

PALEOAMBIENTES DE LA FORMACIÓN YACORAITE (MAASTRICHTIANO – DANIANO) EN EL ÁMBITO DE LA SUBCUENCA DE TRES CRUCES, JUJUY, ARGENTINA

Cónsole Gonella, Carlos A. y Eduardo P. Herrera Oviedo

INSUGEO (Instituto Superior de Correlación Geológica) – CONICET

Miguel Lillo 205, San Miguel de Tucumán, Argentina. CP 4000.

carlos_console@yahoo.com.ar

Resumen

La cuenca del Grupo Salta se desarrolló en los Andes Centrales del Norte Argentino, ubicándose hacia el sur de los arcos de Michicola y San Pablo y al norte de los arcos Pampeano y Transpampeano. La misma se encontraba rodeando un elemento positivo central, constituido por la dorsal Salto Jujeña. El grupo Salta está presente en todas las provincias geológicas de la región, cuyos afloramientos están bien expuestos en el norte de las Sierras Pampeanas, en las Sierras Subandinas y en la Cordillera Oriental; mientras que los de la Puna son escasos y aislados (Salfity y Marquillas, 1999). La Formación Yacoraite (Maastrichtiano – Daniano) es paleoambientalmente la unidad más importante del Subgrupo Balbuena (Grupo Salta), debido a que ha sido identificado en ella el posible límite K/T (Marquillas y Del Papa *et al.*, 2003), sobre un perfil sedimentario en el ámbito de la Subcuenca de Metán. Para esta unidad se han reconocido diversos restos fósiles de vertebrados (peces y reptiles), gasterópodos, ostrácodos, pelecípodos, escasos miliólidos, carófitas y otras algas, restos vegetales y palinomorfos, además de huellas de dinosaurios y de aves (Marquillas y Salfity, 1994). Presentamos en este trabajo los avances de nuestros estudios estratigráficos, bioestratigráficos y tafonómicos de la Formación Yacoraite sobre niveles sedimentarios ubicados en la Subcuenca de Tres Cruces. El análisis y correlación de los perfiles levantados nos ha posibilitado identificar facies lacustres carbonáticas, de profundidad restringida, para un ambiente lagunar continental, el cual habría

estado conectado intermitentemente con el mar abierto. La presencia de grietas de desecación alternantes con megaóndulas permite corroborar etapas de cambios eustáticos. El estudio tafonómico realizado sobre las concentraciones de gasterópodos y valvos ha permitido efectuar reconstrucciones batimétricas de la subcuenca coincidentes con el análisis facial.

Introducción

La cuenca del Grupo Salta se desarrolló en los Andes Centrales del norte Argentino al sur de los arcos de Michicola y San Pablo y al norte de los arcos Pampeano y Transpampeano, rodeando un elemento positivo central, constituido por la dorsal Salto Jujena. El grupo Salta está presente en todas las provincias geológicas de la región, cuyos afloramientos están bien expuestos en el norte de las Sierras Pampeanas, en las Sierras Subandinas y en la Cordillera Oriental; mientras que los de la Puna son escasos y aislados (Salfity y Marquillas, 1999).

El Grupo Salta (Turner, 1959) se divide en tres Subgrupos: Pirgua (Reyes y Salfity, 1973) que corresponde a los bancos rojos basales; Balbuena (Moreno, 1970) constituido por areniscas, calizas y pelitas; y Santa Bárbara (Moreno, 1970) formado por pelitas polícromas con calizas y areniscas.

La historia geológica del Grupo Salta comenzó en el Kimmeridgiano?-Cretácico Inferior (Salfity y Marquillas 1981 y 1999) probablemente como consecuencia de los movimientos araucanos, y culminó durante la fase Incaica. Su cuenca se desarrolló totalmente sobre basamento precámbrico y paleozoico, notándose que las distintas formaciones del Grupo Salta se apoyan ya sea sobre rocas pampeanas, especialmente las del Cratógeno Central, o bien sobre la mayoría de las formaciones del Paleozoico del norte argentino (Aceñolaza y Toselli, 1981)

