y Bajo Barreal en la CGSJ respectivamente.

Las longitudes individuales de cada segmento aflorado son variables, desde pocas decenas de metros a varios kilómetros. La red de paleocanales muestra una amplia variabilidad en las dimensiones de los cuerpos y de estilos fluviales. El patrón morfológico de los paleocanales permitió definir su sinuosidad con gran precisión en la mayoría de los casos (Fig. 5), sin necesidad de recurrir a interpretaciones sedimentológicas de su relleno. En los meandros preservados es posible medir su longitud de onda, radio de curvatura, ancho de los canales y calcular su sinuosidad. Aunque se han descrito excelentes ejemplos de canales de alta sinuosidad con desarrollo de barras de meandros (Fig. 5), el registro incluye una amplia gama de sinuosidades (Fig. 6) con predominio de los sistemas fluviales de baja sinuosidad.

En muchos casos es posible reconocer en un mismo sitio paleocanales ubicados en diferentes niveles topográficos-estratigráficos (Fig. 7). Esta situación se da por diferentes niveles de erosión que exponen (exhuman) canales preservados en algunas decenas de metros de columna estratigráfica. Esta particularidad permite, en algunos casos, establecer cierta evolución en relación a las dimensiones, orientación y estilo fluvial de los paleocanales en el intervalo descripto.

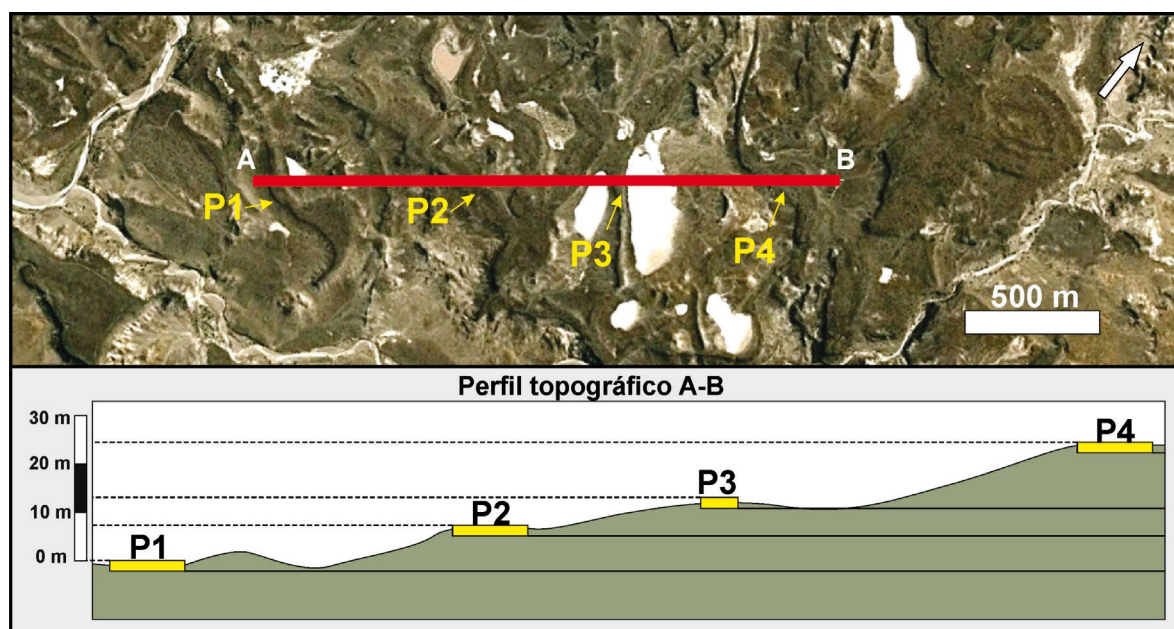


Figura 7. Imagen satelital y perfil topográfico (Google Earth) de un sector con numerosos paleocanales exhumados aflorados, indicando la posición de algunos de ellos (P1-P4).

