

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLERO EN LAS CUENCAS DEL *OFFSHORE* NORTE DE ARGENTINA A PARTIR DE DIAGRAMAS DE WHEELER

Facundo J. Pagán¹, Ofelia Silio¹, Juan Pablo Lovecchio¹, María Eugenia Pascariello¹, Sebastián Arismendi¹,
Tomas D'Biassi¹, Néstor Bolatti¹

1: YPF S.A. facundo.j.pagan@ypf.com, ofelia.silio@ypf.com, juan.lovecchio@ypf.com, maria.pascariello@ypf.com, sebastian.arismendi@ypf.com, tomas.dbiassi@ypf.com, nestor.bolatti@ypf.com

Palabras clave: Wheeler, Cuenca Argentina Norte, Colorado

ABSTRACT

The region where the Colorado, Salado and Argentine basins converge is a very little explored area of the northern Argentine offshore. The first two are rift-type basins developed on continental crust, separated by a PreCambrian basement high, developed along two partially parallel axes-oriented NW-SE and filled with continental and marine sediments. The Argentine basin, like the previous ones, is a passive margin basin associated with the Gondwana rift and drifts from the South American and African plates. It develops on transitional continental (SDRs) and oceanic crust, along a SW-NE axis and filled with sediments of marine origin. The few drilled wells are located near the coast and mostly on the margins of basins emplaced in continental crust. Well data calibrations and the seismostratigraphic framework pose a challenge in exploratory frontier regions as timeline correlation distances exceed 100 km and traversed sedimentary paleoenvironments were subject to strong variations over time.

Based on the analysis of the elements extracted from seismic interpretation, like stacking patterns, geometries, geomorphology, thicknesses, and the utilization of concepts of base level and geological timelines (Wheeler, 1958, 1964) it is possible to identify areas with high hydrocarbon generation potential, reservoir levels and seals, and to evaluate their lateral continuity and spatial distribution. This regional characterization of the petroleum system elements could strengthen prospect exploration and trigger new questions for the understanding of the evolution of the study area.

To complement conventional workflows, semi-automatic interpretation flows were used on the totality of the seismic data that allowed associating geological ages relative to all horizons and building a lithostratigraphic framework to deepen the understanding of stratigraphic evolution. This way it is possible to synthesize the knowledge in a practical way for its application in hydrocarbon exploration.

INTRODUCCIÓN

La región costa afuera (*offshore*) de Argentina se considera actualmente una de las mayores fronteras exploratorias del mundo. Se han perforado hasta el momento 137 pozos exploratorios,

la mayoría en zonas próximas a la costa y en profundidades menores a 100 m.b.n.m. a lo largo de los más de 4.500 km de plataforma. A su vez, los datos sísmicos antiguos fueron registrados mayormente hasta el quiebre de la plataforma que puede extenderse hasta más de 300 km. Sólo recientemente, la zona de talud y cuenca profunda adyacente fue cubierta por nuevos datos 2D con un mallado regular (Spectrum 2017).

La comprensión rápida de los sistemas de dispersión de sedimentos dentro del marco del sistema petrolero es de suma importancia para acelerar los procesos de decisión exploratorios. De esta manera, el flujo de trabajo utilizando los modelos geológicos de edad relativa (RGTM) y diagramas

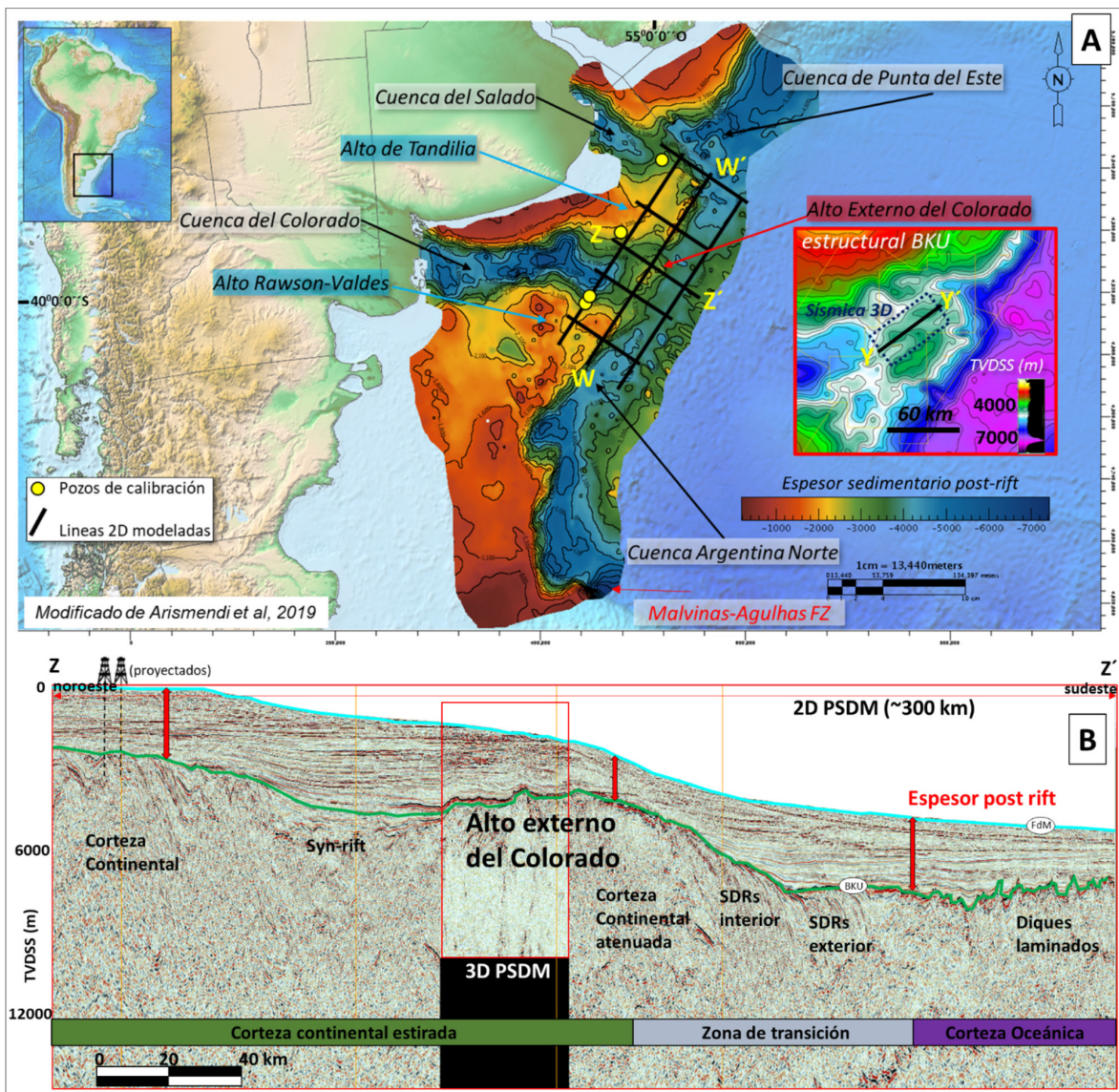


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. A) Mapa de espesor sedimentario post-rift donde se reconocen las Cuencas del Colorado, Salado, Punta del Este, Argentina y el Alto Externo del Colorado. Sobre el mapa de espesor se superponen las líneas 2D seleccionadas para el modelado y los pozos utilizados para la calibración con un zoom para la zona del Alto Externo del Colorado B) Sección sísmica (PSDM) NO-SE (Z-Z') modelada entre la Cuenca del Colorado y Cuenca Argentina. FdM= fondo del mar; BKU= *breakup unconformity*.

de Wheeler permiten probar y restringir rápidamente las alternativas de interpretación geológica y contribuyen a reducir el riesgo en la búsqueda de posibles acumulaciones de hidrocarburos.