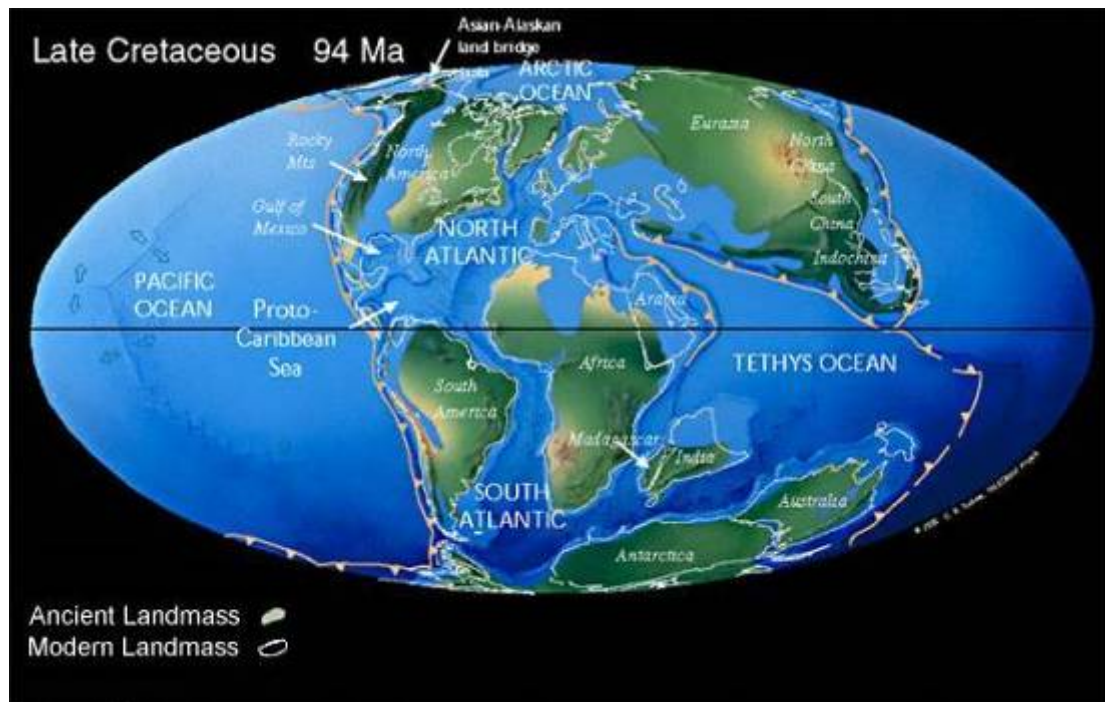


Figura 1 Paleogeografía del Cretácico Superior

El comienzo de la sedimentación tuvo lugar en una serie de fosas de tipo rift (figura 1) que constituyen las cuencas del Grupo Salta, primero aisladas y luego intercomunicadas (figura 2), cuyo desarrollo involucró los territorios de Bolivia, Paraguay y probablemente Chile.

Las fosas o subcuencas se denominan Tres Cruces, Lomas de Olmedo, Metán, Alemania, Cerro Hermoso, El Rey y El Charco o Sey.

El relleno de la cuenca fue un episodio esencialmente continuo, alterado solamente por discontinuidades regionales o locales de origen sedimentario o volcánico.

Subgrupo Balbuena. La ingresión maastrichtiano-paleocena en el norte de la Argentina estuvo vinculada con los cambios globales contemporáneos con el diastrofismo Ranquel. Los dos pulsos de la fase Ranquel señalan, respectivamente, el inicio y la culminación de la inundación epiorogénica del Subgrupo Balbuena, ocurrida en un marco de tranquilidad tectónica (Salfity y Marquillas, 1999).



Figura 2 Subcuencas del Grupo Salta en el noroeste argentino. Los puntos rojos representan pozos petrolíferos

Las fosas niveladas por los depósitos tipo sinrift fueron cubiertas por los depósitos basales del Subgrupo Balbuena.

El comienzo de estos episodios transgresivos se encuentra representado por la Formación Lecho, constituida por areniscas, pelitas moradas, rojizas y grises con algunas calizas. El depósito de la Formación Lecho estuvo controlado por procesos fluviales, eólicos y de interdunas. Se registraron restos de icnitas de dinosaurios y restos de aves. Su espesor promedio es 150 m.

La unidad más característica del Subgrupo Balbuena es la Formación Yacoraite, que es suprayacente a la anterior. Es un depósito calcáreo tabular, en parte dolomítico, con pelitas y areniscas, además de tobas y vulcanitas (Marquillas y Salfity, 1989). Consta de diversos tipos de calizas y calizas estromatolíticas, con abundantes marcas de oleajes, corrientes y exposición subaérea (Marquillas y Boso, 1984). Contiene vertebrados (peces, reptiles), gasterópodos, ostrácodos, pelecípodos, escasos miliólidos, carófitas y otras algas, restos vegetales y palinomorfos. Presenta también huellas de dinosaurios y de aves