Información de afloramientos

Los paleocanales exhumados se presentan como pequeños niveles mesetiformes alargados (Fig. 8A), donde es posible describir los cuerpos sedimentarios tanto en cortes verticales como en planta (afloramientos tridimensionales). En general, contienen rellenos areno-conglomerádicos con abundantes

estructuras tractivas (Fig. 8B). Los depósitos de planicie de inundación presentan un contenido variable de material volcaniclástico (Fig. 8C), particularmente elevado para la Fm. Cerro Barcino (Mb. Puesto La Paloma). Se midieron un total de 1581 paleocorrientes (Media = 269° , Desv. Std. Circ. = $68,1^\circ$) sobre estructuras sedimentarias tractivas en paleocanales ubicados en diferentes sectores de la cuenca. Se ha reconocido una excelente correspondencia entre la orientación (elongación) / sinuosidad de los paleocanales y el vector medio / dispersión de las paleocorrientes medidas sobre ellos. Los vectores promedio de las paleocorrientes medidas permitieron definir el sentido de escurrimiento local y extrapolar esos valores al conjunto de paleocanales exhumados cercanos con orientación comparable, integrando datos de campo con interpretación de imágenes satelitales

Los sistemas fluviales que drenaron de este a oeste en el sector oriental de la CCA suelen presentar un predominio de clastos conglomerádicos de composición volcánica. Al sur del Río Chubut y al oeste de la Sierra del Guanaco, el diseño general de drenaje de las Formaciones Cerro Barcino (Mb. Las Plumas) y Puesto Manuel Arce, muestra una red fluvial que drenaba de manera general hacia el SO, O y NO. Al norte del Río Chubut, los paleocanales de la Formación Cerro Barcino (Mb. Puesto La Paloma) ubicados al este del Cerro El Indio tienen un sentido de paleoescurrimiento hacia en NNO. Por otro lado, los paleocanales de la Formación Bayo Overo ubicados al este y sureste de la Sierra Chata, en El Mirasol y al sur del Cerro Bayo Overo, drenaban al S, SO y O. De esta manera, el patrón regional de paleocorrientes no muestra un único depocentro durante la depositación de