Esta metodología está siendo aplicada en un área con datos sísmicos con correlación escasa y de larga distancia a los pocos pozos perforados en el ámbito de la plataforma continental.

Contexto geológico del área de estudio

La Plataforma Continental Argentina es una de las áreas de frontera exploratoria con más potencial por investigar del Atlántico Sur. Comprende varias cuencas distribuidas en unos 2 millones de kilómetros cuadrados de superficie. En el sector norte, cercano al límite con el país vecino de Uruguay se emplaza la Cuenca del Salado, un hemigráben de rumbo NW de posible edad jurásica (véase Raggio *et al.* 2011). Más al sur se encuentra la Cuenca del Colorado, separada de la anterior por el Alto de Tandilia, la extensión oriental del Sistema de Tandilia. Esta cuenca también presenta una orientación de alto ángulo con el rumbo del margen (NE) y, está formada por tres depocentros principales el occidental, central y oriental (Gerster *et al.* 2011), separados por altos de basamento, originados presumiblemente durante el proceso de *rifting* Mesozoico responsable de la fragmentación de Gondwana (Lovecchio *et al.* 2018, 2020), en un evento anterior a la apertura del Atlántico Sur en el Cretácico temprano, lo que explica su diferente orientación (Autin *et al.* 2013). La Cuenca del Colorado está limitada al sur por el Alto de Rawson, una extensión hacia el este del Macizo Nordpatagónico. (Fig. 1).

El relleno de las cuencas sedimentarias del sector norte de la Plataforma Continental (Welsink 2010; Gerster *et al.* 2011) se muestra en la figura 2. El *pre-rift* de las cuencas está constituido por rocas ígneo-metamórficas del Cratón del Río de la Plata sobre el que apoyan depósitos neoproterozoicos (en Tandilia) y una sucesión de margen pasivo del Paleozoico temprano (Gr. Ventana). La zona experimentó la glaciación Gondwánica durante el Paleozoico tardío, que produjo la depositación de una sucesión glacial y postglacial (Gr. Pillahuincó). El *rifting* Mesozoico produjo la apertura de cuencas extensionales con depositación de secuencias continentales de *syn-rift* (aluvial, fluvio-lacustre) como relleno de los depocentros tanto en la cuenca de Salado como en los distintos depocentros de la Cuenca del Colorado.

El evento de *rifting* del Cretácico temprano, produjo emplazamiento de SDRs (*seaward dipping reflectors*) en la zona de transición, entre los dominios de corteza continental y oceánica por debajo del actual talud continental. Los SDRs se emplazan formando cuñas compuestas por reflectores buzantes hacia el mar, limitadas por fallas con buzamientos hacia el continente, y están asociados a intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentos continentales a marino someros. El emplazamiento de SDRs registra propiamente el proceso de ruptura continental, y finaliza con el inicio de acreción de corteza oceánica. Para una discusión sobre los modelos de emplazamiento véase Planke *et al.* 2000. Los SDRs están limitados en su tope por la discordancia conocida como

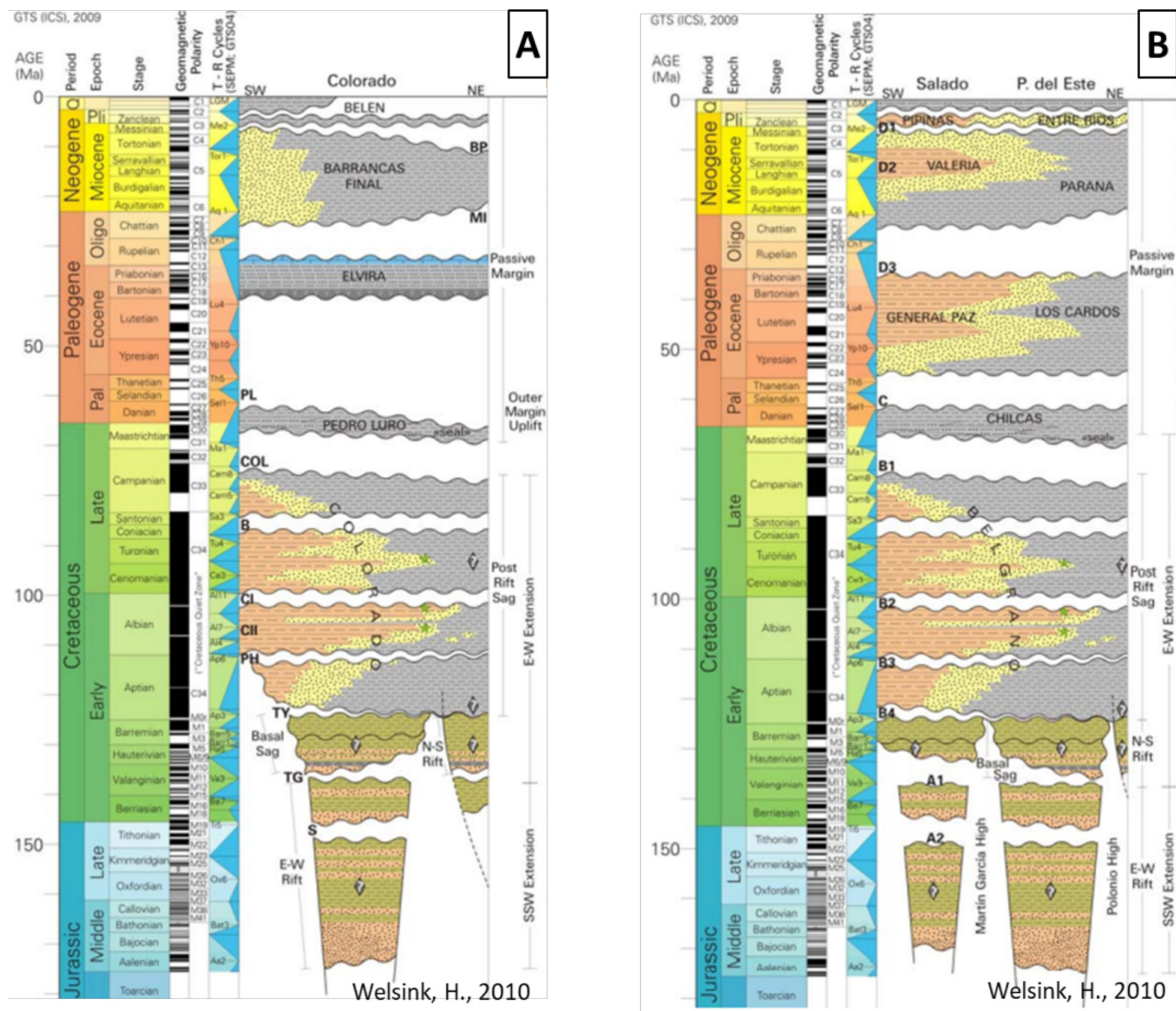


Figura 2. Cartas cronoestratigráficas modificadas de Welsink 2010. A) Cuenca del Colorado. B) Cuenca del Salado.