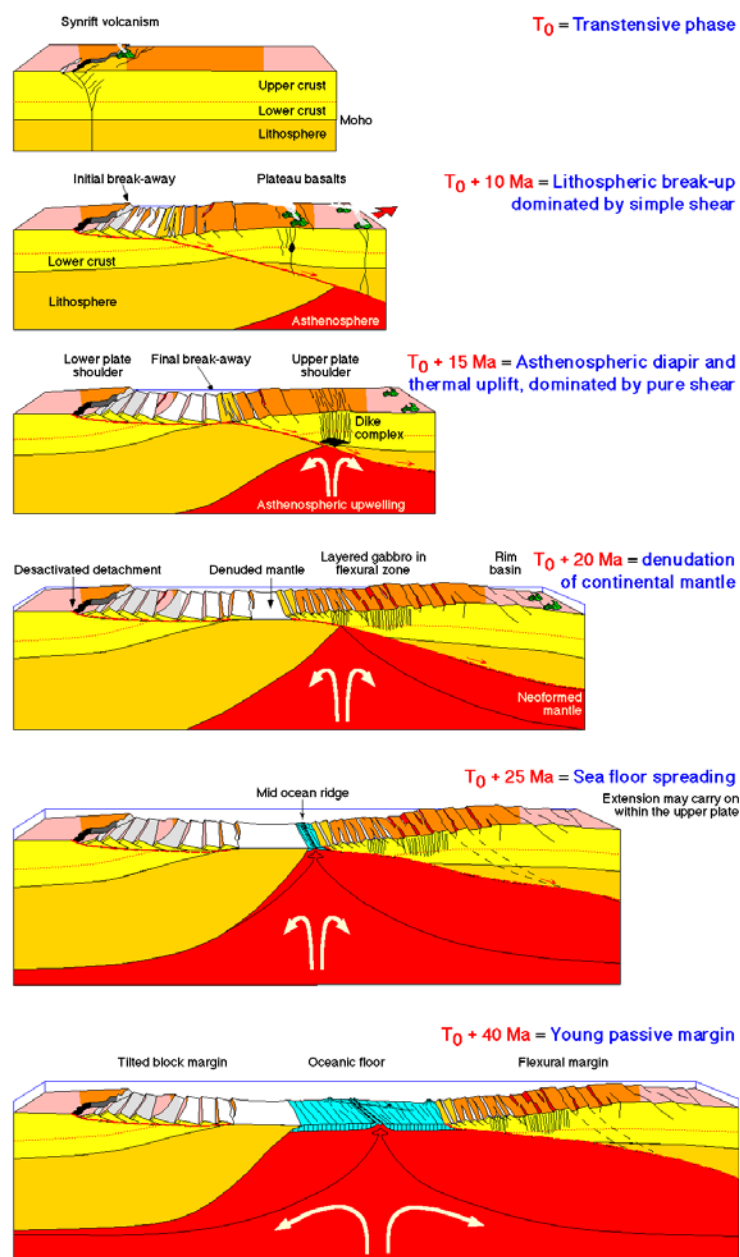


Figura 3 Diagrama que muestra las sucesivas etapas de formación de una cuenca de tipo rift

(Marquillas y Salfity, 1994), y sobre una sección correspondiente a esta unidad en la subcuenca de Metán se ha identificado el posible límite K/T (Marquillas *et al.*, 2003). Su espesor máximo es de 300 m y promedia unos 150 m.

Este depósito es contemporáneo con el depósito transgresivo global del Cretácico superior que penetró profundamente en el continente sudamericano (figura 3). Se ha definido a la “Cuenca Yacoraite” como una cuenca carbonática restringida, somera y extensa, de posición

intracontinental, alejada de las influencias directas y permanentes del mar abierto y por lo tanto con caracteres que le son propios (Marquillas, 1985).

La Formación Olmedo está constituida por lutitas, dolomicritas y micritas negras, con evaporitas en el subsuelo. Llega a alcanzar un espesor de 900 m.

Esta unidad constituye un depósito de lago hipersalino y de planicies fangosas, conteniendo palinomorfos de ambiente lacustre a pantanoso, y la mecánica de circulación fue propicia para crear las condiciones anóxicas casi permanentes del sistema.

Antecedentes sobre el estudio bioestratigráfico y paleoambiental en la Subcuenca de Tres cruces

Las investigaciones bioestratigráficas y paleoambientales realizadas sobre el Subgrupo Balbuena, en particular en la Subcuenca de Tres Cruces, en el área de la Quebrada de Humahuaca (localidades de Maimará y Jueya) y la localidad de Tres Cruces son escasas, y se remontan a las contribuciones realizadas en el siglo pasado por Guido Bonarelli entre 1920 y 1930. Este autor realiza un trabajo sobre el contenido paleontológico, particularmente de los gasterópodos pertenecientes a la Fm Yacoraite, unidad a la que denomina “*Formación Petrolífera*” (Bonarelli 1921:15). Los fósiles analizados por el autor fueron recopilados como parte de la colección perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural Bernardino Rivadavia, de la ciudad de Buenos Aires.

En este trabajo Bonarelli describe con la colaboración de M. Cossmann diferentes géneros y especies de gasterópodos, además de mencionar la notoria presencia en la localidad de Tres Cruces de “*vértebras de algún reptil*” (Bonarelli 1927:98), sin realizar ninguna descripción osteométrica o morfológica que permita inferir el género o la especie a la que pertenece este vertebrado.

En cada una de las localidades estudiadas Bonarelli realiza una descripción breve de las facies sedimentarias y el paleoambiente que las generó en relación a las faunas recopiladas, con las limitaciones metodológicas y teóricas propias de la época.

Este aporte constituye, entonces, una actualización del conocimiento bioestratigráfico a partir de la malacofauna de la subcuenca de Tres Cruces.

Materiales y métodos

Tareas de campo

1- En la primera etapa de las tareas de campo se desarrolló un mapeo geológico general, a escala 1:20.000 de los afloramientos del Subgrupo Balbuena ubicados en la localidad de Jueya, pertenecientes a la Subcuenca de Tres Cruces. Un vez finalizado el mapeo geológico se determinaron puntos estaciones y se levantaron perfiles estratigráficos de detalle (figuras 5 y 6). Para cada perfil levantado se efectuó una descripción de las litofacies e aflorantes.

