

MECANISMOS COMPLEJOS DE SEDIMENTACIÓN DURANTE EL DEVÓNICO EN LA ZONA DEL CHAPARE Y BOOMERANG DPTOS. COCHABAMBA Y SANTA CRUZ - BOLIVIA

Alejandra Dalenz Farjat¹, Adolfo Rosales², Jaime Soria Galvarro², Roberto M. Hernandez¹, Luis A. Alvarez¹

¹XR GEOMAP Av. Ricardo Durand 397, Barrio Grand Bourg, 4400 Salta Capital, Argentina; ²YPFB Chaco S.A. Edificio Centro Empresarial Equipetrol, 6to Piso, Av. San Martin N°1700, Equipetrol Norte, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

RESUMEN

Se establecieron mecanismos de sedimentación complejos entre el Lochkoviano y el Pragiano Inferior, durante una fuerte caída del nivel de base, cuando se depositan las Areniscas Roboré, en la zona del Chapare – Boomerang de los Andes Centrales bolivianos. Parte de los espesores de las Areniscas Roboré entre el Río Sacta y el pozo San Juan x-2 podrían corresponder a regresiones forzadas (*Falling Stage System Tract, FSST*) así como a regresiones normales (*Lowstand System Tract, LST* y *Highstand System Tract, HST*). Un trabajo a escala de yacimiento deberá ser hecho para reconocer variaciones de porosidades entre los diferentes depósitos que corresponden a diferentes cortejos sedimentarios.

Por encima de estos relictos de nivel bajo, se ha preservado una columna continua del Pragiano Superior al Givetiano, en facies distales. Para establecer el modelo de sedimentación desarrollado entre el Pragiano Superior y el Givetiano se construyó un mapa isópaco de la Fm. Limoncito. Este mapa indica un incremento de los espesores de este intervalo de tiempo, hacia el sur y el sureste, como se observa en el pozo Buló Buló x-3. Esta columna es sin embargo muy reducida en registro en el Campo Carrasco. La reducción del espesor de este registro de tiempo en los pozos Carrasco x-1 y Carrasco Este x-1 puede ser explicada en tres escenarios diferentes.

Se expone la complejidad de la plataforma devónica en el Chapare, por tratarse de una zona donde la cercanía de las zonas de aporte es alta (Terreno de Arequipa – Antofalla al suroeste y Cratón Brasileño al noreste) y porque posiblemente sea más de un factor el que modele dicha paleotopografía sobre la que se desarrolló el depósito del reservorio Roboré y del sello Limoncito.

Palabras Clave: Devónico, Mecanismos de depósito, Falling Stage System Tract, Formaciones Roboré, Limoncito, Basamento, Chapare, Boomerang, Andes Centrales, Bolivia.

INTRODUCCION

El estudio del Siluro-Devónico en el Chapare y en el Boomerang es fundamental para comprender la geometría de la cuenca en el Gondwana occidental. La génesis del basamento pre-Silúrico guarda irregularidades que posiblemente se traducen en migraciones de líneas de costa en el tiempo, en irregularidades paleotopográficas que habrían afectado la sedimentación siluro-devónica. A estas particularidades se añaden los mecanismos de sedimentación en una plataforma silicoclástica, controlada en gran parte por el eustatismo durante el *greenhouse* devónico.

INFLUENCIA DEL BASAMENTO PRECÁMBRICO EN LA SEDIMENTACIÓN DE LA CUENCA SILURO-DEVÓNICA

La cuenca siluro-devónica de los Andes Centrales en el Chapare – Boomerang, se desarrolló sobre al menos tres viejas placas acrecionadas en distintos eventos desde el Proterozoico hasta el Cámbrico tardío cuando se acreciona el Terreno de Arequipa – Antofalla al Cratón Brasileño (Miskovic *et al.*, 2009). El actual Chapare – Boomerang se encuentra en la unión de las placas OM (Old Maraño *sensu* Miskovic *et al.*, 2009), el cordón Sunsás – Greenvilliano, el límite este del terreno Arequipa-Antofalla y el relicto del cratón Brasileño. Muy posiblemente esta parte de los Andes Centrales ya mostraba una flexión (Codo de Arica) en el Macizo de Arequipa – Antofalla, que se mantiene hasta hoy. La cuenca finisilúrica a devónica

del oeste del Gondwana se habría desarrollado en esta parte del Chapare – Boomerang sobre un basamento heterogéneo y estable. En este intervalo de tiempo paleozoico, el límite occidental del Gondwana y el Proto-Pacífico parecen haber evolucionado como un margen pasivo en vista de la ausencia de registros de eventos magmáticos en la región durante esta edad (Reimann *et al.*, 2010 y Miskovic *et al.*, 2009). Si bien esta zona posiblemente no desarrolló tasas de subsidencia diferenciales entre las viejas placas, es posible que la cuenca siluro-devónica hubiera cubierto una paleotopografía no uniforme. Estas irregularidades heredadas de estas viejas placas acrecionadas podrían explicar la variación de la línea de costa del Silúrico Superior con respecto a la del Devónico en la zona del pozo Ichoa, así como en el oeste y suroeste de Cochabamba (Morochata y Apillapampa).

