

NOTABREVE

## Prospección del límite K/T en la cuenca del Noroeste, Argentina

Rosa MARQUILLAS<sup>1,2</sup>, Cecilia DEL PAPA<sup>1,2</sup>, Ignacio SABINO<sup>2</sup> y Jorge HEREDIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Salta, Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina

E-mail: ramarq@unsa.edu.ar

**RESUMEN.** En la columna del Grupo Salta (Neocomiano-Eoceno) aún es incierta la exacta posición del nivel correspondiente al límite Cretácico-Terciario. Preliminarmente aquí se ha acotado una sección de 8m de espesor dentro de la Formación Yacoraite como favorable para la prospección del límite. Las investigaciones de detalle se ejecutaron en la quebrada El Chorro de la subcuenca de Metán, perfil seleccionado junto a otros mediante criterios geológicos regionales, paleontológicos y estudios estratigráfico-sedimentológicos. Las herramientas usadas han consistido en geoquímica, mineralogía y sedimentología de los carbonatos y de las rocas clásticas, con el apoyo de la información brindada por la escasa fauna y flora de la cuenca. A la fecha se han detectado anomalías de elementos siderófilos (Cr, Ni y Co) y otros, asociados con abruptos cambios de facies y de microfacies que muestran la disminución y reemplazo de las facies normales de calizas por facies de dominio silicoclástico.

**Palabras clave:** Límite K/T, Formación Yacoraite, Grupo Salta, Noroeste argentino

**ABSTRACT.** *The K/T boundary prospecting in the Northwest Basin, Argentina.* An 8 m-thick section has preliminary been selected in the Yacoraite Formation as favorable for prospecting the K/T boundary in the Salta Group (Neocomian-Eocene) where the position of the limit is still uncertain. Detailed research took place in El Chorro creek in the Metán sub-basin. This place was selected based on regional geological and paleontological evidence and stratigraphic-sedimentologic studies. Detailed work includes geochemical analysis, mineralogy and sedimentology of carbonates and clastic rocks, with the help of scarce information from the fauna and flora present in the succession. To date, anomalies of siderophile elements (Cr, Ni, Co) among others have been detected in coincidence with abrupt changes in sedimentary facies and microfacies, particularly a decrease and replacement of normal limestone facies by siliciclastic ones.