2- Posteriormente se realizó un muestreo sistemático con GPS de los niveles fosilíferos y estériles para realizar estudios paleontológicos y petrológicos.

Tareas de laboratorio

3- A partir de los datos obtenidos se elaboró un mapa geológico con indicación de contactos y facies, utilizando programas de computación.

El material paleontológico recuperado se sometió a un análisis e identificación a nivel de género, y cuando fue posible especie, en particular para la fauna de gasterópodos. Se reconstruyó la historia tafonómica de estos conjuntos faunísticos, midiendo su

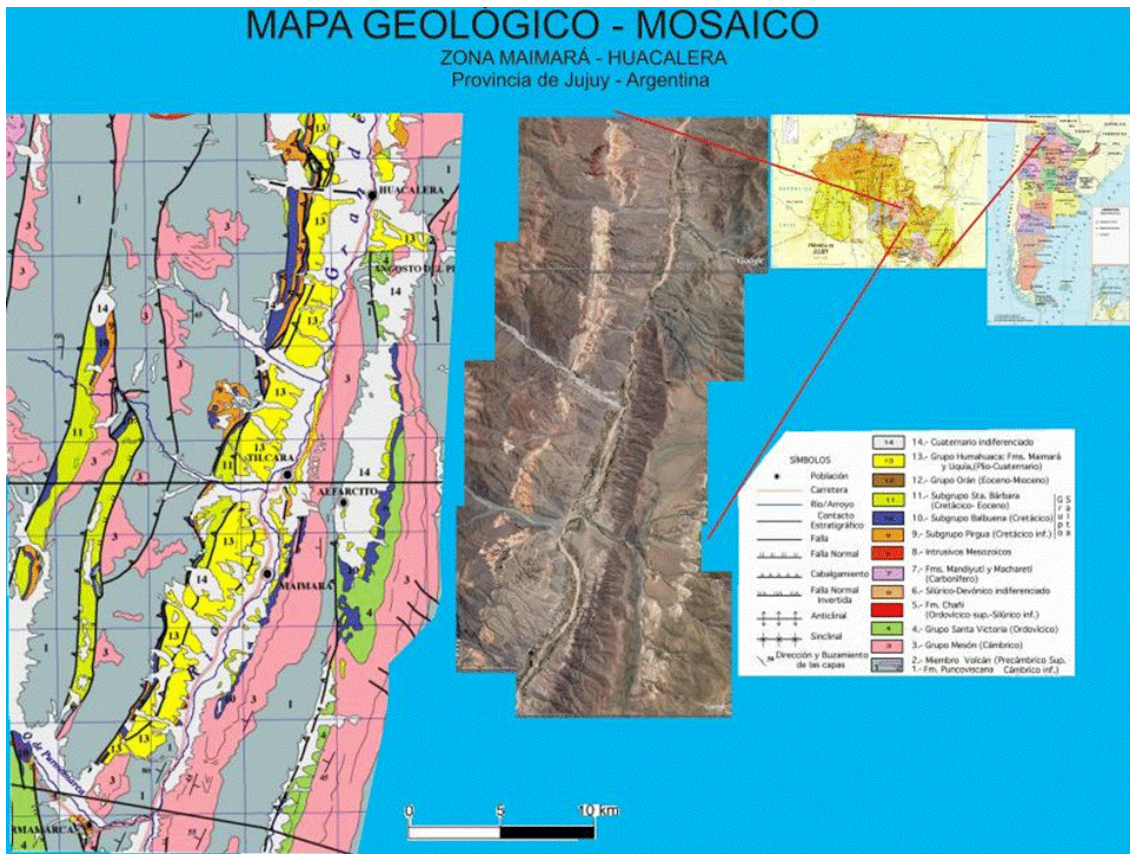


Figura 4 Mapa geológico de la zona de trabajo

grado de integridad. Posteriormente se efectuó un análisis de las facies sedimentarias y su arquitectura, con la finalidad de realizar una reconstrucción paleoambiental.

Resultados

Análisis litofacial. El modelo de análisis facial y la nomenclatura utilizada han sido desarrollados modificando los modelos litofaciales propuestos por Miall, (1977) y por Bossi (2007), con la finalidad de establecer un criterio que permita la interpretación arquitectural de la Formación Yacoraite en el marco geológico de la Subcuenca de Tres Cruces.

Los perfiles relevados fueron analizados con la finalidad de agrupar a las secuencias estratigráficas originales en facies. Cada facies fue denominada utilizando una letra mayúscula correspondiente a su litología, y una o dos letras minúsculas acompañantes que expresan las estructuras y/o composición de las secuencias descriptas.

Las facies fueron posteriormente agrupadas en mesofacies, las que se denominaron con dos letras mayúsculas. Estas expresan unidades paleoambientales del conjunto. En esta etapa de la investigación el nivel de análisis se realizó hasta el nivel mesofacial y en una posterior se espera, luego de correlacionar este perfil con otros levantados en otros afloramientos al norte de la cuenca, definir megafacies, implicando grandes etapas en la evolución del paleoambiente.