UBICACIÓN DE LA PALEOCOSTA EN EL SILÚRICO Y DEVÓNICO

En la zona del Chapare y el Boomerang se pueden reconstruir las posibles paleocostas tanto del Ludloviano-Pridoliano como del Devónico, pues existen varios registros que no fueron erodados en el Mesozoico. Por ello, se puede plantear que la costa del Ludloviano hasta parte del Pridoliano temprano habría tenido una disposición ligeramente distinta a la paleocosta devónica, por lo que existen puntos donde se ha preservado el techo del Pridoliano, como en el pozo Ichoa x-1 pero no el Ludloviano ni el Pridoliano temprano. Estos intervalos de tiempo se caracterizaron por ser niveles de base altos, por lo que no podría argumentarse que se trataría de migraciones de la paleocosta en niveles bajos. En el Devónico la paleocosta migra ligeramente hacia el noreste y norte, dejando expuesta parte de la columna silúrica en Morochata y en Apillapampa e inundando el techo del Pridoliano por encima del Wenlockiano de la Caliza Sacta en el Pozo Ichoa x-1 (Merino Rodo, 1991). (Fig.1).

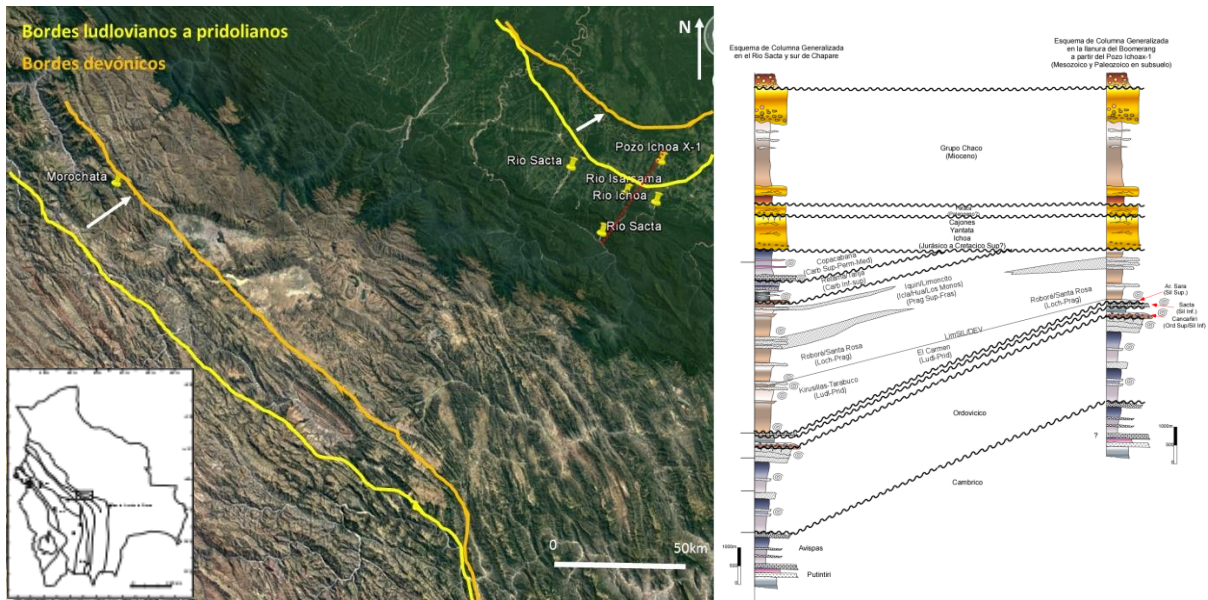


Figura 1. Izquierda: Imagen satelital de la zona de Morochata, Río Sacta y el pozo Ichoa x-1 en la zona del Chapare y parte del Boomerang. En trazo rojo, la correlación estratigráfica esquemática que se observa a la derecha. Las flechas blancas representan las migraciones de las paleocostas entre el Silúrico Superior y el Devónico. Derecha: Correlación esquemática de la columna del Río Sacta (a partir de Beccar, 1994; GEOMAP S.A., 2016) y de un esquema del noreste del Chapare-Boomerang en base al Pozo Ichoa y alrededores. (Fuente: GEOMAP S.A., 2016).