**Key words:** K/T boundary, Yacoraite Formation, Salta Group, Northwest Argentina

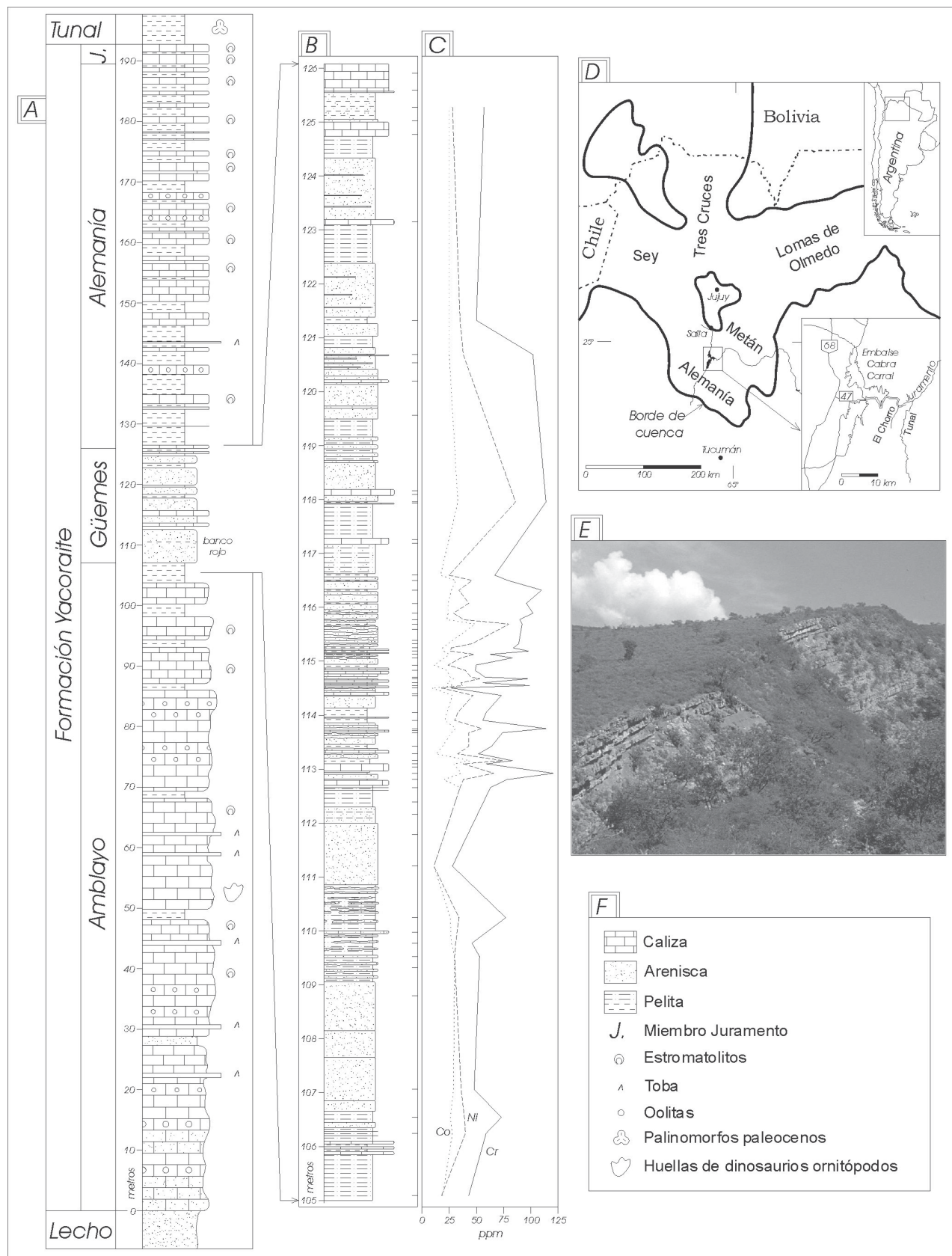
### Introducción y antecedentes

Esta contribución da a conocer los primeros resultados de la prospección del límite Cretácico-Terciario en la cuenca del Grupo Salta del noroeste argentino. La información obtenida a través del análisis estratigráfico-sedimentológico ha permitido acotar un espesor estratigráfico de interés dentro de la Formación Yacoraite que podría contener el nivel correspondiente al límite.

Los depósitos del rift del Grupo Salta, de 5000 m de espesor, se acumularon entre el Neocomiano y el Eoceno, por lo que la sedimentación abarca la transición cretácico-terciaria. Este límite no ha sido localizado en la columna aunque tradicionalmente se ha asignado la Formación Yacoraite al Maastrichtiano y la suprayacente Formación Olmedo al Paleoceno (Salfity y Marquillas 1981, Gómez Omil *et al.* 1989). Sin embargo, parte de la Formación Yacoraite se acumuló durante el Paleoceno (Moroni 1982, Marquillas 1985) (Fig. 1a). Sial *et al.* (2001) identificaron una anomalía isotópica compatible con el límite K/T en Cabra Corral,

aparentemente, cerca del contacto entre las Formaciones Yacoraite y Tunal. Dado que en Cabra Corral existe sólo un afloramiento parcial de la Formación Tunal (invertido), que su descripción es en parte similar a la Formación Yacoraite superior (Marquillas 1985, Marquillas y Salfity 1989), que no se brindan detalles estratigráficos no se puede correlacionar aquellos resultados con los aquí presentados.

