

# ARQUITECTURA ESTRATIGRÁFICA DEL PALEOCENO EN EL FLANCO NORTE DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE, PATAGONIA CENTRAL

Nicolás FOIX<sup>1,2</sup>, José M. PAREDES<sup>1</sup>, Raúl E. GIACOSA<sup>3,4</sup> y José O. ALLARD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Geología, FCN, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, Chubut. Email: nicofoix@unpata.edu.ar

<sup>2</sup> CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Río Negro, General Roca, Río Negro.

<sup>4</sup> Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Delegación Regional Comahue, General Roca, Río Negro.

## RESUMEN

La depositación de la Formación Salamanca y del Grupo Río Chico (Paleoceno) en la Cuenca del Golfo San Jorge excedió el ámbito de la cuenca continental del Grupo Chubut (Cretácico). Estas unidades muestran cambios estratigráficos significativos en dirección norte-sur para el flanco norte de la cuenca. Por un lado, la acumulación de depósitos bioclásticos basales en la Formación Salamanca (Miembro Bustamante) sólo tuvo lugar en el borde norte de la cuenca, donde la sedimentación marina ocurrió sobre rocas volcánicas jurásicas del Complejo Marifil. Hacia el sur, la transgresión inicial está representada por los depósitos epiclásticos del Miembro Hansen (“Glaucónico”), apoyados sobre el Grupo Chubut (Cretácico). Así, los depósitos bioclásticos del Miembro Bustamante se interpretan como una evidencia del desarrollo de colonias de invertebrados marinos sustrato-controladas, ya que las rocas volcánicas constituyeron un sustrato más propicio para su colonización por organismos incrustantes en ambientes intermareales y submareales. Por el otro, las variaciones norte-sur en la macro-arquitectura aluvial del Grupo Río Chico quedan reflejadas por variaciones en los estilos fluviales, en la geometría externa de los canales, por la preservación variable de la planicie de inundación, y por cambios sistemáticos en el espesor total de la unidad, sugiriendo cambios temporo-espaciales en el espacio de acomodación durante su depositación.

Los cambios en el registro estratigráfico paleoceno están espacialmente sobreimpuestos con el límite norte de la cuenca continental del Grupo Chubut. La reactivación extensional paleocena de este borde de cuenca heredado, controló la macro-arquitectura estratigráfica paleocena en el flanco norte de la cuenca.

**Palabras clave:** *Formación Salamanca, Grupo Río Chico, borde de cuenca cretácico, Patagonia*

## ABSTRACT

*Stratigraphic architecture of the Paleocene in the North Flank of the Golfo San Jorge basin, central Patagonia*

The deposition of the Salamanca Formation and Río Chico Group (Paleocene) in the Golfo San Jorge Basin exceeds the basin boundary of the underlying continental units of the Chubut Group (Cretaceous). These Paleocene units show major north-to-south stratigraphic changes for the north flank of the basin. On one hand, the accumulation of bioclastic deposits in the base of Salamanca Formation (Bustamante Member) only took place in the northern basin boundary, where the marine sedimentation occurred overlying Jurassic volcanic rocks of the Marifil Complex. In southward direction, the initial Paleocene transgression is represented by the epiclastic deposits of the Hansen Member (“Glaucónico”), overlying the Chubut Group (Cretaceous). In this way, the bioclastic deposits of the Bustamante Member are interpreted as an evidence of development of substrate-controlled marine invertebrate colonies, in which the volcanic rocks constituted a more favorable substrate to colonization of encrusting marine biota in intertidal and subtidal environments. On the other hand, north-to-south variations in the alluvial macro-architecture of the Río Chico Group are represented by variations in fluvial styles, in the external geometry of channelized deposits, by variable preservation of floodplain deposits, and by systematic changes in the total thickness of the unit, suggesting spatio-temporal variations in the rate of generation of accommodation space during their deposition. The changes in the Paleocene stratigraphic record are spatially overimposed with the northern basin boundary of the continental Chubut Group. The extensional reactivation of this inherited basin boundary controlled the Paleocene macro-architecture in the north flank of the basin.

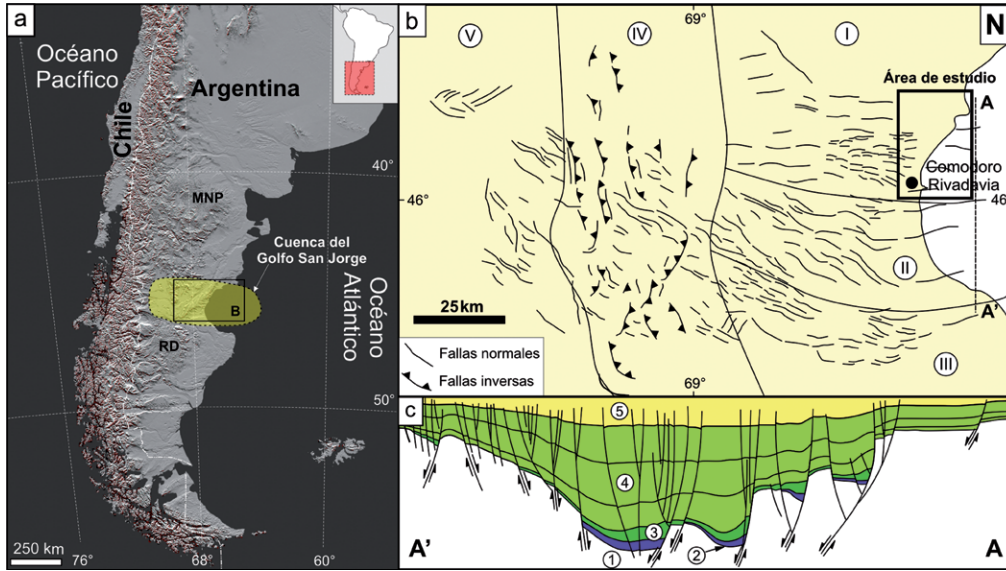
**Keywords:** *Salamanca Formation, Río Chico Group, Cretaceous basin boundary, Patagonia*

## INTRODUCCIÓN

El ciclo marino-continental representado por la Formación Salamanca (Lesta y

Ferello 1972) y el Grupo Río Chico (Legarreta y Uliana 1994, Raigemborn *et al.* 2010) durante el Cenozoico temprano en la Cuenca del Golfo San Jorge, tiene su

correlato y equivalentes en otras cuencas del margen atlántico argentino (Camacho 1967, Malumián 1999). Ambas unidades se depositaron en un contexto compara-



**Figura 1:** Ubicación y contexto estructural (modificado de Foix *et al.* 2012a). a) Ubicación de la Cuenca del Golfo San Jorge, el recuadro indica la ubicación de la figura 1b. La zona coloreada marca el límite de la cuenca cretácica del Grupo Chubut. b) Principales regiones estructurales de la Cuenca del Golfo San Jorge (modificado de Figari *et al.* 1999): (I) flanco norte, (II) centro de cuenca, (III) flanco sur, (IV) faja plegada de San Bernardo, y (V) región occidental. El recuadro indica el área de estudio y A-A' corresponde a la sección mostrada en 1c. c) Sección sísmica con orientación norte-sur de la Cuenca del Golfo San Jorge (modificado de Figari *et al.* 1999). Referencias: (1) basamento paleozoico, (2) Complejo Marifil, (3) Grupo Las Heras (= "Neocomiano"), (4) Grupo Chubut, y (5) Cenozoico.

ble al de un margen pasivo (Legarreta y Uliana, 1994, Figari *et al.* 1999, Foix *et al.* 2013a), bajo condiciones climáticas cálidas-húmedas a subtropicales-tropicales (Brea *et al.* 2009, Raigemborn *et al.* 2009, Krause *et al.* 2010), en el marco de un régimen extensional dominante (Fitzgerald *et al.* 1990, Figari *et al.* 1999, Foix *et al.* 2008, Foix *et al.* 2012a) y excediendo los límites de la cuenca cretácica del Grupo Chubut (Foix *et al.* 2013b).