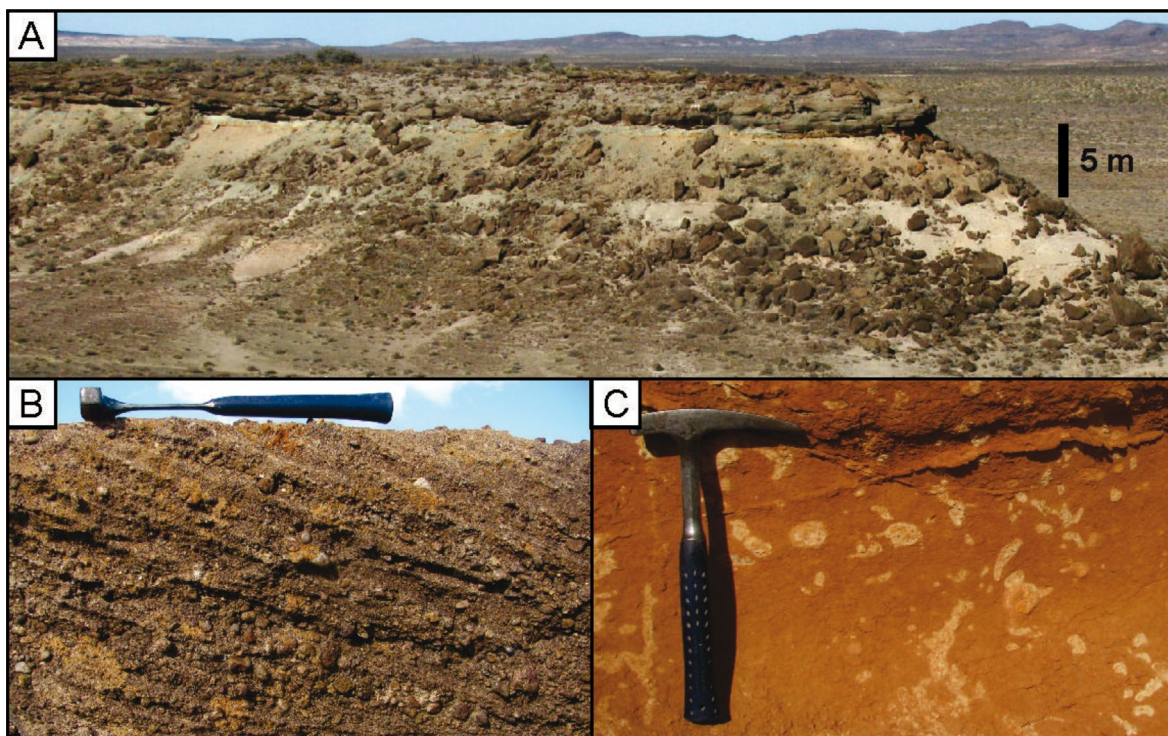


Figura 8. A) Afloramientos de paleocanales exhumados, Grupo Chubut, cuenca de Cañadón Asfalto. B) Detalle del relleno areno-conglomerádico de los paleocanales con abundantes estructuras entrecruzadas en artesa y tangenciales. C) Depósitos de planicie de inundación de composición piroclástica dominante, con marcas de bioturbación.

estas unidades. En el sector oriental (Las Plumas, Sierra Negra y Sierra del Guanaco), el sentido de paleoescurrimiento general hacia el oeste (Fig. 4) muestra que los sistemas fluviales drenaban desde los altos de rocas jurásicas volcánicas ubicados al este, sugerido también por la composición de la fracción clástica conglomerádica. Al este del Cerro El Indio, los paleocanales del Mb. Puesto La Paloma drenaron de manera consistente hacia depocentros ubicados al NNO, desde canales de baja jerarquía con anchos reducidos y diseño anastomosado, que evolucionan espacialmente a canales de mayores dimensiones y diseño de baja sinuosidad.

Estas variaciones en el sentido general de escurrimiento parecen estar en relación con la posición de los altos jurásicos y la ubicación de los principales depocentros de la cuenca durante la etapa de postrift. El número de paleocanales interpretados y la extensión del área de estudio brindan una representatividad regional poco frecuente en estudios paleoambientales y paleogeográficos.

Los resultados presentados en este trabajo documentan la mayor red de paleodrenaje exhumada a nivel mundial. Además, la relevancia científica de este hallazgo excede el entendimiento de la evolución cretácica de la cuenca, ya que representa una excelente oportunidad para comparar las características de los sistemas fluviales fósiles con geoformas fluviales (rocas reservorio) interpretadas con información sísmica 3D.

Analogías de subsuelo

La comparación entre paleocanales exhumados reconocidos en afloramientos tridimensionales (sobre imágenes satelitales) y geoformas fluviales interpretadas en subsuelo (sobre time slices) refleja que ambas fuentes de información muestran el arreglo en planta de un conjunto de canales