BKU (*breakup unconformity*). Por encima de la discordancia BKU, de posible edad Hauteriviana a Barremiana, se desarrolla una importante transgresión marina regional durante el Barremiano y Aptiano, responsable de la depositación de la principal roca madre potencial del área de estudio en las que fueron alcanzadas por la inundación (sobre los depocentros de las Cuencas del Colorado, en el talud y la Cuenca Argentina). Por encima de la transgresión aptiana, se inicia la progradación del margen pasivo atlántico, con secuencias englobadas en las Formaciones Colorado (en la cuenca homónima) y General Belgrano (en Salado). Estas formaciones del Albiano a Cretácico tardío, y sus equivalentes laterales y distales, contienen los principales niveles de reservorio y sellos. Desde fines del Campaniano, durante el Masstrichtiano e inicios del Paleoceno (Daniano) se depositó una espesa sucesión transgresiva representada por las formaciones Pedro Luro y Las Chilcas. Esta transgresión de finales del Cretácico marca la depositación de un sello de carácter supraregional alcanzando a cubrir los altos de basamento intercuencales. El carácter de la sedimentación cambia en el transcurso del Cenozoico. Durante el Paleógeno, progradaciones silicoclásticas (Formaciones

General Paz y Los Cardos) abundan en el norte, en la cuenca del Salado, mientras que, hacia el sur, las cuencas registran sedimentación de finos calcáreos de la Fm. Elvira, probablemente equivalentes laterales más distales al aporte clástico (Lovecchio 2018). El Neógeno representa un nuevo ciclo de desarrollo de la plataforma, ya como un margen pasivo unificado y caracterizado por la depositación de secuencias marinas de plataforma (Formaciones Barranca Final y Valeria del Mar).

Datos y metodología de trabajo

La primera etapa del trabajo se restringió a la zona norte del *offshore* argentino, en la transición del actual quiebre de plataforma-talud-planicie abisal (cuenca profunda) y desde el sur de la costa de la provincia de Buenos Aires hasta el límite internacional con Uruguay (Fig. 1 A). Se trata de un área de 210.000 km² (700 km x 300 km) cubierta por una campaña de adquisición sísmica 2D (2017-2018, Spectrum) con una grilla regular que cubre la región de corteza continental extendida y atenuada, zona de transición (SDR) y corteza oceánica. Sobre el margen oeste de la zona de estudio se encuentran cuatro pozos perforados en la década de 1990 que se utilizaron para las calibraciones cronoestratigráficas, ya que éstos, cuentan con estudios bioestratigráficos.

Sobre el mapa de espesores sedimentarios del *post-rift* (Arismendi *et al.* 2019) (Fig. 1 A) desde la zona de la falla Malvinas-Agulhas en el sur, hasta la cuenca de Punta del Este, se resaltan las líneas sísmicas 2D en este estudio. Fueron seleccionadas secciones sísmicas representativas de las principales cuencas sedimentarias del Colorado y Argentina y las zonas de altos estructurales que las separan (Alto de Rawson, Alto de Tandilia, Alto Externo del Colorado).

La zona de estudio cuenta con 2.150 km² de sísmica 3D adquirida en el año 2006 (reprocesada en 2021) y tiene un alto grado de correlación con la sísmica 2D (Fig. 1 B). Las interpretaciones fueron realizadas sobre datos PSDM (2D y 3D).

El flujo de trabajo fue realizado con el software Paleoscan y puede resumirse en tres pasos (Fig. A, B, C y D). En el primero se realiza un modelo de grilla regular sobre el dato sísmico y se generan parches de horizontes en cada polaridad (Fig. 3 B). El segundo paso, involucra una interpretación semi-automática y la asignación a cada parche de horizontes de una edad relativa (Fig. 3 C). Finalmente, se genera un modelo de edades geológicas relativas para cada muestra de los datos sísmicos (Fig. 3 D).

Teniendo cada pico, valle y cruce por cero interpretado y asociado a una línea tiempo (y hiato asociado) es posible la representación de una sucesión estratigráfica en un marco tiempo-espacial interpretado en referencia al nivel de base. Los cuadros que utilizan estos conceptos de estratigrafía son conocidos como diagramas de Wheeler (Wheeler, 1958). El enfoque de estos diagramas y su utilización como método de trabajo fueron sintetizados en Qayyum *et al.* (2017).

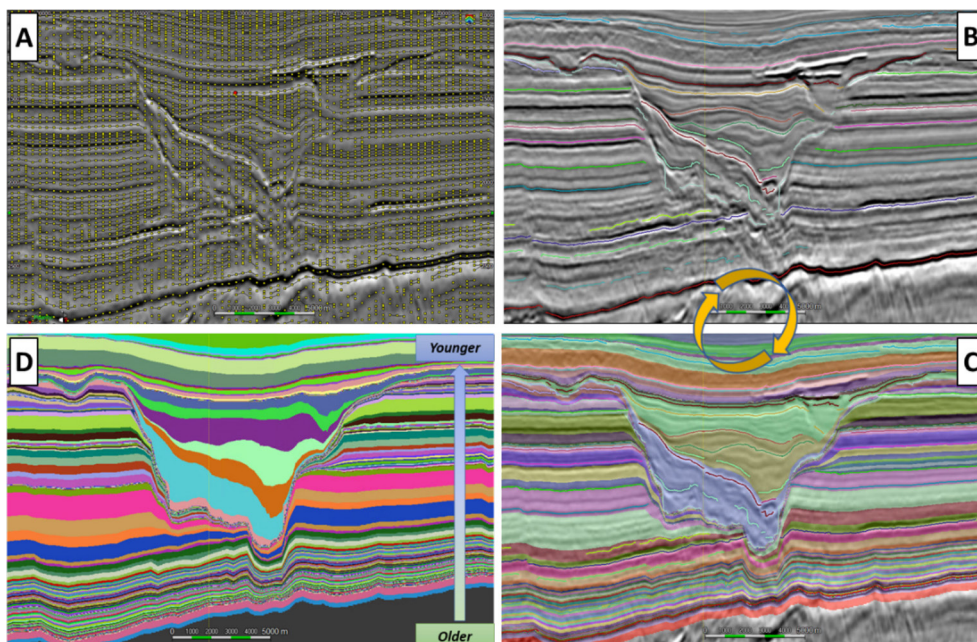


Figura 3. Flujo de trabajo para generar el modelo geológico de edades relativas. A) Optimización de parámetros para el modelo de grilla en un marco estratigráfico discreto (Pauget *et al.* 2009): resolución vertical (pico/valle/cruce por cero/punto de inflexión), resolución espacial (espaciamiento entre trazas/bin), muestreo espacial (parches de horizontes con el máximo tamaño de resolución espacial), propagación (correlación/distancia). B) Interpretación semi automática de los parches de horizontes. C) Pre-visualización del RGTM (iteraciones entre B y C. D) Modelo geológico de edades relativas (RGTM) continuo.