Las variaciones regionales en la arquitectura estratigráfica tanto de unidades continentales como marinas se atribuyen a variaciones en la tectónica, el clima, el nivel de base y el aporte sedimentario a diferentes escalas (ej., Bridge y Leeder 1979, Miall 1993, 1996, Ethridge *et al.* 1998, Catuneanu *et al.* 2005, Catuneanu 2006, Allen y Fielding 2007). La posibilidad de discriminar o jerarquizar los diferentes factores de control en la sedimentación requiere de un abordaje interdisciplinario lo más amplio posible, y la realización de algunas simplificaciones válidas. Los cambios en la arquitectura estratigráfica de la Formación Salamanca, tales como la existencia de un miembro bioclástico sólo en el sector norte de la cuenca y de depósitos transgresivos epiclásticos en el sur ("Glaucónítico", Miembro Hansen), sugieren el desarrollo de colonias sustrato-controladas de organismos incrustantes interpretadas como *rocky shores* (*sensu* Johnson y Baarli 1999). Por su parte, el Gru-

po Río Chico muestra cambios en los estilos fluviales, la geometría de los cuerpos arenosos y las relaciones canal/planicie de inundación que son el resultado de variaciones en la tasa de generación de espacio de acomodación durante el Paleoceno (Foix *et al.* 2013a).

El objetivo de este trabajo es analizar en conjunto las variaciones tempororo-espaciales en la macro-arquitectura estratigráfica del registro paleoceno (Formación Salamanca y Grupo Río Chico) y su relación con el borde de cuenca cretácica en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge.

## MARCO GEOLÓGICO

### Contexto estructural

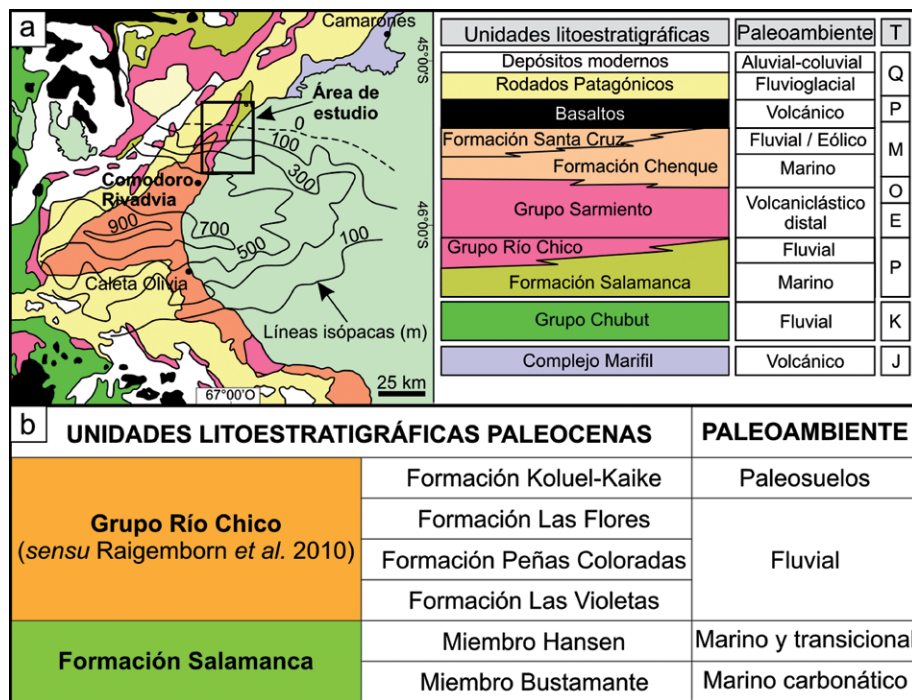
La Cuenca del Golfo San Jorge es una cuenca de origen extensional desarrollada desde el Jurásico (Fitzgerald *et al.* 1990, Figari *et al.* 1999) en la Patagonia central de Argentina (Fig. 1a). La cuenca ha sido dividida en tres grandes regiones en base a su estilo tectónico (Figari *et al.* 1999) (Fig. 1b): Región oriental (incluye flanco norte, centro de cuenca y flanco sur), faja plegada de San Bernardo y región occidental. El área de estudio se encuentra ubicada dentro del flanco norte de la cuenca, en la región costera ubicada al norte de Comodoro Rivadavia (Fig. 1b), donde las principales fallas normales que escalonan el sector inclinan hacia el sur (Fig. 1c).

La actividad tectónica desarrollada en el sector oriental de la cuenca siempre fue de naturaleza extensional y tuvo distintas fases durante el Mesozoico y Cenozoico (Fitzgerald *et al.* 1990, Figari *et al.* 1999, Giacosa *et al.* 2003, Giacosa *et al.* 2004, Foix *et al.* 2012a). Las evidencias de esta actividad tectónica durante el Paleoceno en el flanco norte de la cuenca incluyen: a) fallamiento normal sinsedimentario (Fossa-Mancini 1932, Giacosa *et al.* 2006, Foix *et al.* 2012a), b) estructuras deformacionales de origen sísmico (Foix *et al.* 2008, Foix *et al.* 2012a) y c) intrusión/extrusión de magmatismo basáltico (Chelotti 1997, Foix *et al.* 2014).

El origen de la actividad tectónica extensional durante el Cenozoico en la Cuenca del Golfo San Jorge en particular, y en gran parte de la región patagónica en general, ha sido atribuida a la extensión del retroarco andino durante etapas de aumento del ángulo de subducción de la placa de Nazca (Folguera *et al.* 2011, Folguera y Ramos 2011).

### Estratigrafía

El intervalo analizado forma parte del relleno cenozoico de la Cuenca del Golfo San Jorge en su flanco norte (Fig. 2a). Las sedimentitas marinas depositadas durante el primer evento transgresivo atlántico en la Cuenca del Golfo San Jorge fueron denominadas "Salamanquense" (Ihering 1903), "Salamanquense" (Feruglio 1949)



**Figura 2:** Estratigrafía de la Cuenca del Golfo San Jorge. a) Mapa geológico simplificado y ubicación del área de estudio. El mapa isopáquico (modificado de Fitzgerald et al. 1990) indica el espesor de la unidad cretácica de subsuelo más joven del Grupo Chubut (Formación El Trébol). Referencias: J: Jurásico, K: Cretácico, P: Paleoceno, E: Eoceno, O: Oligoceno, M: Mioceno, P: Plioceno, Q: Cuaternario. T: Tiempo geológico. b) Esquema estratigráfico de la Formación Salamanca y el Grupo Río Chico.