Además de la erosión mesozoica que afecta notablemente la columna paleozoica hacia el noroeste del Chapare (campos Paloma, Surubí, Eva Eva sur x-1, entre otros), también puede observarse hacia el norte, la reducción de las unidades silúricas y devónicas por un *pinch out* hacia el Cratón (Línea sísmica 3272-26 de Tankard *et al.*, (1995) entre los pozos San Juan SJN x-2, Enconada ECD-x2, Puquio PQO-x1 y Palacios PLC-x1).

REGRESIONES FORZADAS Y NORMALES EN EL LOCHKOVIANO AL PRAGIANO INFERIOR

Se postula un mecanismo de sedimentación de la Fm. Roboré, dominada por depósitos arenosos, de edades lochkovianas a pragianas inferior entre el Río Sacta donde el espesor fluctúa de 86 a 132 metros (Beccar, 1994), los pozos Carrasco, Katari, Bulu Bulu donde se ha considerado a la Fm. Roboré y el pozo San Juan x-2, con las unidades Yapacaní y Boomerang, todas de edades lochkovianas a pragianas tempranas. Estos depósitos se habrían sedimentado en una plataforma con un quiebre donde el espesor del registro es mayor en el centro, es decir el Chapare y se va reduciendo hacia la llanura. De acuerdo a este esquema, las arenas de Roboré correspondientes a caídas de nivel de base por regresiones forzadas (FSST, Fig. 2) son de buen espesor entre Carrasco, Katari y Bulu Bulu, con una disminución hacia la llanura. En la zona suroeste de Sacta no se habría depositado, siendo zonas *by pass*. Esta hipótesis deberá ser estudiada a escala de reservorio, para analizar si las propiedades físicas de los diferentes horizontes de Roboré productivo pueden ser discretizados y atribuidos a diferentes energías hidráulicas de depósito. En cambio, las regresiones normales del HST estarían en el oeste de Sacta hasta San Juan x-2 pero en espesores reducidos. La ventaja de este cortejo sedimentario es la continuidad de estos depósitos arenosos.

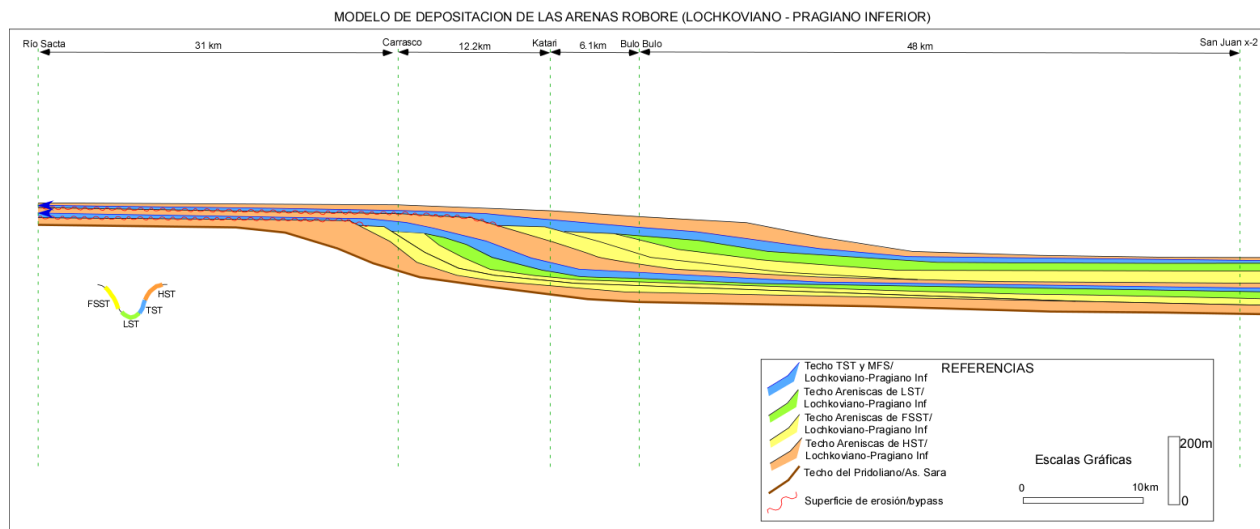


Figura 2. Modelo de sedimentación secuencial de la Fm. Roboré entre el Río Sacta y el pozo San Juan x-2, identificando los cortejos sedimentarios entre el Lochkoviano y el Pragiano Inferior. (Fuente: GEOMAP S.A., 2016)