La estratigrafía temporal de Wheeler se basa en dos conceptos fundamentales, nivel de base y líneas tiempo. El nivel de base es una superficie tridimensional de equilibrio entre sedimentación y erosión en cualquier ambiente depositacional y su naturaleza coetánea para diferentes lugares puede explicar la formación de discordancias diacrónicas. Las líneas tiempo son siempre relativas y marcan los hiatos. Son muy dependientes de la interpretación y de la manera que las líneas de tiempo geológico se perciban o definan. La inclusión de pseudo líneas tiempo en los diagramas, son utilizadas para representar las líneas tiempo perdidas resaltando la presencia de los huecos de tiempo geológico.

RESULTADOS

Sobre la base de las interpretaciones de la sísmica 2D y 3D se evaluaron diferentes escenarios cronoestratigráficos. Según las calibraciones parciales basadas en bioestratigrafía y la convergencia de los modelos de tiempos geológicos relativos, se logró ajustar las columnas cronoestratigráficas propuestas en las Cuencas del Colorado y Salado (Welsink 2010) (Figs. 2 A y B) y extrapolarlas hacia la Cuenca Argentina según la evolución de las sucesiones estratigráficas interpretadas.

Los pozos de calibración se encuentran en el borde del modelo y en posiciones marginales en cada una de las cuencas. Sus estudios bioestratigráficos fueron realizados sobre ambientes

continentales cretácicos (fluvio-deltaicos) y ambientes marinos cenozoicos, estos últimos con mejores resultados. Si bien la extrapolación de las edades atraviesa secuencias estratigráficas de ambientes sedimentarios distintos e importantes discontinuidades, el modelo cronoestratigráfico alcanzado resulta consistente (Fig. 4).

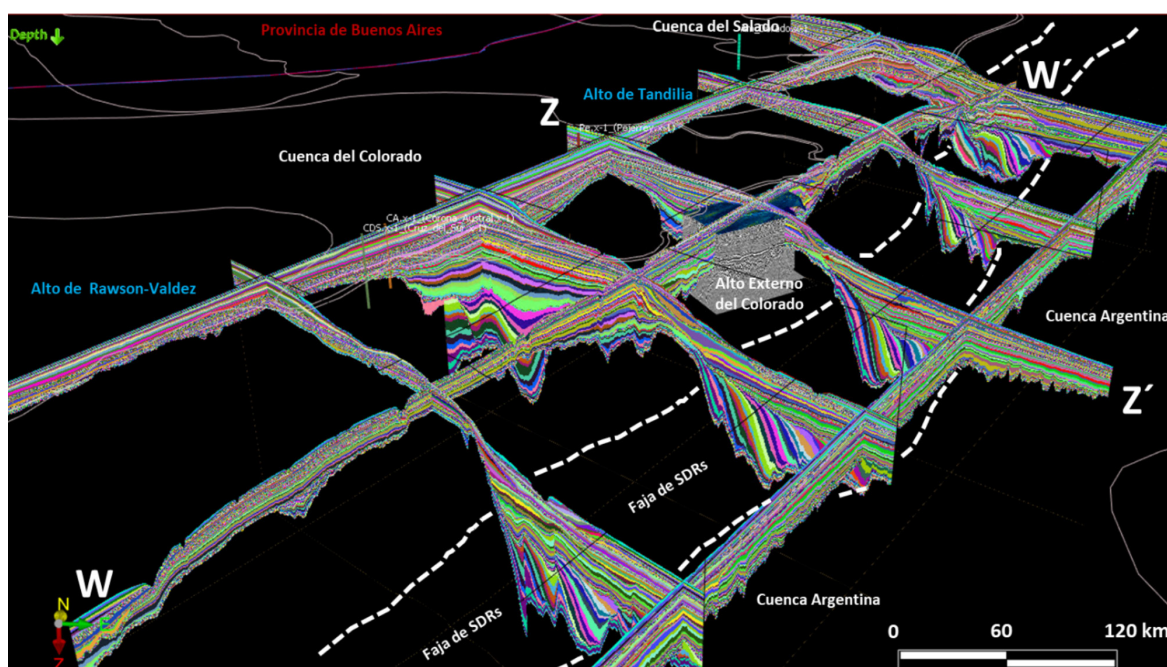


Figura 4. Modelo geológico de edades relativas interpretadas y calibradas entre las líneas 2D seleccionadas y el cubo sísmico 3D. La interpretación se realizó a partir del *syn-rift* para las cuencas involucradas en el modelo. Los pozos se utilizaron para calibrar los principales marcadores sísmicos.

En el dato sísmico 3D, ubicado en el Alto Externo del Colorado (Fig. 5 A), se pudieron reconocer patrones de apilamientos, entre los que se destacan rápidamente los ciclos Transgresivos-Regresivos (Fig. 5 B). Sin embargo, un análisis estratigráfico más profundo permitirá reconocer patrones de apilamientos asociados a cortejos de mar alto (HST), mar bajo (LST) y regresiones forzadas (FSST), según la relación progradación-agradación, la trayectoria del quiebre de la plataforma y las terminaciones de los reflectores. A partir de las secuencias estratigráficas interpretadas es posible reconocer las variaciones de la dirección de aporte de sedimentos (Fig. 5 C), a lo largo del Cretácico.

En la Figura 6, se presenta una línea sísmica que atraviesa parcialmente la Cuenca del Colorado y la Cuenca Argentina en el dominio de la sísmica PSDM (Fig. 6 A) y modelada en RGT (Fig. 6 B), donde se pueden reconocer las terminaciones y patrones de apilamiento de los reflectores. En el dominio del diagrama de Wheeler (Fig. 6 D) es posible resaltar los patrones de apilamiento de los estratos como TST, HST, LST y FSST, en diferentes jerarquías según su escala (Catuneanu 2019) y discordancias (hiatos) de primer y segundo orden de la cuenca (Kress *et al.* 2021). Del análisis y