o Formación Salamanca (Lesta y Ferello 1972). Los ambientes depositacionales característicos para esta unidad incluyen depósitos estuarinos, de plataforma interna y albufericos (Legarreta et al. 1990, Legarreta y Uliana 1994), hasta fluvio-deltaicos (Matheos et al. 2001) y deltas fluvio-dominados (Foix et al. 2012b). La Formación Salamanca contiene una abundante fauna de invertebrados marinos (Feruglio 1949, Camacho 1967), incluyendo braquiópodos, lamelibranquios (ej. *Ostrea*, *Gryphaea*, *Exogyra*, *Mytilus*, *Pecten*), gastrópodos y cefalópodos, entre otros. Feruglio (1949) divide a la unidad en los denominados “Lignitifero”, “Glaucónítico”, “Fragmentosa” y “Banco Verde”, dejando el “Banco Negro Inferior” en la base de la Formación Río Chico. Por su parte, Andreis et al. (1975) dividen a la Formación Salamanca en dos unidades litoestratigráficas de rango menor: Miembro Bustamante y Miembro Hansen (Fig. 2b). El Miembro Bustamante se compone de *packstones* bioclásticos y *grainstones*, con restos de pelecípodos, espinas de equino-

dermos, briozoos, ostrácodos y restos de foraminíferos (Matheos et al. 2003). El Miembro Hansen involucra las capas que comúnmente se atribuyen a la Formación Salamanca (Fragmentosa, Banco Verde, Banco Negro Inferior) y representan la mayor parte de los afloramientos de la unidad (Andreis et al. 1975). El contacto con el Grupo Río Chico es transicional y se encuentra constituido principalmente por el Banco Negro Inferior, interpretado como depósitos de manglar o pantano (Feruglio 1949, Legarreta y Uliana 1994, Raigemborn et al. 2010, entre otros) y que constituye un intervalo estratigráfico denominado “niveles transicionales” por Raigemborn et al. (2010). La Formación Río Chico (Paleoceno superior) definida por Simpson (1933) reemplazó al término “Pehuénche” utilizado por Doering (1882) y Ameghino (1906). Andreis et al. (1975) reconocen dos subciclos fluviales dentro de Formación Río Chico, representados por los Miembros Las Violetas y Visser. Legarreta y Uliana (1994) le dan la categoría de Grupo, divi-

diéndolo de base a techo en tres formaciones: Peñas Coloradas, Las Flores y Koluel Kaike. Recientemente, la unidad fue redefinida por Raigemborn et al. (2010), incluyendo las Formaciones Las Violetas, Peñas Coloradas, Las Flores y Koluel-Kaike (Fig. 2b). El ambiente de depositación dominante es fluvial (Andreis et al. 1975, Legarreta y Uliana 1994, Krause et al. 2010, Raigemborn et al. 2010, Foix et al. 2013a), con el desarrollo de abundantes paleosuelos hacia el borde de cuenca (Legarreta y Uliana 1994, Krause et al. 2010).

El registro estratigráfico correspondiente al Paleoceno en la Cuenca del Golfo San Jorge tuvo lugar bajo condiciones climáticas cálidas-húmedas a subtropicales-tropicales (Brea et al. 2009, Raigemborn et al. 2009, Krause et al. 2010). La depositación de la Formación Salamanca y el Grupo Río Chico excedió el ámbito de la cuenca cretácica del Grupo Chubut, cuyo límite norte se encuentra a pocas decenas de kilómetros al norte de la ciudad de Comodoro Rivadavia (Fig. 2a), y tuvo lugar directamente sobre las rocas volcánicas del Complejo Marifil, que conforman el basamento económico de la cuenca (Fitzgerald et al. 1990, Figari et al. 1999).

## METODOLOGÍA

Los datos de campo y subsuelo presentados en este trabajo incluyen tanto información propia como antecedentes bibliográficos. Los trabajos de campo incluyeron la descripción y medición de columnas estratigráficas (tipo Selley) del intervalo en estudio para su análisis paleoambiental. Para descripciones petrográficas más detalladas, se realizaron cortes delgados de intervalos de interés. El esquema paleogeográfico propuesto se obtuvo a partir de vincular la información de afloramiento y antecedentes de subsuelo (Fitzgerald et al. 1990, Figari et al. 1999).

## RESULTADOS

### Formación Salamanca

La arquitectura estratigráfica de la Formación Salamanca en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge muestra



algunos cambios significativos. Una de las variaciones laterales más notables es la existencia de depósitos bioclásticos basales, los cuales fueron incluidos en el Miembro Bustamante por Andreis *et al.* (1975). Esta sucesión bioclástica aflora en la localidad de Tetas de Pineda (cantera homónima), unos 100 km al norte de la ciudad de Comodoro Rivadavia (Fig. 3). En esa localidad, el Miembro Bustamante se apoya directamente sobre las rocas jurásicas del Complejo Marifil (Fig. 4a), constituyendo la base de la unidad en este sector de la cuenca. Estos depósitos tienen una potencia máxima de algunas decenas de metros y se encuentran integrados por bancos tabulares de calciruditas que conforman una asociación monolítica (Fig. 4b) con incorporación de fragmentos de rocas volcánicas (Figs. 4c y 5a). La granulometría del depósito bioclástico (Fig. 5b-d) indica condiciones de sedimentación marinas en un medio de alta energía, probablemente poco profundo. La presencia de depósitos bioclásticos en la Formación Salamanca (y unidades temporalmente equivalentes) se extiende geográficamente desde la cantera de Pineda hacia el norte (bahía Bustamante, dique Florentino Ameghino, arroyo Verde, etc.) y se encuentran presentes en gran parte del Macizo Nordpatagónico (Camacho 1967). Hacia el sur de Tetas de Pineda, la base de la unidad no aflora, pero este intervalo carbonático basal no ha sido reconocido en el subsuelo del flanco norte en base al registro de los pozos petroleros; allí la base de la Formación Salamanca corresponde al “Glaucónítico” (Miembro Hansen), un paquete de areniscas glauconíticas de amplia representación regional, depositado durante la transgresión inicial en un paleoambiente estuarino (e.g. Legarreta y Uliana 1994). Hasta el momento no está clara la relación que existe entre los niveles basales de la Formación Salamanca en el ámbito de la cuenca (Miembro Hansen) y los niveles bioclásticos depositados al norte de Pineda (Miembro Bustamante). En este sentido, en las localidades en las que se reconoce este miembro bioclástico, la Formación Salamanca se apoya directamente sobre las rocas vol-



Figura 3: Mapa geológico mostrando la distribución de afloramientos de la Formación Salamanca y el Grupo Río Chico en la zona de estudio (modificado de Sciuotto *et al.* 2008).