VARIACIÓN DE ESPESORES EN EL CENTRO DE CUENCA DEL PRAGIANO AL FRASNIANO

Entre el Pragiano Superior y el Givetiano - Frasniano las facies del Devónico son pelíticas en esta parte del Chapare y Boomerang, en una unidad reconocida como Fm. Limoncito y progradaciones de la Fm. Iquiri. Es posible que se trate de un depocentro para un tiempo largo del Devónico Inferior a Medio - Superior. Esta hipótesis de trabajo indujo a investigar que características conserva el depósito y cuales las deducciones regionales a partir de estas observaciones. Para establecer el modelo de sedimentación del Pragiano Superior al Givetiano de la zona del Chapare y parte del Boomerang, se construyó un mapa isópaco de la Fm. Limoncito, una vez confirmada la edad de las pelitas. Este mapa indica un incremento de los espesores del Pragiano Superior al Givetiano, hacia el sur y el sureste, como se observa en el pozo Bulu Bulu x-3 (Fig. 3). Se observa una notable reducción del espesor del registro estudiado en tiempo en los pozos Carrasco x-1 y Carrasco Este x-1, con respecto a los pozos Katari, Bulu Bulu y San Juan (Ardaya, 1996). Esta anomalía de espesor puede ser explicada en tres escenarios diferentes:

Escenario 1: Carrasco constituye un depocentro para el intervalo de la Fm. Limoncito (Pragiano Superior a Givetiano) con secuencias condensadas. Esta situación se puede probar o descartar al analizar la palinología de los pozos Carrasco x-1 y Carrasco Este x-1. Si los resultados indican que en los 750 metros

que más o menos engloban la Formación Limoncito en ambos pozos se encuentran las líneas tiempo del Pragiano Superior al Givetiano, entonces se trataría de una zona de condensación de la cuenca (Escenario 1, Fig. 3).

Escenario 2: Que la erosión jurásico-cretácica hubiera eliminado la mitad de la columna devónica de Carrasco. Esto sería cierto si las líneas tiempo que se obtengan del estudio palinológico dieran edades pragianas a emsianas, por ejemplo. Esto sería un proceso de erosión puntual del Devónico, que no se refleja en toda el área (Escenario 2, Fig. 3).

Escenario 3: Que se trate de un alto de basamento o una zona de baja tasa de acomodación para el Devónico desde el Pragiano Superior al Givetiano, por lo tanto las secuencias acumuladas serían de muy bajo espesor o pudieron haberse preservado solo el intervalo subsidente (Escenario 3, Fig. 3).

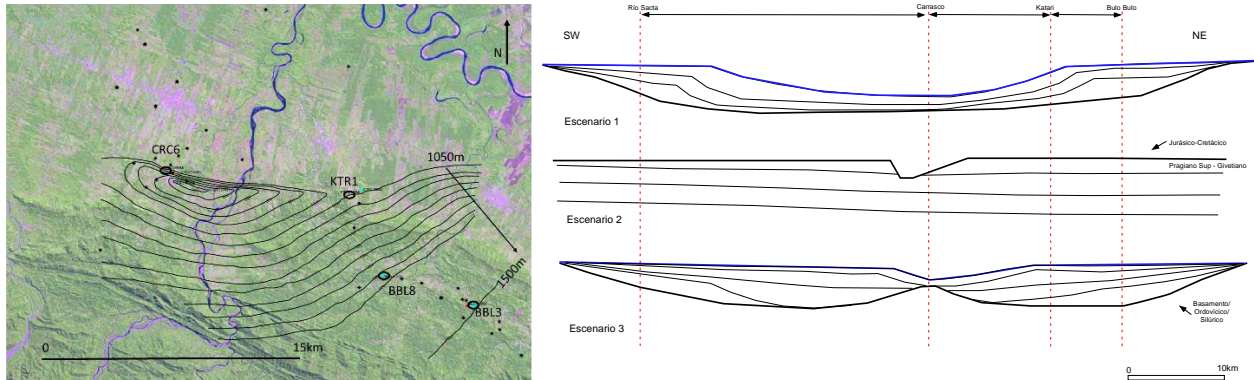


Figura 3. Izquierda: Mapa isópaco de la Fm. Limoncito (Pragiano Superior a Givetiano) a partir de los pozos Carrasco, Katari y Bulu Bulu, sobre la actual imagen satelital sin palinspastisar. Derecha: Tres escenarios posibles para la explicación del depósito Pragiano Superior a Givetiano entre el Río Sacta y los pozos Carrasco, Bulu Bulu y Katari. (Fuente: GEOMAP S.A., 2016).