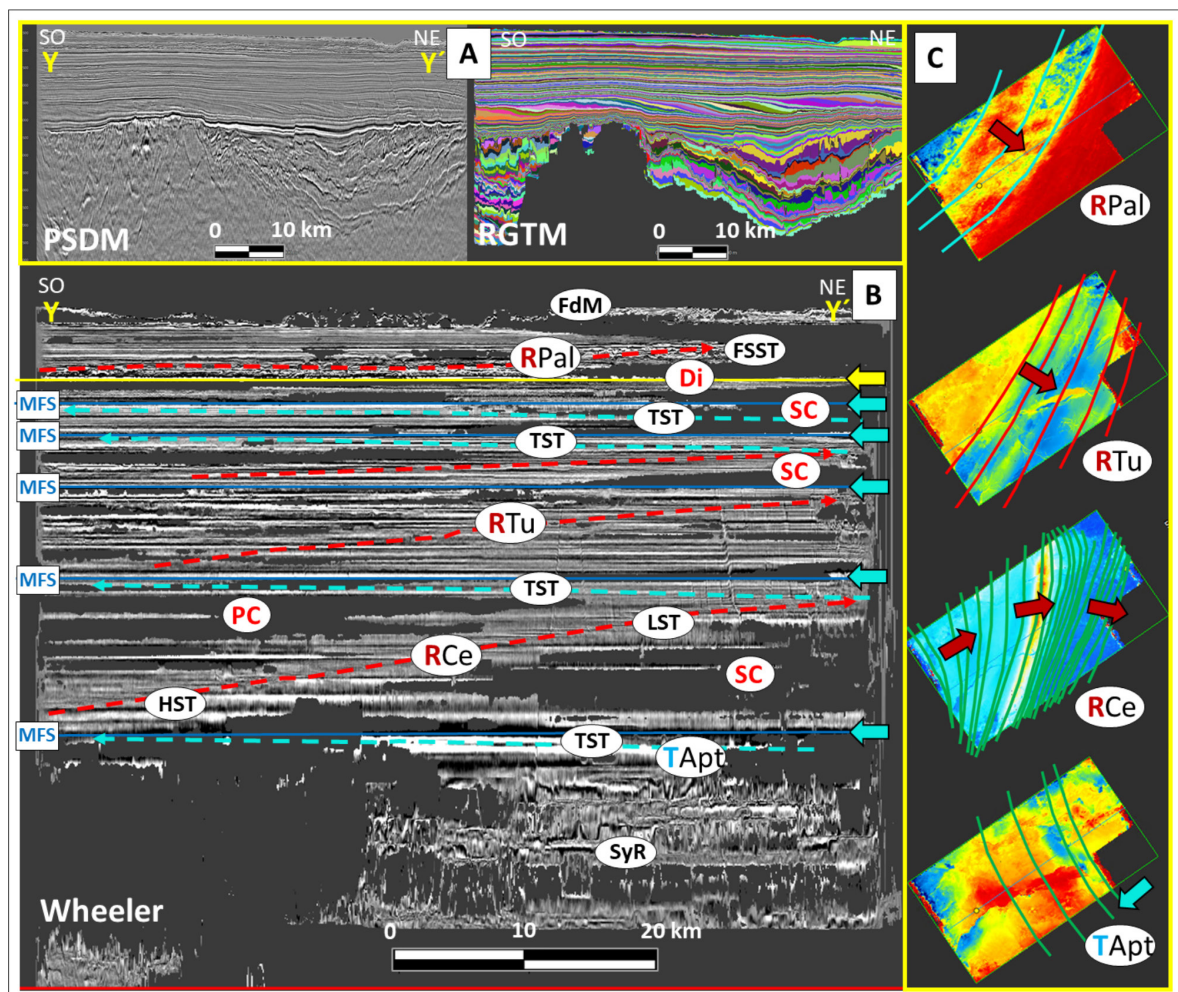


Figura 5. Modelo RGT y diagrama de Wheeler sobre sísmica 3D (Fig. 1 A). A) dato sísmico PSDM de entrada y modelo RGTM post interpretación semi automática. B) Diagrama de Wheeler. Se reconocen los patrones de apilamiento de los estratos y se los puede dividir de manera simplificada en ciclos T-R (transgresión-regresión). Otro nivel de análisis permite reconocer cortejos sedimentarios (TST, HST, LST, FSST). C) Sobre los mapas isopáquicos de las secuencias estratigráficas interpretadas se pueden reconocer las direcciones de aporte sedimentario y su variación en sentido horario a lo largo del Cretácico. TApT= transgresión aptiana; RCe= regresión cenomaniana; RTu= regresión turoniana; RPal= regresión paleógena. Di= *disconformity*; PC= *paraconformity*; SC= sección condensada; MFS= superficie de máxima inundación; HST= cortejo de mar alto; LST= cortejo de mar bajo; FSST= regresión forzada; SyR= *syn-rift*; FdM= fonde del mar.

asociaciones de esos patrones y discordancias es posible realizar la estimación de los elementos del sistema petrolero como rocas generadoras y sellos en los cortejos transgresivos (TST) y reservorios en los cortejos de mar alto y bajo (HST, LST y FSST).

DISCUSIÓN

Las líneas tiempo definidas en el dato sísmico, pueden resultar una información críptica debido a los escasos datos disponibles para calibrar las mismas, en consecuencia, las discontinuidades estratigráficas resultan una herramienta de gran utilidad. Según los tipos de contactos estratigráficos