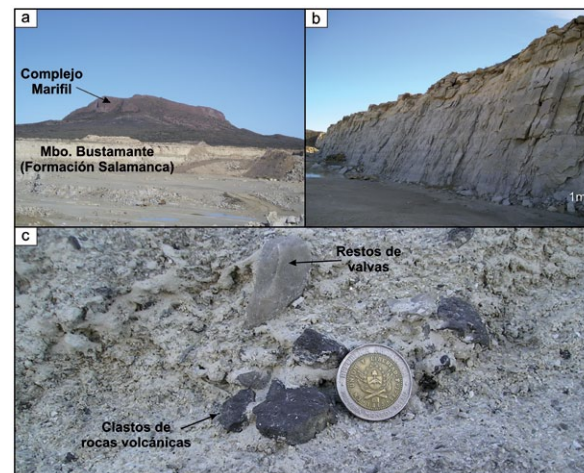
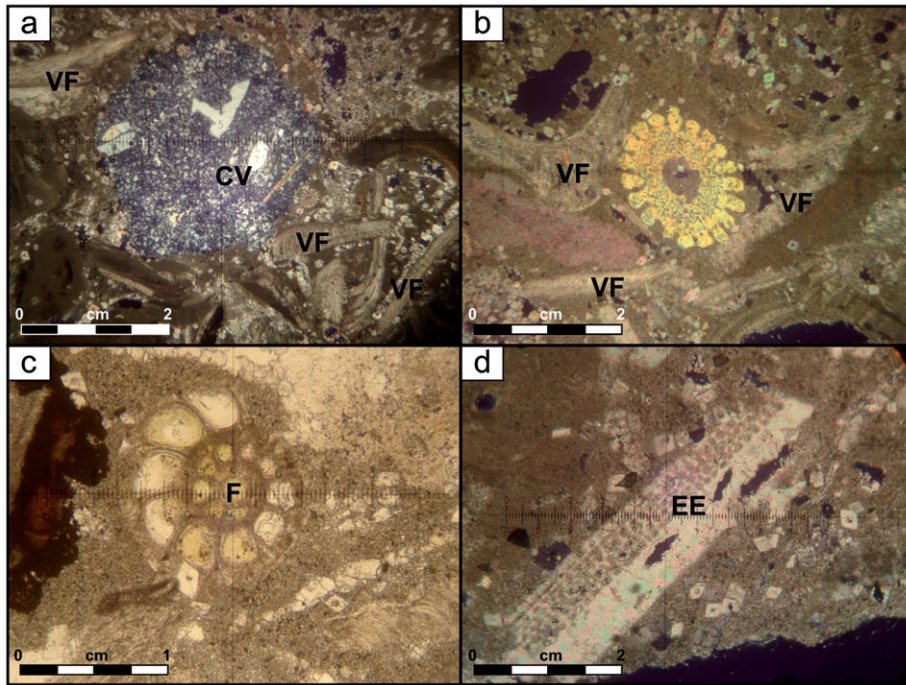


Figura 4: Miembro Bustamante (Formación Salamanca) en el área de Tetas de Pineda. a) Depósitos bioclásticos del Miembro Bustamante acumulados sobre el Complejo Marifil (Jurásico). b) Estratos tabulares de las bioruditas del Miembro Bustamante. c) Detalle de la fracción conglomerádica más gruesa, incluyendo restos de valvas y fragmentos de rocas volcánicas. Moneda: 2,3 cm de diámetro.

cánicas jurásicas del Complejo Marifil, representando el registro sedimentario de la transgresión marina fuera del ámbito de la cuenca cretácica del Grupo Chubut. Siendo bien conocido el control que ejerce la naturaleza del sustrato sobre el desarrollo de comunidades infaunales costeras

(Johnson y Baarli 1999, Taylor y Wilson 2003), el Complejo Marifil puede haber ofrecido, debido a su dureza, condiciones de sustrato más favorables que el Grupo Chubut para la colonización de invertebrados marinos incrustantes (Fig. 6a y b). Las denominadas *rocky shores* o costas ro-



**Figura 5:** Microfotografías de las calizas bioclásticas de la Formación Salamanca (Miembro Bustamante), en la Cantera Pineda. a) Calizas bioclásticas con clastos de volcanitas dispersos (nicoles cruzados). b, c y d) Microfotografías a nicoles cruzados de restos fósiles marinos, incluyendo foraminíferos y espículas de equinodermos. Referencias: CV: Clasto de volcanita. VF: Valvas fragmentadas. F: Foraminífero. EE: Espícula de equinodermo.

cosas constituyen un sustrato propicio para la colonización de organismos incrustantes en ambientes intermareales y submareales (Johnson y Baarli 1999, Taylor y Wilson 2003), mayormente representados por *Ostrea*, *Exogyra*, *Gryphaea* y *Mytilus* entre otros (Johnson y Baarli 1999), los cuales también se encuentran presentes en el Miembro Bustamante de la Formación Salamanca. Muchas veces, el establecimiento de colonias sobre sustratos duros conforman a su vez sustratos bioclásticos disponibles para nuevas colonizaciones (“*taphonomic feedback*” *sensu* Kidwell y Jablonski 1983) durante el avance de la transgresión (Fig. 6c). Una vez cubierto el Complejo Marifil con los niveles basales de la Formación Salamanca, el control del sustrato volcánico se vio disminuido y no volvieron a repetirse otros niveles bioclásticos tan importantes (Fig. 6d).

De esta manera, se interpreta que la presencia restringida que muestran los depósitos bioclásticos basales en la Formación Salamanca (Miembro Bustamante) en la Cuenca del Golfo San Jorge tuvo relación

directa con la naturaleza del sustrato sobre el cual ocurrió la transgresión inicial, alcanzando condiciones más favorables para su formación cuando el mar inundó directamente las rocas volcánicas jurásicas que cuando lo hizo sobre las sedimentitas cretácicas del Grupo Chubut (Figs. 6 y 7). Adicionalmente, las *rocky shores* o costas rocosas preservadas en el registro geológico se relacionan con la existencia de una discordancia, donde depósitos litorales conglomerádicos se acumulan sobre un sustrato resistente (Johnson y Baarli 1999). En el ejemplo de la Formación Salamanca, la discordancia incluye todo el Cretácico y los depósitos litorales del Miembro Bustamante se apoyan sobre una superficie co-planar. El paleorelieve de rocas jurásicas volcánicas inundado durante la transgresión inicial del Paleoceno inferior (Daniano), dio como resultado la existencia de altos topográficos subaéreos que conformaban islas tal como se interpreta en Tetas de Pineda (Fig. 7). La evolución paleoambiental de la unidad hacia depósitos de plataforma interna (“Fragmentosa”) durante la

profundización de la cuenca, modificó las condiciones bajo las cuales se desarrollaban los organismos incrustantes y de este modo se interrumpió la generación de sustratos duros. El límite de la cuenca cretácica pudo haber correspondido a una falla normal que escalonó el flanco norte de la cuenca (Fig. 7) o a un acuñaamiento estratigráfico del Grupo Chubut sobre el sustrato volcánico.

### Grupo Río Chico

El Grupo Río Chico (50-180 m de potencia) representa el ciclo continental depositado durante la etapa regresiva (Paleoceno superior) en la Cuenca del Golfo San Jorge. La descripción de los afloramientos ubicados en el flanco norte de la cuenca, desde la estancia Las Violetas hasta Comodoro Rivadavia (Fig. 8), permitió interpretar al menos cinco asociaciones de litofacies (Foix *et al.* 2013a): (i) canales fluviales activos, con tres subtipos: entrelazados, meandriformes y de baja sinuosidad, (ii) depósitos asociados a flujos no encauzados, (iii) depósitos de planicie de inundación proximal (canales de planicie, albardón y lóbulos de derrame); (iv) planicie de inundación distal, y (v) canales abandonados (Fig. 9).

Los cambios laterales y verticales en la arquitectura aluvial del Grupo Río Chico fueron reconocidos por variaciones en: (i) espesor preservado, (ii) estilos fluviales, (iii) relación ancho/potencia (A/P) de los canales y (iv) relación canal/planicie.