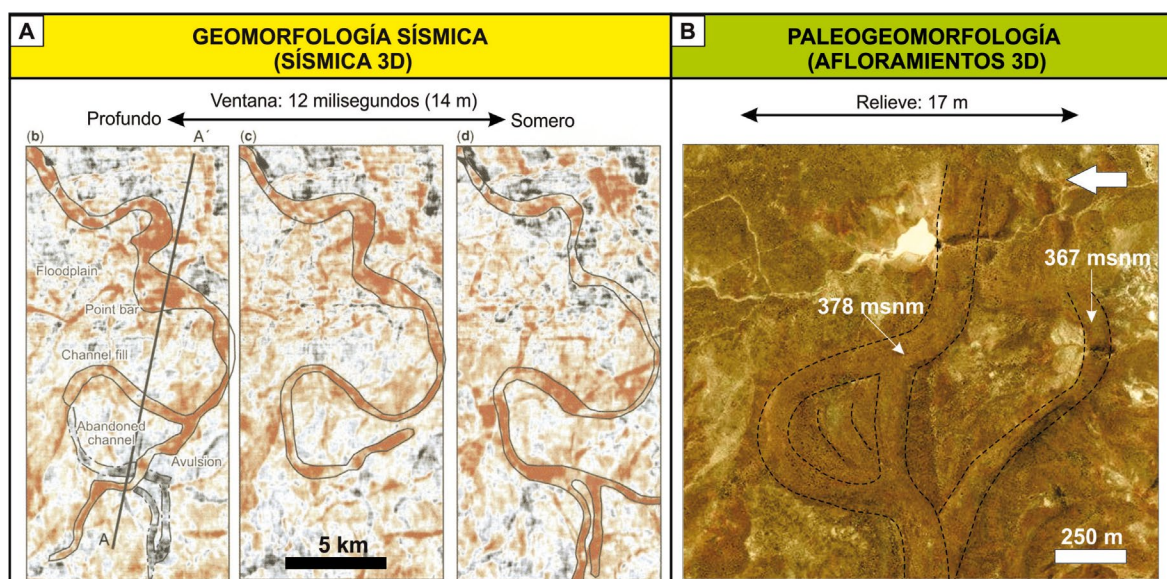


Figura 9. A) Discriminación de historias evolutivas con información sísmica 3D sobre geoformas canalizadas, según interpretaciones a distintos niveles de profundidad (modificado de Zeng 2007). B) Discriminación de historias evolutivas en afloramientos 3D sobre paleocanales exhumados, según interpretaciones a diferentes niveles topográficos-estratigráficos.

que generalmente no están en el mismo nivel estratigráfico. En el caso de ejemplos del subsuelo, suelen separarse las distintas etapas en la evolución de los sistemas fluviales analizando el registro sísmico 3D a diferentes profundidades (Fig. 9A); en el análisis paleogeomorfológico sobre canales exhumados (afloramientos 3D) las historias evolutivas se separan según la posición topográfica-estratigráfica (Fig. 9B).

En los últimos años se han realizado varios aportes sobre la geomorfología sísmica de los reservorios fluviales del Grupo Chubut en distintas unidades litoestratigráficas y posiciones de la CGSJ (Junken *et al.* 2005; Foster e Iovine 2008; Barandica y Tejada Argañaraz 2013; Guerra *et*

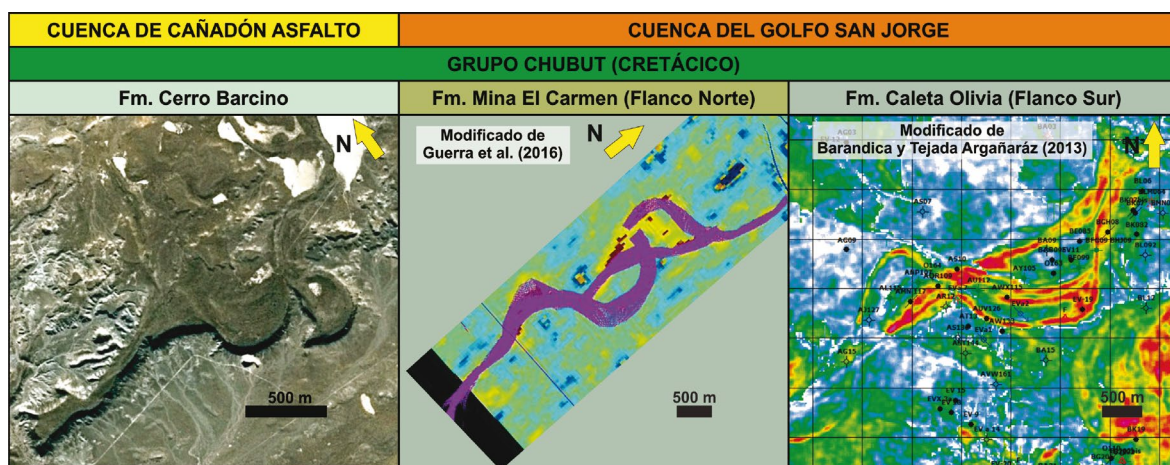


Figura 10. Comparación a escala de cuerpo individual entre paleocanales exhumados del Grupo Chubut (CCA), con geoformas fluviales interpretadas en secciones sísmicas del subsuelo de la CGSJ.