Formación Yacoraite

Litologías principales identificadas:

S (Areniscas)

L (Limolitas)

F (Arcilitas)

P (Calizas)

Calificativos faciales más importantes:

m (Maciza)

p (Laminación paralela)

i (Estratificación inclinada)

x (Estratificación cruzada tabular planar)

g (Textura gruesa)

f (Fosilífera)

Mesofacies: (Interpretación ambiental y facies comprendidas):

AA (Abanico Aluvial, CM-Sm-Sp)

RM (Río Meandriforme, Sm-Sp)

CP (Cara de Playa, Cm -Sm)

LA (Lago Abierto, Sp-Sm-Pm-Sf)

LS (Lago Somero, Sm-Sp-Sf)

La textura en los perfiles es representada según valores en un rango de 0 a 14, siendo:

0 Material no clástico.

1 Arcilla

2-3 Limo

- 4-5 Arena fina
- 6-7 Arena media
- 8-9 Arena gruesa
- 10 Sábulo

- 11 Conglomerado de guijas
- 12 Conglomerado de gujarros
- 13 Conglomerado de guijones
- 14 Conglomerado de bloques

La estructura y presencia o ausencia de material fosilífero o algún rasgo destacable se encuentra en la columna de la derecha mediante rastras correspondientemente indicadas en las referencias generales. La descripción de los perfiles es realizada de abajo hacia arriba.

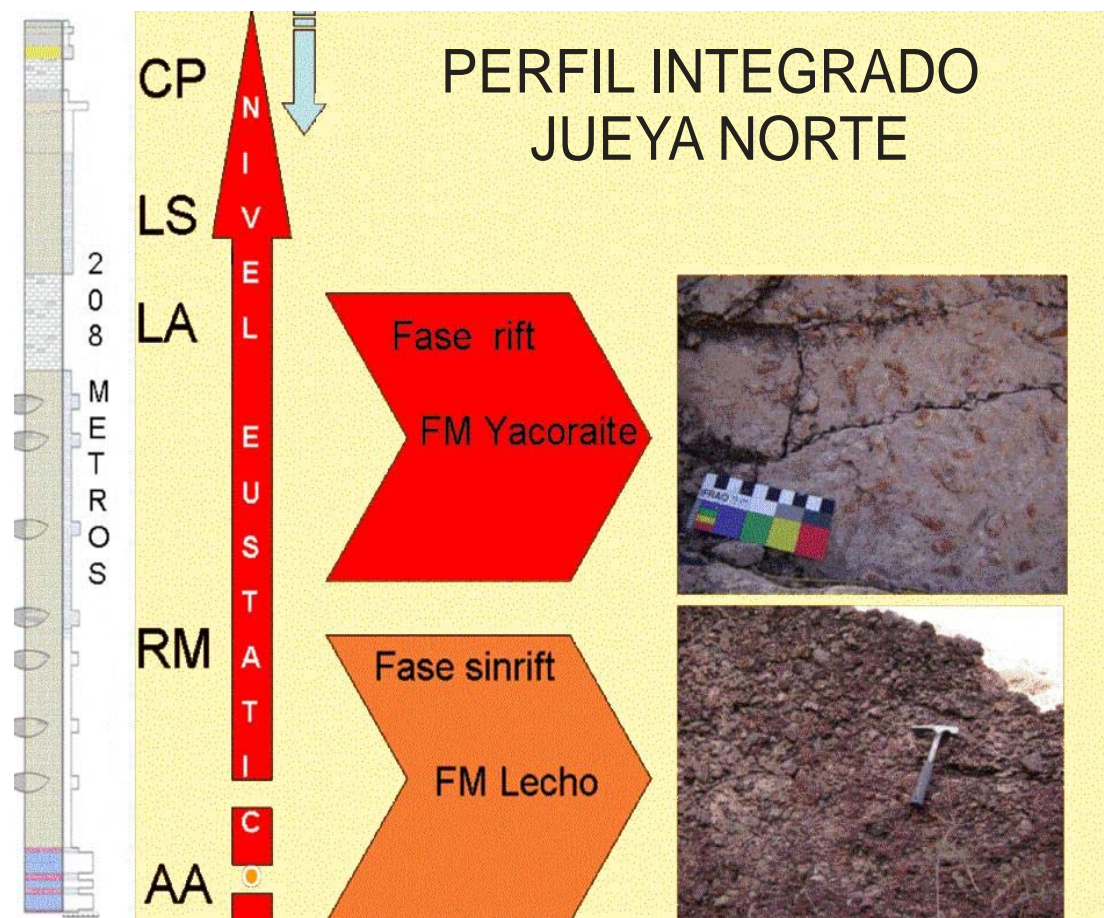


Figura 5 Perfil integrado Jueya Norte. Se muestran las mesofacies determinadas, en rojo y azul

las variaciones eustáticas interpretadas y las imágenes a la derecha caracterizan litologías típicas de las fases sinrift y rift de las Formaciones Lecho y Yacoraite

Tafonomía de concentraciones fosilíferas de gasterópodos

Los atributos tafonómicos (Holz y Simoes, 2000), analizados son bioestratinómicos y paleoecológicos e incluyen: grado de empaquetamiento, volumen porcentual de bioclastos en el depósito, selección textural de los bioclastos, fragmentación, corrosión, incrustación, estructuras microsedimentarias y biológicas asociadas, además del grado de retrabajo sedimentario del conjunto.