Cuando los depósitos cenozoicos se apoyan directamente sobre las rocas jurásicas al norte de Comodoro Rivadavia (estancias Las Violetas y Chapital), el Grupo Río Chico (Formación Las Violetas *sensu* Raigemborn *et al.* 2010) consiste en una sucesión fluvial de 50-60 m de espesor, integrada por depósitos asociados a flujos no encauzados y canales entrelazados mantiformes con relaciones A/P entre 300-850 (Fig. 9a y 9b), con proporciones de canal/planicie de 75/25. En este sector, dominan los componentes volcánicos básicos en el relleno canalizado de su porción inferior, con clastos de hasta 10 cm de diámetro. Por el contrario, cuando analizamos el registro de esta unidad

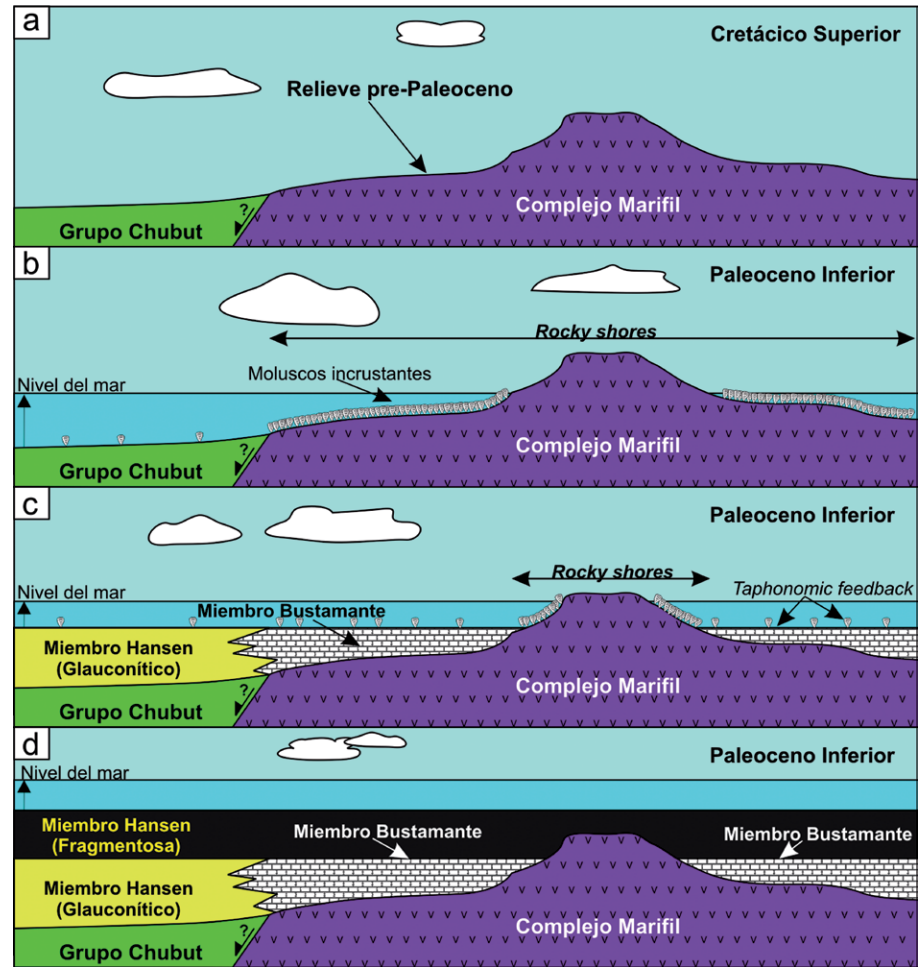


ya en el ámbito de la cuenca cretácica del Grupo Chubut en las localidades de Rocas Coloradas-Punta Peligro Norte (Formaciones Peñas Coloradas y Las Flores, *sensu* Raigemborn *et al.* 2010), los sistemas de canales son meandrosos o de baja sinuosidad (Fig. 9c, d y e) con relaciones A/P promedio cercanas a 30 y proporciones canal / planicie ~ 25/75; el espesor total del Grupo Río Chico alcanza los 180 m en el subsuelo del Flanco Norte (Foix *et al.* 2013a).

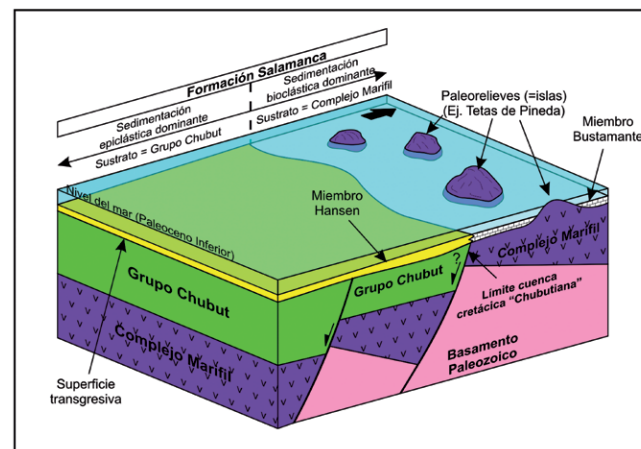
Variaciones similares en la macroarquitectura estratigráfica de sucesiones fluviales han sido interpretadas como evidencias de cambios en la tasa de generación de espacio de acomodación (Cant 1998, Robinson y McCabe 1998, Sønnerholm y Tirsgaard 1998, Arche y López-Gómez 1999, Catuneanu y Eriksson 1999, Leckie 2006, Catuneanu *et al.* 2006, 2009). Por ello, los cambios en la arquitectura estratigráfica reconocidos en el Grupo Río Chico se interpretan vinculados a variaciones en el espacio de acomodación en dirección norte-sur, debido al incremento de subsidencia hacia el centro de cuenca (Fig. 10). El sector geográfico donde se produce el engranaje lateral entre estos dos tipos de patrones de apilamiento estratigráfico fue reconocido en la localidad de Puerto Visser.

## DISCUSIÓN

La existencia de unidades equivalentes a la Formación Salamanca y al Grupo Río Chico en otras cuencas del margen sur-oriental argentino (Feruglio 1949, Camacho 1967, Malumián 1999) permite suponer que el ciclo transgresivo-regresivo ocurrido durante el Paleoceno estuvo regido por variaciones regionales del nivel del mar. Sin embargo, las particularidades de la cuenca del Golfo San Jorge le imprimieron sus rasgos especiales en la macroarquitectura del registro. Por un lado, las variaciones litológicas reconocidas en el límite de la cuenca cretácica del Grupo Chubut, condicionó la naturaleza del sustrato marino sobre el cual se depositó la Formación Salamanca, y en consecuencia, controló el desarrollo de comunidades costeras infaunales incrustantes (*rocky sho-*