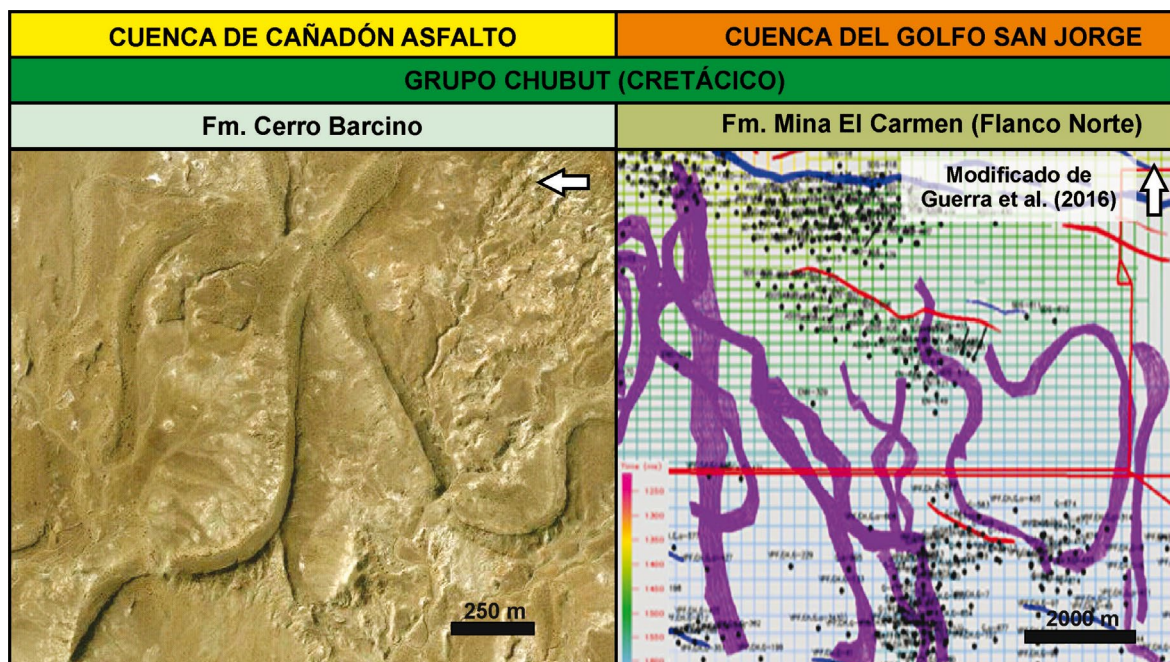


Figura 11. Comparación a escala local entre redes de paleocanales exhumados del Grupo Chubut (CCA), con geoformas fluviales interpretadas en secciones sísmicas del subsuelo de la CGSJ (Fm. Mina El Carmen).

al. 2016; Arustizia *et al.* 2016; entre otros). Las dimensiones y calidad de exposición de la red de paleocanales exhumados descripta en la CCA permiten realizar comparaciones con los ejemplos de subsuelo de la CGSJ a diferentes escalas de observación. A escala de cuerpo individual, las similitudes en diseño y dimensiones con algunos ejemplos de geoformas canalizadas publicadas por Guerra *et al.* (2016) y Barandica y Tejada Argañaraz (2013) en Flanco Norte y Sur de la CGSJ respectivamente, muestran muy buenos resultados en esta primera aproximación (Fig. 10). Sin embargo, también es posible encontrar muy buen correlato a escala local (Fig. 11) y semi-regional o regional (Fig. 12).