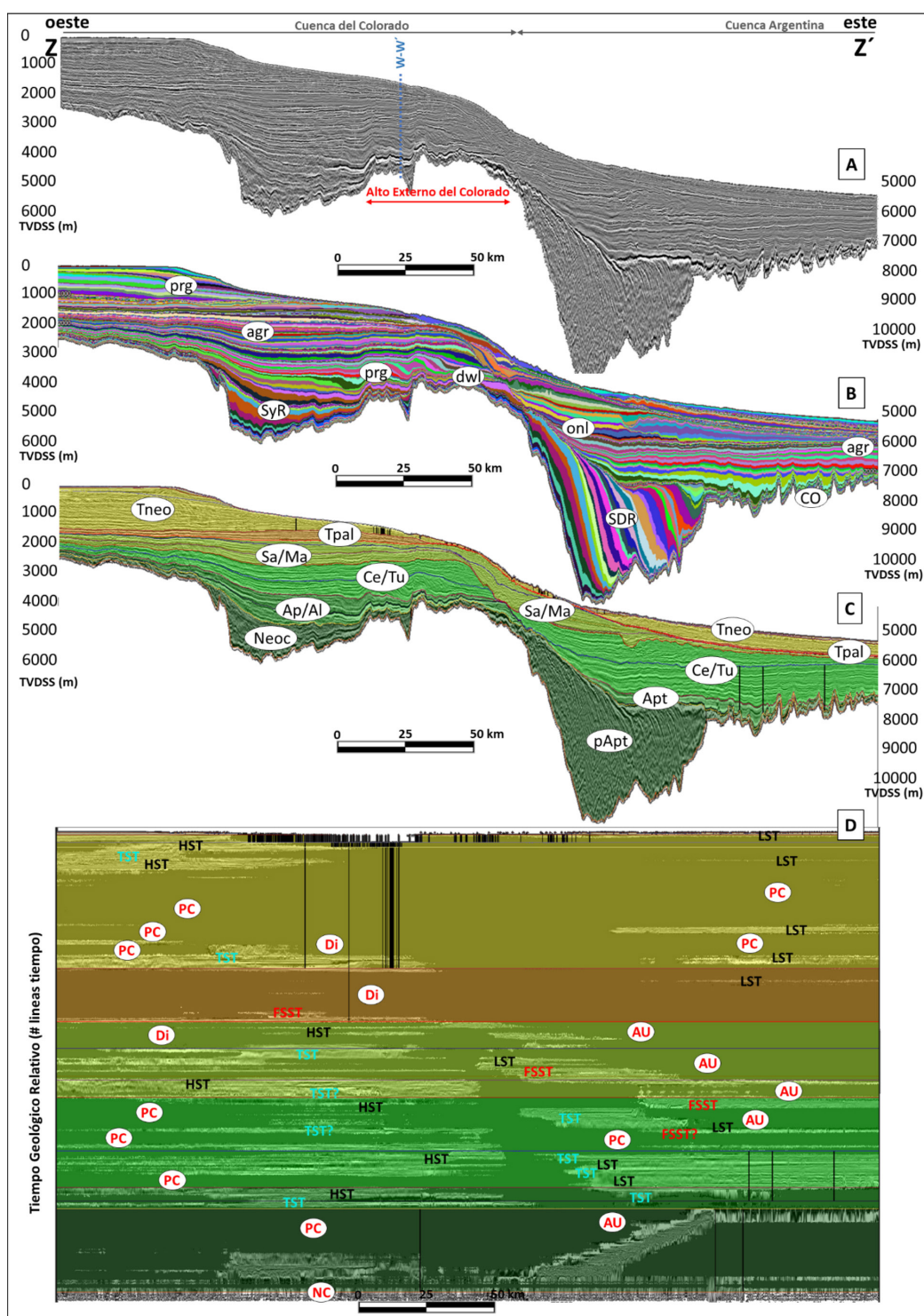


Figura 6. Modelo RGT y diagrama de Wheeler a lo largo del sector más externo de la Cuenca del Colorado y Cuenca Argentina. A) dato sísmico PSDM. B) Modelo RGT. Se reconocen las terminaciones y patrones de apilamiento de los reflectores. onl= onlap; dwl= *downlap*; prg=progradación; agr= agradación. C) secuencias estratigráficas extrapoladas a partir de las edades basadas en estudios bioestratigráficos en pozos y bibliografía regional. Neoc= neocomiano; pAp= pre-Aptiano; Ap= aptiano; AP/Al= aptiano/albiano; Ce/Tu= cenomaniano/turoniano; Sa/Ma= santoniano/maastrichtiano; Tpal= Terciario-paleogeno; Tneo= Terciario-neógeno. D) diagrama de Wheeler y su interpretación a partir de los patrones de apilamiento de estratos y tipos de contactos estratigráficos. TST= transgressive system tract; HST= highstand system tract; LST= *lowstand system tract*; FSST= *falling stage system tract*; NC= *no conformity*; AU= *angular un conformity*; PC= *paraconformity*; Di= *disconformity*.

propuestos en Catuneanu 2019, independientemente de la escala y tomando a las discordancias como una pausa de indefinida duración, se utilizaron estas discontinuidades (Fig. 7 A, B, C y D) como guías en los diferentes escenarios de modelos geológicos de edades relativas.

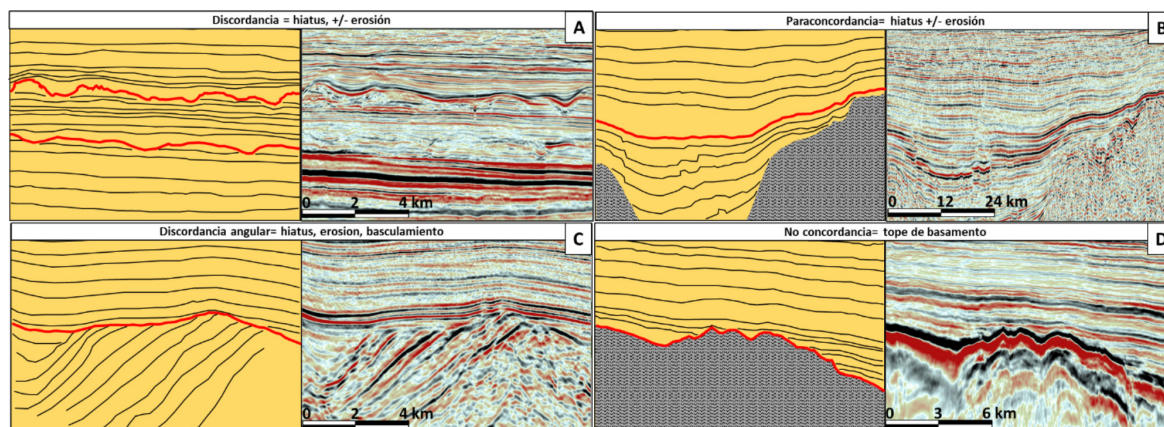


Figura 7. Ejemplos de tipos de contactos estratigráficos identificados en la sísmica 2D (2017-2018) y utilizados en el modelo RGT siguiendo los conceptos de Catuneanu 2019. A) Discordancia (disconformity): estratos paralelos por encima y debajo de una superficie erosiva visible. B) Paraconcordancia (paraconformity): estratos paralelos por encima y por debajo de una superficie que no presenta una erosión clara. C) Discordancia angular (angular unconformity): una superficie erosiva separa dos unidades de rocas con diferentes ángulos de buzamiento. D) No concordancia (nonconformity): discontinuidad que separa rocas sedimentarias de un basamento más antiguo que ha sido expuesto a erosión.

La cantidad de tiempo involucrado en los hiatos es por lo general desconocido y la expresión física de sus superficies no son una aproximación directa de la magnitud del intervalo de tiempo perdido. En los modelos de edades relativas, un rango de líneas tiempo pueden corresponder a una única edad absoluta. Sin embargo, estos quiebres en el registro de tiempo geológico contribuyen de manera significativa en la arquitectura estratigráfica donde los patrones de apilamientos pueden resultar diagnósticos (Catuneanu 2017, 2019) para la definición de cortejos sedimentarios en cualquier escala estratigráfica. A partir de las interpretaciones y modelos RGT es posible generar diagramas de Wheeler perpendiculares a la dirección predominante de aporte de sedimentos y de esta manera complementar las interpretaciones de secuencias estratigráficas, variaciones laterales de facies y la detección de inconsistencias (Fig. 8).

La Cuenca Argentina se encuentra desarrollada a lo largo del margen atlántico sobre una corteza transicional (SDR) y corteza oceánica, a más de 350 km de la costa y una profundidad del fondo oceánico entre 4.300-5.000 m.b.n.m. (Fig 1 A). Los espesores de sedimentos varían entre 3.000-4.000 m frente a las Cuencas del Colorado y Salado, y se profundizan gradualmente hacia el norte (Cuenca de Punta del Este) y el sur, frente al Alto de Rawson-Valdés. Al no contar con pozos perforados, su carta cronoestratigráfica es fuertemente dependiente de la interpretación sísmica y correlaciones de largas distancias hasta pozos perforados en otras cuencas sobre la Plataforma Continental. A partir del flujo de trabajo realizado con RGT, diagramas de Wheeler, análisis sismoestratigráfico y estudios regionales previos, se actualizó la carta cronoestratigráfica propuesta por Kress y Gerster 2015, (Fig. 9).