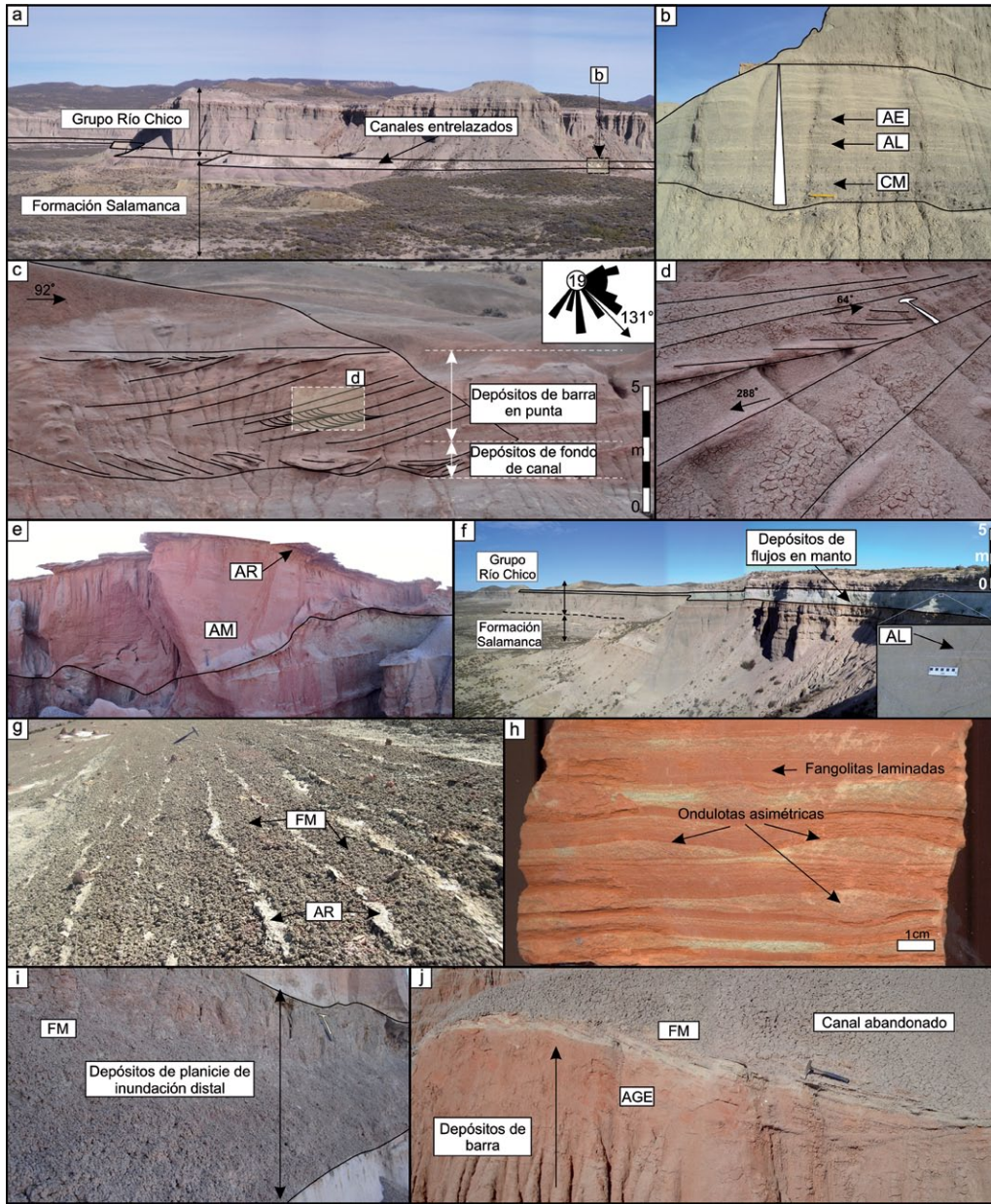
**Figura 6:** Evolución paleoambiental durante la transgresión marina inicial de la Formación Salamanca, flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge. a) Relieve subaéreo pre-Paleoceno durante la depositación de la Formación El Trébol (Grupo Chubut). b) Inundación marina del Paleoceno inferior (Daniano) excediendo el ámbito de la Cuenca del Grupo Chubut, con el desarrollo de comunidades infaunales incrustantes (géneros *Gryphaea*, *Ostrea*, *Exogyra* y *Mytilus*) preferentemente sobre el sustrato jurásico volcánico (*rocky shores*). c) Remobilización y acumulación diacrónica de los organismos esqueléticos en los niveles de calizas bioclásticas basales de la Formación Salamanca (Miembro Bustamante), conformando sustratos duros re-colonizables (*taphonomic feedback*). Sedimentación marina epiclástica dominante sobre Grupo Chubut. d) Dominio de sedimentación epiclástica (“Fragmentosa”, Miembro Hansen) una vez que la cuenca se profundizó durante el avance de la transgresión.



**Figura 7:** Bloque diagrama esquemático ilustrando las relaciones interpretadas entre la naturaleza del sustrato y el tipo de sedimentación dominante (epiclástica vs. bioclástica) en la Formación Salamanca durante la inundación marina inicial (Paleoceno inferior), flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge.



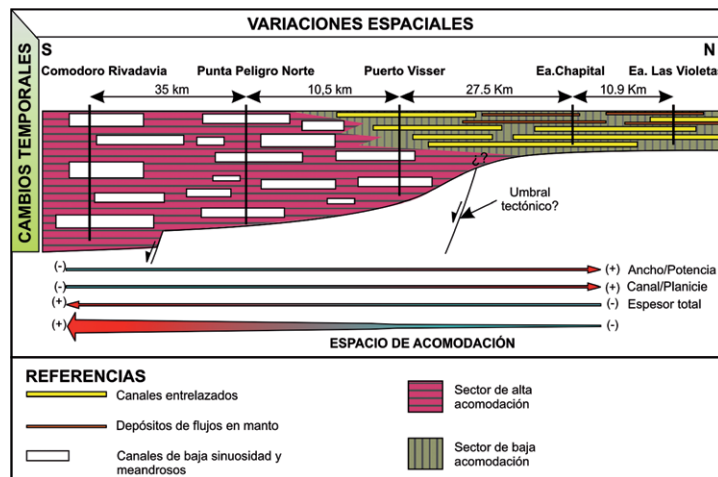




**Figura 9:** Asociaciones de litofacies interpretadas en el Grupo Río Chico (modificado de Foix *et al.* 2013a). a) Canales entrelazados mantiformes, Formación Las Violetas en su localidad tipo. Ubicación figura 9b. b) Detalles del relleno fluvial de los canales entrelazados. c) Canal meandroso con desarrollo de barra lateral, Puerto Visser. Ubicación figura 9d. d) Detalle de la estratificación entrecruzada tipo *Epsilon* con mesoformas migrando sobre los planos inclinados de la barra. e) Canal de baja sinuosidad, proximidades de Punta Peligro Norte (Formación Peñas Coloradas). f) Depósitos tabulares de flujos en manto, Formación Las Violetas en su localidad tipo. g) Planicie de inundación proximal, Formación Las Flores. i) Planicie de inundación proximal, Formación Peñas Coloradas. j) Planicie de inundación distal, Formación Las Flores. j) Canal abandonado con preservación de una macroforma (barra), Formación Peñas Coloradas. Referencias. CM: Conglomerados macizos, AL: Areniscas con laminación horizontal, AE: Areniscas con estratificación entrecruzada en artesa, AM: Areniscas macizas, AR: Areniscas con ondulitas asimétricas, AGE: Areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala, FM: Fangolitas macizas.

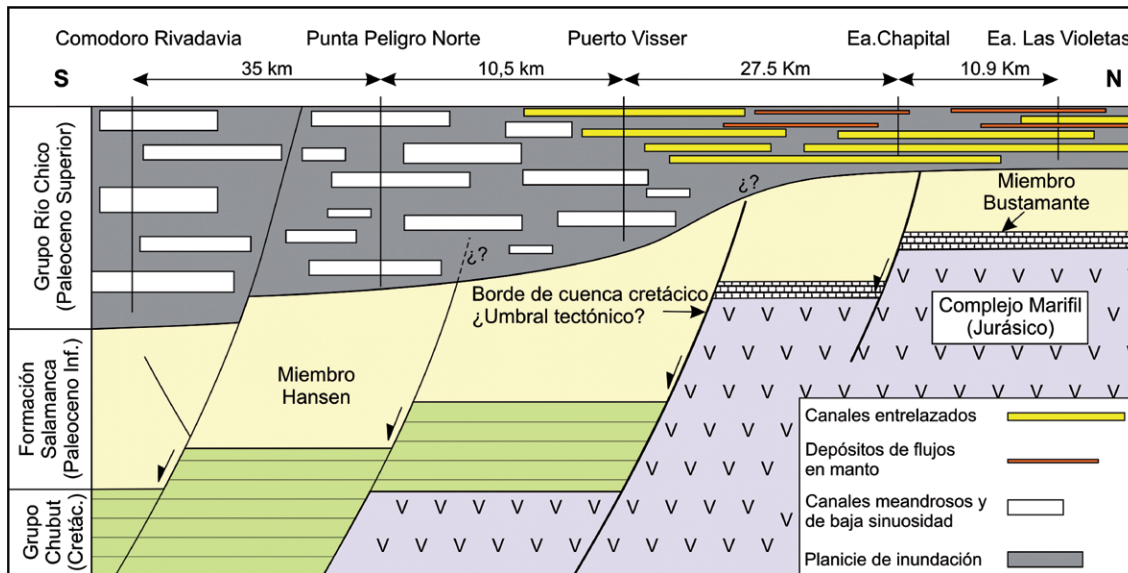
(espesor total, estilos fluviales, geometría externa de los cuerpos canalizados y preservación de la planicie de inundación) sugieren importantes cambios temporales-espaciales en la tasa de creación de espacio de acomodación (subsistencia diferencial) durante el Paleoceno Superior, en coincidencia con la localidad de Puerto Visser (Foix *et al.* 2013a).