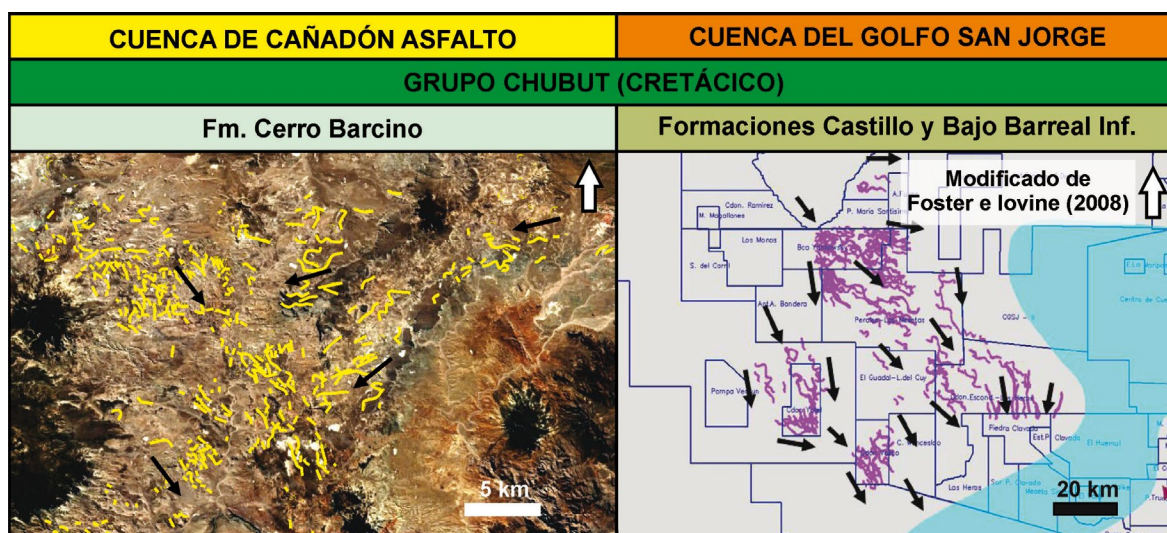


Figura 12. Comparación entre redes de paleocanales exhumados del Grupo Chubut (CCA), con geoformas fluviales interpretadas en secciones sísmicas del subsuelo de la CGSJ a escala semi-regional y regional.

CONSIDERACIONES FINALES

En primer lugar, es necesario destacar que el tipo de información que puede aportar un análisis de geomorfología sísmica en unidades de subsuelo es en todo comparable al dato aportado por sucesiones fluviales exhumadas y expuestas en 3D. La presencia de paleocanales exhumados en el Grupo Chubut de la CCA es un caso extraordinario por su calidad de afloramiento y dimensiones. Sin embargo, que esta paleored fluvial exhumada represente rocas sedimentarias equivalentes a los principales reservorios de una cuenca hidrocarburífera con más de un siglo de producción (CGSJ), representa una oportunidad inédita para:

- Caracterizar los sistemas fluviales en tres dimensiones.
- Comprender la variabilidad de las facies fluviales y sus cualidades petrofísicas como rocas reservorios.
- Evaluar la variabilidad espacial del contenido de matriz tobácea a escala de cuerpo individual.

- Evaluar barreras de permeabilidad intrareservorio.
- Aportar información valiosa para la correlación de cuerpos arenosos en sucesiones fluviales de subsuelo en proyectos de recuperación secundaria, generación modelos estáticos y dinámicos, programas de terminación, etc.
- Calibrar modelos geoestadísticos de reservorios fluviales (geometría, apilamiento).
- Modelar el flujo intrareservorio a partir de la variabilidad espacial de petrofacies con distinta permeabilidad.
- Utilizar análogos de campo en interpretaciones de geomorfología sísmica a distintas escalas de observación.
- Caracterizar la influencia de altos basamentales intra-cuencas en la organización de sistemas fluviales.
- Evaluar controles fluviales autocíclicos y alocíclicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud (Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco) y del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), quienes brindaron los medios necesarios para poder realizarlo. Se agradece especialmente a las autoridades de las escuelas provinciales N°15 (Paso de Indios), N°31 (Cerro Condor) y N°118 (El Mirasol), por su generosidad y hospitalidad durante los trabajos de campo, al igual que a todos los pobladores rurales que permitieron el acceso a sus establecimientos privados. Un agradecimiento para los revisores del trabajo que con sus correcciones y sugerencias mejoraron significativamente la versión original.