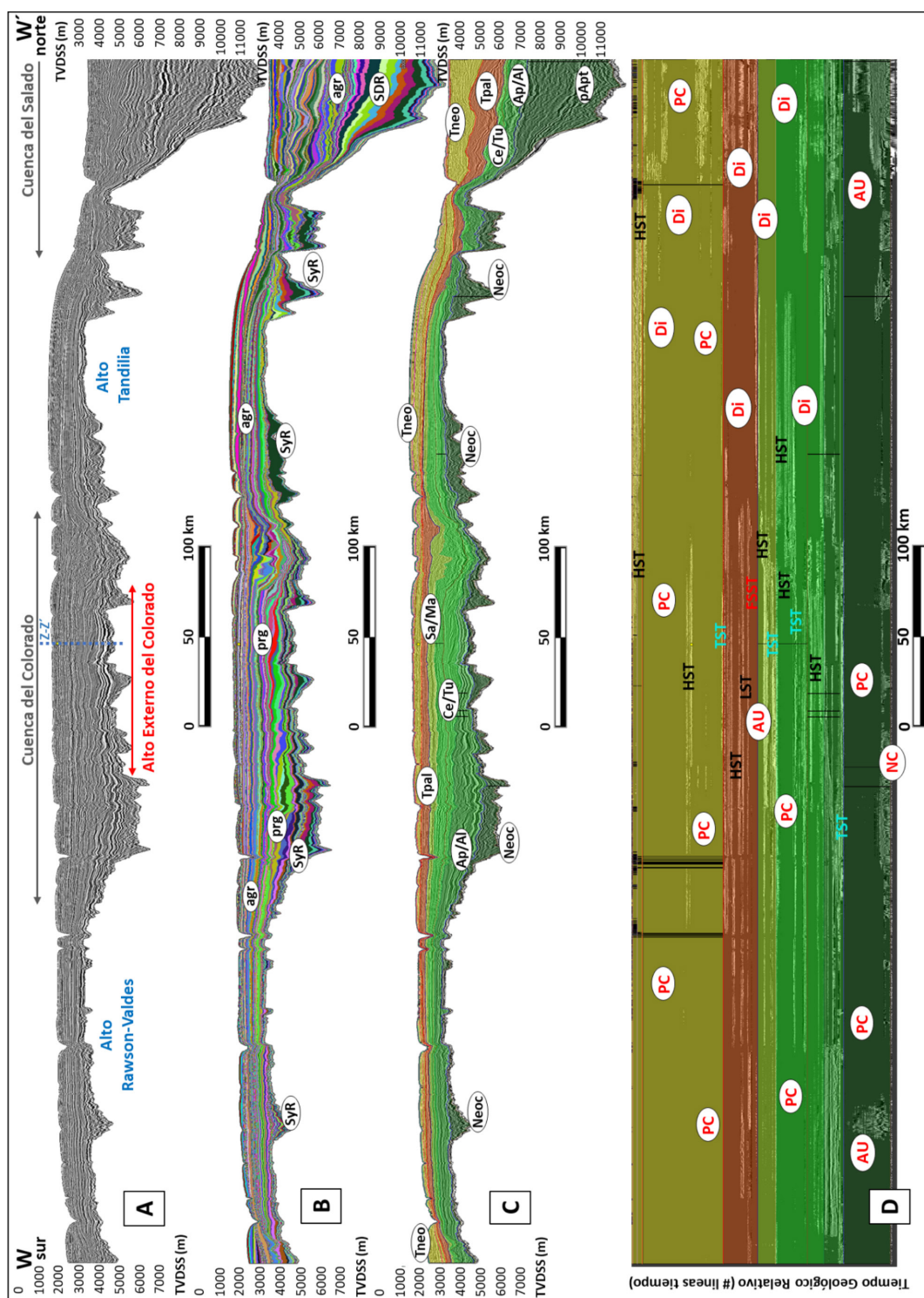


Figura 8. Modelo RGT y diagrama de Wheeler a través de las Cuencas del Colorado y del Salado pasando por el Alto Externo del Colorado (Fig. 1 A) A) dato sísmico PSDM. B) Modelo RGT. Se reconocen las terminaciones y patrones de apilamiento de los reflectores. prg=progradación; agr=agradación. C) secuencias estratigráficas extrapoladas a partir de las edades basadas en estudios bioestratigráficos en pozos y bibliografía regional. Neoc= neocomiano; pApt= pre-Aptiano; Apt= aptiano; AP/Al= aptiano/albiano; Ce/Tu= cenomaniano/turoniano; Sa/Ma= santoniano/maastrichtiano; Tpal= Terciario-paleogeno; Tneo= Terciario-neógeno. D) diagrama de Wheeler y su interpretación a partir de los patrones de apilamiento de estratos y tipos de contactos estratigráficos. TST= transgressive system tract; HST= highstand system tract; LST= lowstand system tract; FSST= falling stage system tract; NC= no conformity; AU= angular unconformity; PC= paraconformity; Di= disconformity.

Si bien los eventos de depósitos transportados en masa (MTD) pueden tener un efecto discordante y diacrónico local, las dimensiones reconocidas (Arismendi *et al.* 2019) y su recurrencia en la Cuenca Argentina implicarían más bien un carácter semiregional a lo largo del talud, principalmente frente a las Cuencas del Colorado y del Salado. Junto con los sistemas mixtos turbidíticos-contorníticos (Rodríguez *et al.* 2021, Kirby *et al.* 2021) dominan los depósitos tractivos desde el Cretácico tardío. En el Cretácico temprano, en cambio, predominan los reservorios asociados a abanicos de fondo oceánico como los recientemente comprobados en la cuenca de Orange (Hedley *et al.* 2022), margen conjugado del Atlántico sur africano (Loveccio *et al.* 2018, Kress *et al.* 2021).

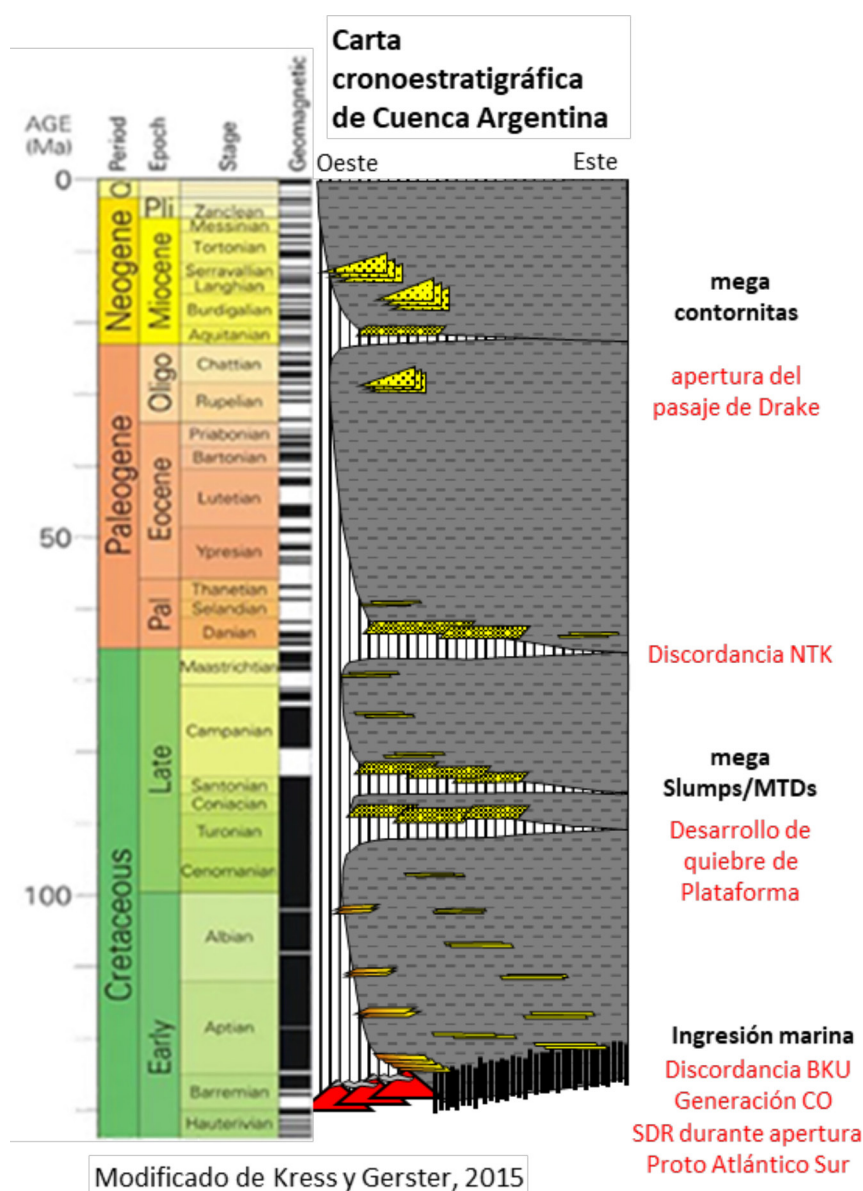


Figura 9. Carta cronoestratigráfica para la Cuenca Argentina, modificada de Kress y Gerster 2015 a partir de las interpretaciones basadas en modelos RGT y diagramas de Wheeler 3D regionales.