De esta manera, el cambio en la arquitectura estratigráfica del registro paleoceno coincide aproximadamente con el borde norte de la cuenca del Grupo Chubut, tal como fue sugerido por Fitzgerald *et al.* (1990) a partir del análisis de los mapas



**Figura 10:** Variaciones norte-sur en la macro-arquitectura estratigráfica del Grupo Río Chico en el flanco norte de la cuenca (modificado de Foix *et al.* 2013a).





**Figura 11:** Sección esquemática norte-sur del registro Paleoceno en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge (modificado de Foix *et al.* 2013b). El límite de la cuenca cretácica del Grupo Chubut coincide con la ubicación en la que se registran los cambios más significativos en la macro-arquitectura estratigráfica paleocena (sin escala vertical).

isopáquicos. La puntualidad y coincidencia que muestran los cambios estratigráficos analizados en este sector de la cuenca, permite suponer la existencia de un elemento estructural heredado que condicionó la depositación paleocena. De esta manera, y a pesar que la Formación Salamanca y el Grupo Río Chico muestran variaciones estratigráficas que responden a cambios regionales en el nivel de base y en la subsidencia extensional del Paleoceno (Fig. 11), controló parcialmente su macro-arquitectura estratigráfica en el flanco norte de la cuenca.

## CONCLUSIONES

La distribución areal y la posición estratigráfica del Miembro Bustamante (Formación Salamanca) en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge se interpretan como el registro de colonias marinas costeras sustrato-controladas (*rocky shores*) retrabajadas, desarrolladas sobre las rocas volcánicas jurásicas del Complejo Marifil durante el inicio de la transgresión.

Las variaciones estratigráficas norte-sur del Grupo Río Chico en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge, tales como estilos fluviales, relaciones ancho/potencia, proporciones canal/planicie de inundación y espesor total de la unidad, se interpretan en relación a variaciones en

la tasa de generación de espacio de acomodación.

La puntualidad y coincidencia de los cambios estratigráficos en ambas unidades, permite suponer la existencia de un rasgo estructural pre-Paleoceno heredado y reactivado, que condicionó la depositación paleocena, y que se interpreta como el borde cretácico de la Cuenca del Golfo San Jorge en su flanco norte.

## AGRADECIMIENTOS

A los Dres. Sebastián Moyano y Juan José Ponce quienes con sus valiosos comentarios contribuyeron a mejorar el manuscrito original. Este trabajo fue realizado gracias a una beca doctoral otorgada a N.F. por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Los autores agradecen a la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco por el apoyo logístico. Un agradecimiento especial para los dueños y encargados de las estancias Las Violetas, Chapital y Puerto Visser por su gentileza y hospitalidad.

## TRABAJO CITADOS EN EL TEXTO

Allen, J.P.A. y Fielding, C.R. 2007. Sedimentology and stratigraphic architecture of the Late Permian Betts Creek Beds, Queensland, Australia. *Sedimentary Geology* 202: 5-34.

Ameghino, F.G. 1906. Les formations sédimen-

taires du Cétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie. *Anales Museo Nacional de Historia* 8, 568 p., Buenos Aires.

- Andreis, R.R., Mazzoni, M. y Spalletti, L.A. 1975. Estudio estratigráfico y paleoambiental de las sedimentitas terciarias entre Pico Salamanca y Bahía Bustamante, Provincia del Chubut, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30: 85-103.
- Arche, A. y López-Gómez, J. 1999. Tectonic and geomorphic controls on the fluvial styles of the Eslida Formation, Middle Triassic, Eastern Spain. *Tectonophysics* 315: 187-207.
- Brea, M., Bellosi, E.S. y Krause, J.M. 2009. *Taxacoxydon katuatenkum* sp. nov. en la Formación Koluel-Kaike (Eoceno inferior - medio), Chubut, Argentina: un componente de los bosques subtropicales paleógenos de Patagonia. *Ameghiniana* 46: 127-140.
- Bridge, J.S. y Leeder, M.R. 1979. A simulation model of alluvial stratigraphy. *Sedimentology* 26, 617-644.
- Camacho, H.H. 1967. Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22: 253-279.
- Cant, D.J. 1998. Sequence stratigraphy, subsidence rate, and fluvial facies, Mannville Group, Alberta Foreland Basin. En: Shanley, K.W. y McCabe, P. (Eds.) *Relative Role of Eustasy, Climate and Tectonism in Continental Rocks*, SEPM Special Publication 59: 49-63, Tulsa.
- Catuneanu, O. 2006. *Principles of Sequence*