Los resultados nos posibilitan caracterizar a estas concentraciones como depositadas en un ambiente lagunar somero, probablemente conectado intermitentemente con el mar abierto.

Fue posible también realizar mediciones de paleocorrientes a partir de conchillas orientadas de gasterópodos, indicando la participación de sistemas fluviales asociados

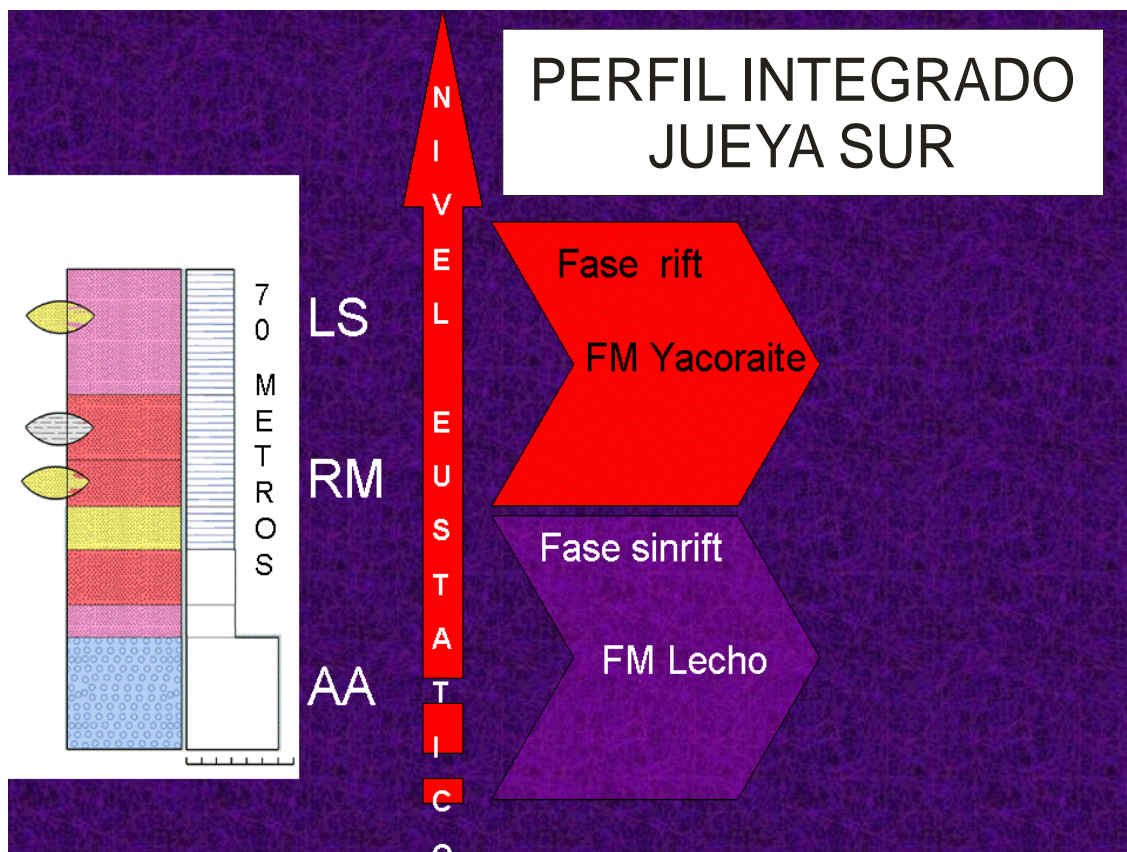


Figura 6 Perfil integrado Jueya Sur. Se muestran las mesofacies determinadas y en rojo y azul las variaciones eustáticas interpretadas

Interpretación paleoambiental

De acuerdo a la interpretación litofacial y a la integración de los perfiles, se efectuó una asociación de facies con su correspondiente interpretación paleoambiental y sedimentológica:

Para ambos perfiles integrados, en la zona inferior, se define la mesofacies AA (Abanico Aluvial). Esta mesofacies está caracterizada por una secuencia de conglomerados redondeados a subredondeados las que representarían un sistema fluvial activo previo a los eventos transgresivos de la mesofacies LS y LA, asignada a las fases de sinrift propias de la Formación Lecho.

Una diferencia importante entre ambos perfiles tiene que ver con la potencia de ambos. El perfil Jueya Norte posee 208 m y el perfil Jueya Sur 70m. Esta diferencia es atribuida en función a las asociaciones de facies a una disminución al sur de la profundidad de la cuenca, situación corroborada a partir de la asociación de bivalvos y gasterópodos observada hacia el techo del perfil sobre los niveles asignados a mesofacies LS (Lago Somero).