REFERENCIAS CITADAS

- Alexander, J., 1992, "Nature and origin of a laterally extensive alluvial sandstone body in the Middle Jurassic Scalby Formation". *Journal of the Geological Society*, v. 149, p. 431-441.
- Allard, J.O., J.M. Paredes, N. Foix y R.E. Giacosa, 2015, "Conexión cretácica entre las cuencas del Golfo San Jorge y Cañadón Asfalto (Patagonia): paleogeografía, implicancias tectonoestratigráficas y su potencial en la exploración de hidrocarburos". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 72 (1): 21-37.
- Arustizia, A., M. Iglesias, M.C. Biurrún y P. Álvarez, 2016. "Interpretación sísmica de geoformas canalizadas: su aporte para la confección de un modelo de reservorio". *Workshop Desarrollo de Hidrocarburos*, IAPG.
- Barandica, M. y S. Tejada Argañaraz, 2013, "Visualización sísmica del paleodrenaje fluvial durante el Cretácico Superior en el bloque El Valle, Provincia de Santa Cruz, Argentina". En: *Resúmenes Primeras Jornadas Geológicas de la Cuenca del*

- Golfo San Jorge (Eds. Paredes, J.M. y Foix, N.), p. 25, Comodoro Rivadavia, Argentina.
- Beydoun, Z.R., 1980, "Some Holocene geomorphological and sedimentological observations from Oman and their palaeogeological implications". *Journal of Petroleum Geology*, v.2, p. 427-437.
- Brookes, I.A., 2003, "Palaeofluvial estimates from exhumed meander scrolls, Taref Formation (Turonian), Dakhla Region, Western Desert, Egypt". *Cretaceous Research*, v. 24, p. 97-104.
- Cuevas Martínez, J.L., L. Cabrera Pérez, A. Marcuello, P. Arbués Cazo, M. Marzo Carpio y F. Bellmunt, 2010, "Exhumed channel sandstone networks within fluvial fan deposits from the Oligo-Miocene Caspe Formation, south-east Ebro Basin (north-east Spain)". *Sedimentology*, v. 57, p. 162-189.
- Edwards, M.B., K.A. Eriksson y R.S. Kier, 1983, "Paleochannel geometry and flow patterns determined from exhumed Permian point bars in north-central Texas". *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 53, p. 1261-1270.
- Figari, E.G. y S.F. Courtade, 1993, "Evolución tectosedimentaria de la cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina". 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 1, p. 66-77.
- Figari, E.G. y V.A. Ramos, 2012, "Evidencias del rifting titoneocomiano en el Macizo Nord Patagónico y su periferia". XIII Reunión Argentina de Sedimentología, Actas p. 81-82. Salta, Argentina.
- Figari, E.G., E. Strelkov, G. Laffitte, M.S. Cid de la Paz, S. Courtade, J. Celaya, A. Vottero, S. Lafourcade, R. Martinez y H. Villar, 1999, "Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica". 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas, p. 197-237. Buenos Aires.
- Figari, E.G., R.A. Scasso, R.N. Cúneo e I. Escapa, 2015, "Estratigrafía y evolución geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina". *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, v. 22, no. 2, p. 135-169.
- Foix, N., Allard, J.O., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., 2012, "Fluvial styles, palaeohydrology and modern analogues of an exhumed, Cretaceous fluvial system: Cerro Barcino Formation, Cañadón Asfalto basin, Argentina". *Cretaceous Research* 34, 298-307.
- Foix, N., Allard, J.O., Paredes, J.M., Ocampo, S.M., 2014, "Redes de paleocanales fluviales exhumados en el Grupo Chubut (Cretácico), cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut (Argentina): un ejemplo excepcional a escala regional, análogos actuales y marcianos". XIV Reunión Argentina de Sedimentología, p. 112. Puerto Madryn.
- Foster, M., Iovine, G., 2008, "Geometría y paleodrenaje regional de los sistemas de la Formación Castillo y Sección Tobácea, Cuenca del Golfo de San Jorge". VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos, 575-586.
- Gardner, T.W., 1983, "Paleohydrology and paleomorphology of a Carboniferous, meandering, fluvial sandstone". *Journal of Sedimentary Research*, vol. 53, p. 991-1005.
- Guerra, G., Bacay, S., Stoeff, P., Barria, I., Palacio, L., Sotillo, J., Góes, N., 2016, "Cubo de probabilidad de facies reservorio y su correlación con geofor-mas detectadas en Formación Mina del Carmen, proyectos G3-San Diego Sur, Flanco Norte de la cuenca del Golfo San Jorge". En: Resúmenes Segundas Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge (Eds. Paredes, J.M., Foix, N. y Allard, J.O.), p. 54-55, Comodoro Rivadavia, Argentina.