CONCLUSIONES

A partir de un flujo de interpretación sísmica basado en modelos geológicos de edades relativas y diagramas de Wheeler se lograron conformar y validar diferentes escenarios cronoestratigráficos con relevancia para el sistema petrolero de las Cuencas del Colorado, Cuenca del Salado y Cuenca Argentina.

El modelo de RGT se llevó a cabo en una región de más de 200.000 km² de datos sísmicos 2D, con escasos pozos para calibración y ubicados en el borde del área de estudio.

Una segunda etapa de interpretación se centrará en un modelo más detallado que se extenderá a lo largo de todo el margen sur atlántico hasta la zona de fractura de Agulhas-Malvinas.

Dentro de un enfoque de investigación multidisciplinario, los modelos geológicos de edades relativas (RGT) y diagramas de Wheeler se suman como herramientas para la evaluación de riesgos de los sistemas petroleros a lo largo de la costa argentina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a YPF S.A. por su apoyo en las investigaciones en el *offshore* argentino y por el permiso para publicar el trabajo.

Los autores agradecen también a los equipos de Exploración de YPF, Equinor y Shell por su estrecha colaboración y soporte; a los revisores que permitieron mejorar la calidad de este manuscrito y un agradecimiento especial a Pedro Kress por las discusiones y contribuciones.

REFERENCIAS CITADAS

- Arismendi, A., Flores, G., Kress, P., Gerster, R. y Bolatti, N., 2019. Huge Mass Transport Complexes in the Argentina Basin, *Offshore* South America: Morphology and Seismic Facies. Abstract and Oral Presentation, AAPG, International Conference and Exhibition, 27-30 August Buenos Aires, Argentina.
- Autin, J.; Scheck-Wenderoth, M.; Loegering, M.J.; Anka, Z.; Vallejo, E.; Rodríguez, J.F.; Dominguez, F.; Marchal, D.; Reichert, C.; di Primio, R. y Götze, H.J., 2013. Colorado Basin 3D structure and evolution, Argentine passive margin. *Tectonophysics*, 604, p. 264-279. doi: 10.1016/j.tecto.2013.05.019
- Catuneanu, O., 2017. Sequence stratigraphy: guidelines for a standard methodology. In: Montenari, M. (Ed.), *Stratigraphy and Timescales*, vol. 2. Academic Press, UK, p. 1-57.
- Catuneanu, O. 2019. Scale in sequence stratigraphy. *Marine and Petroleum Geology* 106 (2019) p. 128-159.
- Gerster, R., Welsink, H., Ansa, A. y Raggio, F., 2011. Cuenca del Colorado. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio Cuencas Argentinas: Visión actual. IAPG, p. 65-80.
- Hedley, R., Intawong, A., Winter, F. y Sibeya, V., 2022. Hydrocarbon play concepts in the Orange Basin in light of the Venus and Graff oil discoveries.

- First Break, Vol. 40, May 2022, Special Topic: Global Exploration Hotspots, p. 91-95. DOI: 10.3997/1365-2397.fb2022043
- Kirby, A., Hernández-Molina, F.J. y Rodríguez, S., 2021. Lateral migration of large sedimentary bodies in a deep-marine system *offshore* of Argentina. Nature Portfolio, Scientific Reports, 11:20291, p. 1-9. DOI:10.1038/s41598-021-99730-x
- Kress, P., Catuneanu, O., Gerster, R. y Bolatti, N., 2021. Tectonic and stratigraphic evolution of the Cretaceous Western South Atlantic. Marine and Petroleum Geology, 133, p.105-197. doi:10.1016/j.marpetgeo.2021.1051
- Kress, P. y Gerster, R. 2015. New insights into the early Aptian-Albian evolution of the southwestern South Atlantic. YPF, Informe interno inédito.
- Lovecchio, J.P. 2018. Sequence stratigraphy of the basins of Argentina: characterization and modeling of the South Atlantic passive margin dynamics. Sorbonne Université y Universidad de Buenos Aires. Tesis doctoral. 363 p.
- Lovecchio, J.P., Rohais, S., Joseph, P., Bolatti, N., Kress, P., Gerster, R. y Ramos, V., 2018. Multistage *rifting* evolution of the Colorado basin (*offshore* Argentina): Evidence for extensional settings prior to the South Atlantic opening. Terra Nova, p. 1-24. DOI: 10.1111/ter.12351
- Lovecchio, J.P., Rohais, S., Joseph, P., Bolatti, N. y Ramos, V., 2020. Mesozoic *rifting* evolution of SW Gondwana: a poly-phased, subduction-related, extensional history responsible for basin formation along the Argentinean Atlantic margin. Earth-Science Reviews, Elsevier, 2020, 203, p.103-138. 10.1016/j.earscirev.2020.103138. hal-02553358
- Pauget, F., Lacaze, S. y Valding, T., 2009. A global approach in seismic interpretation based on cost function minimization. Society of Exploration Geophysicists, SEG, Technical Program Expanded Abstracts 2009, p. 2592-2596. doi:10.1190/1.3255384
- Planke, S., Symonds, P.A., Alvestad, E. and Skogseid, J. (2000). Seismic volcanostratigraphy of large-volume basaltic extrusive complexes on rifted margins. Journal of Geophysical Research, Vol. 105, No B8, p. 19335-19351 doi: 10.1029/1999JB900005. issn: 0148-0227
- Raggio, F., Gester, R. y Welsink, H., 2011. Cuenca del Salado y Punta del Este. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio Cuencas Argentinas: Visión actual. IAPG, p. 81-96.
- Rodríguez, S., Hernández-Molina, F.J. y Kirby, A., 2021. A Late Cretaceous mixed (turbidite-contourite) system along the Argentine Margin: Paleooceanographic and conceptual implications. Marine and Petroleum Geology, 123, p. 1-22. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104768
- Qayyum, F., Betzler, C. y Catuneanu, O., 2017. The wheeler diagram, flattening theory, and time. Marine and Petroleum Geology 86 (2017), p. 1417-1430. Doi:10.1016/j.marpetgeo.2017.07.034
- Welsink, H., 2010. Regional tectono-stratigraphic framework *offshore* Argentina. YPF, Informe interno inédito.
- Wheeler, H.E., 1958. Time-stratigraphy. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 42, p. 1047-1063.
- Wheeler, H.E., 1964. Baselevel, lithosphere surface, and time-stratigraphy. Geol. Soc. Am. Bull. 75, p. 599-610. http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1964)75