Salvo que se trate de una erosión puntual del Mesozoico, es posible que el espesor anómalo del Devónico en Carrasco esté reflejando un depocentro con irregularidades, posiblemente pre-silúricas.

CONCLUSIONES

A partir de datos públicos e inéditos citados en el texto, se presentan estas nuevas interpretaciones de la Cuenca siluro-devónica en el Chapare y Boomerang. Se reportan intervalos de evolución de la cuenca siluro-devónica en esta zona, donde los cambios de la línea de costa entre el Silúrico y el Devónico tanto del límite sur como del norte en el Cratón Brasiliano, habrían sufrido una migración de sur a norte desde el Ludloviano hasta el Givetiano. El Devónico se estaría sedimentando sobre unidades más antiguas hacia el Cratón (al norte), haciendo *onlap* regional lo cual se observa en sísmica.

Los mecanismos de sedimentación predominantes entre el Lochkoviano y el Pragiano Inferior representan los últimos niveles de base altos lochkovianos (de acuerdo a la curva de Haq y Schutter, 2008) y las siguientes caídas de nivel de base global del Pragiano. Por ello, las caídas del *FSST* serían de buenos espesores entre Carrasco – Bulu Bulu y Katari, en cambio las progradaciones del *Highstand* serían continuas pero de menor espesor.

El intervalo del Pragiano Superior al Givetiano engloba varios millones de años, en los cuales las caídas de nivel de base del Devónico Inferior, tan importantes en el sur de la cuenca (noroeste argentino y subandino sur boliviano) llegan a estas latitudes, en facies pelíticas de la Fm. Limoncito. La subida del nivel de base eifeliana y givetiana se mantiene en facies finas en el área. La observación de una zona de poco espacio disponible como la zona de Carrasco en el Chapare, es interpretada en tres escenarios geológicos distintos, donde dos podrían representar un depocentro complejo para tiempos del Pragiano Superior al Givetiano. La revisión y datación de todos estos pozos permitiría entender como se ha comportado el depocentro Devónico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas YPFB Chaco S.A. y a GEOMAP S.A. por permitirnos publicar datos inéditos.

REFERENCIAS

- Ardaya, Y., 1996.** Niveles Devónicos de Correlación Área Santa Cruz - Boomerang – Chapare. Revista Técnica YPFB 17(3-4): 433-442.
- Beccar, G., 1994.** Estratigrafía del Río Sacta Departamento de Cochabamba. Revista Técnica YPFB 15(1-2): 33-46.
- GEOMAP S.A., 2016.** Relevamiento Geológico de Superficie. Áreas Isarsama – San Miguel, Chimoré – Bulu Bulu, Carrasco. Informe Final. Informe Interno YPFB Chaco S.A. 183 pgs.
- Haq, B.U., Schutter, S.R., 2008.** A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes. Science 322, 64.
- Merino Rodo, D., 1991.** Primer Registro de Conodontos Silúricos en Bolivia. Revista Técnica YPFB 12(2): 271-274.
- Miskovic, A., Spikings, R., Chew, D.M., Kosler, J., Ulianov, A., Schaltegger, U., 2009.** Tectonomagmatic evolution of Western Amazonia: Geochemical characterization and zircon U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids. GSA Bulletin 121: 1298-1324.
- Reinmann, C.R., Bahlburg, H., Kooijman, E., Berndt, J., Gerdes, A., Carlotto, V., Lopez, S., 2010.** Geodynamic evolution of the early Paleozoic Western Gondwana margin 14°-17°S reflected by the detritus of the Devonian and Ordovician basins of southern Peru and northern Bolivia. Gondwana Research: 15 pgs.
- Tankard, A.J., Uliana, M.A., Welsink, H.J., Ramos, V.A., Turic, M., França, A.B., Milani, E.J., De Brito Neves, B.B., Eyles, N., Skarmeta, J., Santa Ana, H., Wiens, F., Cirbián, M., López Paulsen, O., Germs, G.J.B., De Wit, M.J., Machacha, T., Miller, R.M., 1995.** Structural and Tectonic Controls of Basin Evolution in Southwestern Gondwana during the Phanerozoic. AAPG, Memoir 62: 5-52.