La mesofacie LS (Lago Somero) indica un perfil batimétrico característico de la zona nerítica. Se caracteriza por un predominio de areniscas laminadas y macizas, pocos restos fósiles y la mal preservación de los mismos. Esta mala preservación es atribuida al oleaje. Es consecuente con este dato el aumento en el porcentaje de fragmentación en las conchillas de gasterópodos y bivalvos.

Ambos perfiles integrados muestran mesofacies asignadas a RM (Río Meandriforme), las que serían temporalmente previas al evento transgresivo que terminan de configurar el paleolago, de agua levemente alcalina, con gran presencia de pelecípodos y gasterópodos. La clasificación de los sistemas aluviales de Leopold y Wolman (1957) reconoce tres tipos de canales: rectos, enlazados y meandriformes, ha sido ampliamente utilizada, si bien en la actualidad se reconoce la existencia de otros tipos intermedios, o diferentes, lo cual ha hecho aconsejable una ampliación de estas clasificaciones. Existe una clara relación entre el tipo de carga que transporta el canal tanto en planta como en perfil (Schumm 1977).

De acuerdo a esta relación Friend (1978) establece una clasificación de las facies fluviales, en función del tamaño de clasto, en estrecha relación con el medio de transporte:

Unidades de clasto grueso (arena, gravas) – transporte por carga de fondo.

Unidades de clasto fino (limos, arcillas) – transporte en suspensión.

El análisis textural en las mesofacies RM, (Río Meandriforme), nos permite corroborar este criterio. Se propone un modelo en el que la carga habría sido mixta, del tipo B de Schumm (1981). Estos canales habrían sido estrechos y profundos.

Probablemente la laminación paralela observada en las zonas superiores del perfil integrado, en areniscas, corresponda a una evolución de un régimen bajo a régimen alto, tratándose posiblemente de megaóndulas simétricas.

Estas facies indicarían progresivamente hacia el techo de la secuencia integrada un evento transgresivo, culminante con las mesofacies lacustres fosilíferas LA (Lago Abierto).

En el perfil integrado Norte se han distinguido hacia el techo mesofacies CP (Cara de Playa), caracterizadas por la presencia de un nivel de conglomerados en contacto erosivo y niveles de areniscas macizas, correspondientes a un descenso del nivel eustático, probablemente correspondiente al techo de la Formación Yacoraite.

Proponemos como paleoambiente a partir del análisis mesofacial realizado un sistema litoral de laguna protegida o lagoon (figura 7), con participación de sistemas fluviales que habrían aportado agua dulce, por lo que la salinidad del agua habría variado su salinidad en función de los cambios eustáticos. Se observa en ambos casos hacia el techo de los perfiles un aumento progresivo del nivel del mar.

MODELO PALEOAMBIENTAL PROPUESTO

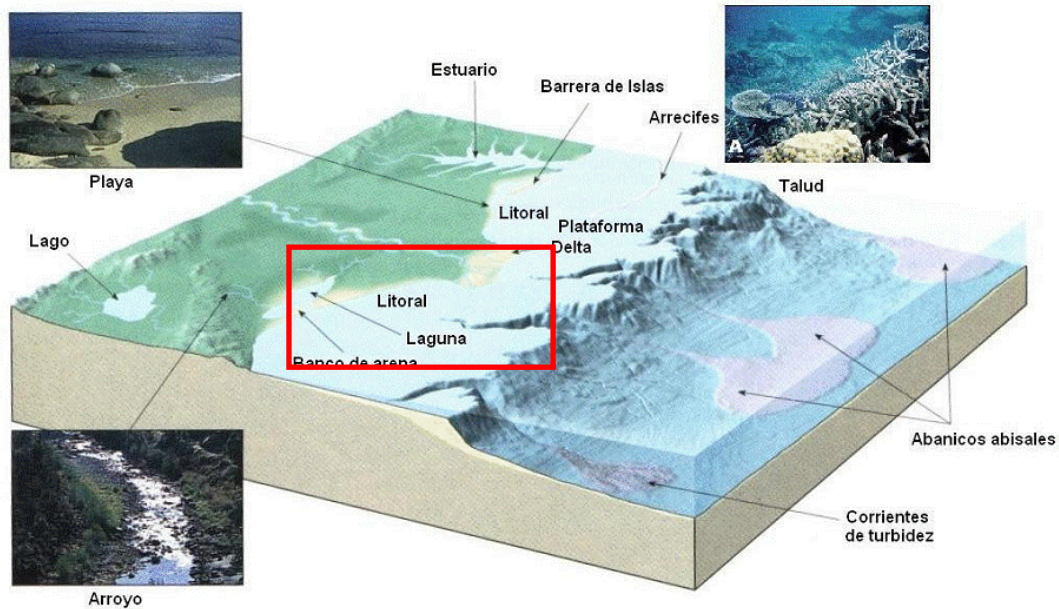


Figura 7 Modelo paleoambiental propuesto: Sistema litoral de tipo laguna o lagoon protegido de la acción directa de las mareas.