La Formación Lechos que infrayace a la Formación Yacoraite (Fig. 1a), contiene restos de dinosaurios en el extremo sur de la subcuenca de Metán (Fig. 1d) (Powell 1979). La Formación Yacoraite en el tramo occidental de la subcuenca de Alemania contiene icnitas de dinosaurios (Alonso 1980, Alonso y Marquillas 1986). En la zona del presente trabajo (Fig. 1d) la Formación Yacoraite tiene huellas probablemente de ornitópodos (Hadrosauridae?) bien conservadas; son de forma redondeada con dedos romos, miden 28 cm de largo, 23 cm de ancho y 3 cm de profundidad con una marcada rebaba de sedimentos. Las muestras de subsuelo de la subcuenca Lomas de Olmedo (Fig. 1d) han brindado, entre otros palinomorfos, formas afines a *Aquilapolle-*



**Figura 1:** A, Columna de la Formación Yacoraité en el área del río Juramento. B, Columna detallada de la sección anómala. C, Curvas de concentración de metales transicionales. D, Ubicación del área de estudio y borde de cuenca de la Formación Yacoraité. E, Vista panorámica del tramo superior de la Formación Yacoraité en la quebrada El Chorro. F, Referencias de las columnas.

*nites magnus* (Moroni 1982); en América del Norte, *Aquilapollenites* es un género exclusivamente del final del Cretácico, que no perduró en el Terciario (Tschudy y Tschudy 1986).

No obstante lo anterior, la Formación Yacoraite llega al Paleoceno en pozos de YPF (Lomas de Olmedo, Martínez del Tineo y Puesto Guardián) según asociaciones palinológicas (Moroni 1982, 1984). La Formación Olmedo, que se dispone sobre la Formación Yacoraite, es paleocena, confirmado por palinomorfos entre los cuales se destaca *Mtchedlishvilia saltenia* (Moroni 1984). En la zona de trabajo, sobre la Formación Yacoraite yace la Formación Tunal (Fig. 1a), equivalente a la Formación Olmedo, la cual posee también un rico contenido palinológico paleoceno y en cuyos depósitos se ha definido la Zona de *Mtchedlishvilia saltenia* del Daniano (Quattrocchio *et al.* 2000).

Las características ambientales de plataforma carbonática somera de la Formación Yacoraite han provisto facies sedimentarias favorables para la preservación de evidencias como las que se reportan en el límite K/T en otros lugares del mundo (Álvarez *et al.* 1980). La ubicación geográfica de la sección elegida se debe a las especiales condiciones de relación del techo de la Formación Yacoraite (Marquillas y Salfity 1994). Se seleccionaron los afloramientos de la quebrada El Chorro, afluente derecho del río Juramento (subcuenca de Metán) (Figs. 1d y 1e). Se relevó la Formación a escala centimétrica desde la parte media hasta el contacto con la Formación Tunal, lo que significa una sección de 88 m (Fig. 1b). Se recolectaron 240 muestras, se efectuaron 80 análisis geoquímicos (principalmente en pelitas), mediante difracción de rayos X se determinó calcita y dolomita y otros minerales en 40 niveles caliza; se prepararon 80 secciones delgadas para estudios microscópicos. Los análisis químicos por fluorescencia de rayos X se realizaron en la Universidad Nacional de Salta (espectrómetro Rigaku RIX-2000) con especial esmero en evitar cualquier contaminación metálica. En la actualidad se analizan anomalías de elementos siderófilos y se procesan muestras para lavado con el fin de separar minerales pesados, microfósiles (foraminíferos), microesférulas y tectitas.