- Stratigraphy. Elsevier, 375 p., Amsterdam.
- Catuneanu, O. y Eriksson, P.G. 1999. The sequence stratigraphic concept and the Precambrian rock record: an example from the 2.7-2.1 Ga Transvaal Supergroup, Kaapvaal craton. *Precambrian Research* 97: 215-251.
- Catuneanu, O., Martins-Neto, M.A. y Eriksson, P.G. 2005. Precambrian sequence stratigraphy. *Sedimentary Geology* 176: 67-95.
- Catuneanu, O., Califa, M.A. y Wanas, H.A. 2006. Sequence stratigraphy of the Lower Cenomanian Bahariya Formation, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt. *Sedimentary Geology* 190: 121-137.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J.P., Blum, M.D., Dalrymple, R.W., Eriksson, P.G., Fielding, C.R., Fisher, W.L., Galloway, W.E., Gibling, M.R., Giles, K.A., Holbrook, J.M., Jordan, R., Kendall, C.G.St.C., Macurda, B., Martinsen, O.J., Miall, A.D., Neal, J.E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H.W., Pratt, B.R., Sarg, J.F., Shanley, K.W., Steel, R.J., Strasser, A., Tucker, M.E. y Winker, C. 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews* 92: 1-33.
- Chelotti, L. 1997. Evolución tectónica de la Cuenca del Golfo San Jorge en el Cretácico y Terciario: algunas observaciones desde la interpretación sísmica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 49: 62-82.
- Doering, A. 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia). Tercera Parte: Geología. Ostwald y Martínez: 299-530, Buenos Aires.
- Ethridge, F.G., Wood, L.J. y Schumm, S.A. 1998. Cyclic variables controlling fluvial sequence development: problems and perspectives. En: Shanley, K.W. y McCabe, P.J. (Eds.) *Relative Role of Eustasy, Climate and Tectonism in Continental Rocks*. SEPM Special Publication 59: 17-29, Tulsa.
- Feruglio, E. 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Vol. 1, 334 p., Buenos Aires.
- Figari, E., Strelkov, E., Laffite, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R. y Villar, H. 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas: 197-237, Buenos Aires.
- Fitzgerald, M.G., Mitchum, R.M., Uliana, M.A. y Biddle, K.T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 74: 879-920.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2008. Pale-earthquakes in passive margin settings, an example from the Paleocene of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 205: 67-75.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2012a. Upper Cretaceous-Paleocene normal reactivation phase in the Golfo San Jorge Basin (Argentina): growth-fault models, paleoseismicity and paleostress analysis. *Journal of South American Earth Science* 33: 110-118.
- Foix, N., Foster, M., Allard, J.O., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., Iovine, G. y Espinach, S. 2012b. Depósitos deltaicos de la Formación Salamanca (Paleoceno): un nuevo modelo sedimentario a partir de información de subsuelo y afloramiento, cuenca del Golfo San Jorge. 13º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 83-84, Salta.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2013a. Fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 394: 342-355.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2013b. Influencia en la sedimentación paleocena (Formaciones Salamanca y Río Chico) del margen de cuenca cretácico, Flanco Norte de la cuenca del Golfo San Jorge. *Primeras Jornadas Geológicas de la Cuenca del Golfo San Jorge*, Resúmenes: 48-49, Comodoro Rivadavia.
- Foix, N., Allard, J.O., Casal, G.A. y Menegatti, N.D. 2014. Primer registro de *pillow lavas* en la cuenca del Golfo San Jorge (Formación Salamanca), Paleoceno Inferior, Chubut, Argentina. 19º Congreso Geológico Argentino, Actas: 54-55, Córdoba.
- Folguera, A. y Ramos, V.A. 2011. Repeated eastward shifts of arc magmatism in the Southern Andes: a revision to the long-term pattern of Andean uplift and magmatism. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 531-546.
- Folguera, A., Orts, D., Spagnuolo, M., Rojas Vera, E., Litvak, V., Sagripanti, L., Ramos, M.E. y Ramos, V.A. 2011. A review of late Cretaceous to Quaternary palaeogeography of the southern Andes. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 250-268.
- Fossa-Mancini, E. 1932. Faults in Comodoro Rivadavia oil field, Argentina. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin* 16: 556-576.
- Giacosa, R.E., Paredes, J.M., Nillni, A., Ledesma, M. y Colombo, F. 2003. Fallamiento normal terciario en la Cuenca del Golfo San Jorge. *Margen sudatlántico, Patagonia Argentina*. *Geotemas* 5: 89-93.
- Giacosa, R.E., Paredes, J.M., Nillni, A., Ledesma, M. y 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). *Boletín Geológico Minero* 115: 537-550.
- Giacosa, R.E., Foix, N., Paredes, J.M., Allard, J.O. 2006. Fallas normales e intrusiones en el Terciario marino de la Cuenca del Golfo San Jorge. 13º Reunión de Tectónica, Resúmenes, Actas: 25, San Luis.
- Ihering, H. von 1903. On the molluscan fauna of the Patagonian Tertiary. *Proceed. American Philosophical Society* 41: 132-137.
- Johnson, M.E. y Baarli, B.G. 1999. Diversification of rocky shore biotas thought geologic time. *Geobios* 32: 257-273.
- Kidwell, S.M. y Jablonski, D. 1983. Taphonomic feedback. Ecological consequences of Shell accumulation. En: Tevesz, M.J.S. y McCall, P.L. (Eds.) *Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities*, Plenum: 195-248, New York.
- Krause, J.M., Bellosi, E.S. y Raigemborn, M.S. 2010. Lateritized tephric palaeosols from Central Patagonia, Argentina: a southern high-latitude archive of Palaeogene global greenhouse conditions. *Sedimentology* 57: 1721-1749.
- Leckie, D.A. 2006. Tertiary fluvial gravels and evolution of the Western Canadian Prairie Landscape. *Sedimentary Geology* 190: 139-158.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1994. Asociaciones de fósiles y hiatus en el Supracretácico-Neógeno de la Patagonia: Una perspectiva estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana* 31: 257-281.
- Legarreta, L., Uliana, M. y Torres, M. 1990. Secuencias deposicionales cenozoicas de Patagonia Central: sus relaciones con las asociaciones de mamíferos terrestres y episodios marinos epicontinentales. 3º Simposio del Terciario de



- Chile, Actas: 135-176, Concepción.
- Lesta, P. y Ferello, R. 1972. Región Extraandina del Chubut y norte de Santa Cruz. En: Lanza, A.F. (Ed.) Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias: 601-654, Córdoba.
- Malumián, N. 1999. La Sedimentación en la Patagonia Extraandina. En: Caminos, R. (Ed.) Geología Regional Argentina, Instituto de Geología y Recursos Naturales, Anales 29: 557-612, Buenos Aires.
- Matheos, S.D., Brea, M., Ganuza, D. y Zamuner, A. 2001. Sedimentología y paleoecología del Terciario Inferior en el sur de la Provincia del Chubut, República Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 8: 93-104.
- Matheos, S.D., Brea, M., Lourenco, F. y Beilinson, E. 2003. Composition and diagenesis of limestones from Salamanca Formation, Lower Tertiary, southeast of Patagonia, Argentina. 3° Latin American Congress of Sedimentology, Actas: 41, Belem.
- Matheos, S.D., Brea, M., Pramparo, M., Raigemborn, M.S., Zucol, A. e Iglesias, A. 2006. Sedimentología y Paleambiente de la zona del Bosque Ameghino, Terciario Inferior, Provincia del Chubut, Argentina. 4° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 11° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 138, San Carlos de Bariloche.
- Miall, A.D. 1993. The architecture of fluvial-deltaic sequences in the Upper Mesaverde Group (Upper Cretaceous), Book Cliffs, Utah. En: Best, J.L. y Bristow, C.S. (Eds.) Braided Rivers, Geological Society of London Special Publication 75: 305-332, Bath.
- Miall, A.D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies. Basin analysis and petroleum geology. Springer, 582 p., Berlin.
- Raigemborn, M.S., Brea, M., Zucol, A. y Matheos, S.D. 2009. Early Paleogene climate at mid latitude in South America: Mineralogical and paleobotanical proxies from continental sequences in Golfo San Jorge basin (Patagonia, Argentina). Geologica Acta 7: 125-145.
- Raigemborn, M.S., Krause, J.M., Bellosi, E.S. y Matheos, S.D. 2010. Redefinición estratigráfica del Grupo Río Chico (Paleógeno Superior), en el norte de la cuenca del Golfo San Jorge, Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67: 239-256.
- Robinson, J.W. y McCabe, P.J. 1998. Evolution of a braided river system: the Salt Wash Member of the Morrison Formation (Jurassic) in southern Utah. En: Shanley, K.W. y McCabe, P.J. (Eds.) Relative Role of Eustasy, Climate and Tectonism in Continental Rocks, SEPM Special Publication 59: 93-107, Tulsa.
- Sciutto, J.C., Césari, O. y Iantanos, N. 2008. Hoja Geológica 4569-IV, Escalante, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, 76 p., Buenos Aires.
- Simpson, G.G. 1933. Stratigraphic nomenclature of the early Tertiary of central Patagonia. American Museum of Natural History, Novitates 644: 1-13.
- Sønderholm, M. y Tirsgaard, H. 1998. Proterozoic fluvial styles: response to changes in accommodation space (Rivieradal sandstones, eastern North Greenland). Sedimentary Geology 120: 257-274.
- Taylor, P.D. y Wilson, M.A., 2003. Palaeoecology and evolution of marine hard substrate communities. Earth-Science Reviews 62: 1-103.

Recibido: 5 de marzo, 2014

Aceptado: 9 de octubre, 2014