Conclusiones

1 - El análisis y correlación de los perfiles levantados nos ha posibilitado identificar facies lacustres carbonáticas, de profundidad restringida, para un ambiente lagunar continental litoral (*lagoon*), el cual habría estado conectado intermitentemente con el mar abierto. Esto queda corroborado por la asociación de bivalvos y gasterópodos presentes en los niveles analizados.

2 - La presencia de grietas de desecación (y tracks??) alternantes con megaóndulas permite corroborar etapas de cambios eustáticos. El estudio tafonómico realizado sobre las concentraciones de gasterópodos y bivalvos ha permitido efectuar reconstrucciones batimétricas

de la subcuenca coincidentes con el análisis facial, indicando por el grado de atrición de las conchillas y material terrígeno asociado un ambiente litoral somero.

3- Esta situación es coincidente con lo esperado para esta porción de la Subcuenca de Tres Cruces por su cercanía a la dorsal Salto Jujeña.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por su apoyo financiero. También se agradece la participación del Geól. Luis R. Horta en las tareas de campo, y de la Arql. Silvana Urquiza por las correcciones al manuscrito. Finalmente vaya nuestro reconocimiento para todos los integrantes del ICES (International Center of Earth Sciences) nodo Malargue, por la impecable organización del 4 encuentro internacional.

Referencias

- Aceñolaza, G y Toselli, A. 1981. Geología del Noroeste. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Tucumán. pp.161-162.
- Bonarelli, G. 1927. Fósiles de la Formación Petrolífera. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, tomo XXX. pp. 55-115.
- Bonarelli, G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte (Prov. Salta y Jujuy). An. Min. Agric. Nac., Secc. Geol. Miner. Minas, 15 (1):1-97
- Bossi, G.E; 2007. Análisis de paleocorrientes pp. 22-47. Ediciones Magna. Tucumán.
- Friend, P.F., (1978): Distinctive features of some ancient river systems. In: Fluvial Sedimentology (Ed. By A.D. Miall). Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., 5, 531-542.
- Holz, M. y Simoes M.G., Elementos fundamentais de Tafonomía. 230 pp. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Leopold, L.B., y Wolman, M.G., (1957): River channel patterns: braided, meandering and straight. Prof. Pap. U.S. Geol. Surv., 282-B, 85 págs.
- Marquillas, R. A., Del Papa C., Sabino, I., Heredia J. 2003. Prospección del límite K/T en la cuenca del Noroeste, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 58 (2): 271-274 (2003)
- Marquillas, R. A. y Salfity, J. A., 1994. Relaciones estratigráficas regionales de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior), norte de la Argentina. Actas 7° Congreso Geológico Chileno, 1: 479-483. Concepción.
- Marquillas, R. A. y Salfity, J. A., 1989. Distribución regional de los miembros de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el noroeste argentino. Contribuciones de los Simposios sobre Cretácico de América Latina, Parte A, Eventos y Registro Sedimentario, 253-272. Buenos Aires.
- Marquillas, R.A.1985. Estratigrafía, sedimentología y paleoambientes de la Formación Yacoraite (Cretácico superior) en el tramo austral de la cuenca, Norte Argentino: Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta, 139pp.
- Marquillas, R.A., Boso, M.A. et Salfity, J.A., 1984. La Formación Yacoraite (Cretácico superior) en el Norte argentino, al sur del paralelo 24". Actas 1X Congr. Geol. Argent., 2: 467-470.
- Miall, A.D. (1977): Fluvial Sedimentology: Fluvial lecture series notes. Can.Soc.Petrol.Geol., 111 págs.
- Moreno, J.A. 1970 . Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico superior en la cuenca del noroeste argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara. Asociación Geológica Argentina, Revista, 24: 9-44.
- Reyes, F.C., Salfity, J.A., 1973.Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. Quinto Congreso Geológico Argentino, Carlos Paz (1972). Actas 3: 355-385.
- Salfity, J. A. y Marquillas, R. A., 1999. La Cuenca Cretácico-Terciaria del Noroeste Argentino. En: Caminos R. (Ed.): Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29 (19): 613-626, Buenos Aires.
- Salfity, J. A. y Marquillas, R. A., 1981. Las unidades estratigráficas cretácicas del norte de la Argentina. En: Volkheimer, W. y Musacchio, E. (Eds.): Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur I, p. 303-317. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, Buenos Aires.

Salfity, J. A. y Marquillas, R. A., 1999. La Cuenca Cretácico-Terciaria del Noroeste Argentino. En: Caminos R. (Ed.): Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29 (19): 613-626, Buenos Aires.

Schumm, S.A., (1981): Evolution and response of the fluvial system, sedimentological simplification. S.E.P.M. Spec. Public., n° 31: 19-29.

Schumm, S.A, (1977): The fluvial system. Wiley Interscience. 338 pags.

Turner, J.C.M., 1959. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra de Rinconada (Jujuy). Asociación Geológica Argentina, Revista, 13: 15-39.