- Hartley, A.J., A. Owen, A. Swan, G.S. Weissmann, B.I. Holzweber, J. Howell, G. Nichols y L. Scuderi, 2015, "Recognition and importance of amalgamated sandy meander belts in the continental rock record". *Geology*, v. 43, no. 8, p. 679-682.
- Ielpi, A. y M. Ghinassi, 2014, "Planform architecture, stratigraphic signature and morphodynamics of an exhumed Jurassic meander plain (Scalby Formation, Yorkshire, UK)". *Sedimentology*, v. 161, p. 1923-1960.
- Junken, E., G. Salomone, A. Amoreo y M. Atencio, 2005, "Caracterización Sísmica: Su aporte a la interpretación de geoformas mediante el análisis de facies sísmicas", V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio "La sísmica de reflexión, más allá de la imagen estructural" (Soubies, D., M. Arteaga y F. Fantín Eds.), Actas 245-264, Mar del Plata.
- Maizels, J., 1990, "Raised channel systems as indicators of palaeohydrologic change: a case study from Oman". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 76, p. 241-277.
- Padgett, G.V. y R. Ehrlich, 1976, "Paleohydrologic analysis of a late Carboniferous fluvial system, southern Morocco". *Geological Society of America Bulletin*, v. 87, p. 1101-1104.
- Posamentier, H.W., 2000, "Seismic stratigraphy into the next millennium; A focus on 3D seismic data. En: Anonymous (Ed.), AAPG Annual Meeting Expanded Abstracts., p. 118. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- Posamentier, H. W., R. Davies, L. J. Wood, & J. Cartwright, 2007, "Seismic geomorphology-An overview", en R. Davies, H.W. Posamentier, L.J. Wood, y J. Cartwright, eds., *Seismic geomorphology: Application to hydrocarbon exploration and production: Geological Society, London, Special Publications 2007*, vol. 277, p. 1-20.
- Smith, R.M.H., 1987, "Morphology and depositional history of exhumed Permian point bars in the southwestern Karroo, South Africa". *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 57, p. 19-29.
- Williams, R.M.E., T.C. Chidsey Jr. y D.E. Eby, 2007, "Exhumed paleochannels in central Utah - analogs for raised curvilinear features on Mars. En: Willis, G.C., Hylland, M.D., Clark, D.L., Chidsey Jr. Jr., T.C. (Eds.), *Central Utah - diverse geology of a dynamic landscape: Utah Geological Association Publication 36*, Salt Lake City, Utah, pp. 220-235.
- No lo ví en el texto, por favor revisen
- Williams, R.M.E., Irwin, R.P., III, Zimbelman, J.R., 2009, "Evaluation of paleohydrologic models for terrestrial inverted channels: implications for application to Martian sinuous ridges". *Geomorphology*, v. 107, p. 300-315.
- Zeng, H., 2007, "Seismic imaging for seismic geomorphology beyond the seabed; potentials and challenges", En R.J. Davies, H.W. Posamentier, L.J. Wood, y J.A. Cartwright (Eds.) *Seismic geomorphology; applications to hydrocarbon exploration and production: Geological Society (London) Special Publication 277*, p. 15-28.