### Facies, microfacies y geoquímica

El espesor de la Formación Yacoraite en El Chorro es de 190 m (Fig. 1a). El tramo inferior (Miembro Amblayo, Reyes 1972) consta de depósitos de alta energía en bancos gruesos y medianos (grainstone oolítico grueso, grainstone y packstone intraclásticos y arenisca calcárea) con algunos niveles de tobas distales; hacia arriba las calizas son lajosas, más delgadas y muy bien estratificadas (grainstone oolítico fino, packstone y wackestone bioclásticos); hay varios niveles de boundstone estromatolítico. La parte media (Miembro Güemes, Reyes 1972) está compuesta por arenisca fina

calcárea intercalada con arcilita y limolita y escasa caliza micrítica y bioclástica. La parte superior (Miembro Alemania, Marquillas y Salfity 1989) se caracteriza por una sucesión cíclica en la que alternan facies de baja energía (lutita negra, verde y gris, mudstone calcáreo y dolomicrita) con facies de grainstone oolítico y grainstone-packstone bioclásticos e intraclásticos con boundstone estromatolítico dómico en el techo, los que alcanzan los 1,10 m de altura. Las calizas del techo conforman el Miembro Juramento (Marquillas y Salfity 1989).

En la sección relevada en detalle (Fig. 1b) se identificaron 9 facies sedimentarias que comprenden: Arenisca blanca fina tabular, Wacke roja maciza, Limolita roja, Limolita-Lutita verde, Mudstone-Wackestone, Grainstone-Packstone, Caliza heterolítica, Conglomerado intraformacional y Boundstone estromatolítico. Las facies más comunes corresponden a la asociación de grainstone/packstone con pelitas verdes, la de calizas heterolíticas y la de estromatolitos. La facies de grainstone/packstone está compuesta por calizas oolítica, intraclástica y en menor medida fosilífera (gasterópodos, pelecípodos y ostrácodos). El espesor de los bancos varía de escasos centímetros a 40 cm, son tabulares con base erosiva, estructuras de oleaje, ondulitas de corrientes y laminación cruzada. La facies de caliza heterolítica representa la alternancia centimétrica de grainstone y mudstone calcáreo con estratificación ondulada y lenticular y ondulitas de oleaje; los bancos son de menor espesor, oscilan entre 10 y 30 cm; el fango micrítico recubre a modo de tapiz los niveles de las calizas más gruesas. La facies de boundstone estromatolítico está representada por cuerpos tabulares continuos de 3-5 cm a 1 m de altura. La geometría externa es dómica y el espaciado entre los biohermas es cerrado; internamente se reconocen en ellos láminas onduladas de yeso fibroso, micrita oscura, microesparita fibrosa, esparita fibrosa y prismática, micrita nodulosa y dolomita, con diversos aloquímicos y gotas de hidrocarburos atrapados entre las láminas.

Tanto las rocas que corresponden a las facies de mudstone/wackestone como a la de pelitas verdes suelen estar laminadas o bioturbadas y contener abundantes ostrácodos, pelecípodos, fragmentos óseos fosfatizados de peces y foraminíferos. Las lutitas tienen rico contenido de materia orgánica, vestigios de hidrocarburos, cristales de piritita y restos de peces.

Las facies sedimentarias indican condiciones someras de depósito, en posiciones próximas a la costa (*shoreface*) en alternancia con depósitos sublitorales. El dominio de estructuras de oleaje tanto de buen tiempo como de tormenta sugiere un régimen dominado por olas, con mareas subordinadas. A partir de la continua y rápida migración del nivel de base del oleaje se infieren pendientes suaves de plataforma somera epicontinental (Marquillas 1985).

En el perfil predominan el gris claro de las calizas y el gris-verdoso de las pelitas, pero en la parte media de

la columna se destaca una única sección roja de 5,30 m de espesor compuesta por estratos gruesos en parte macizos de wacke mediana a fina, con clastos pelíticos y carbonáticos, ostrácodos recristalizados, fragmentos óseos fosfatizados de peces y granos de pirita oxidada, que se intercalan con areniscas calcáreas con marcas de oleaje y *hummocky*. El techo de los niveles está bioturbado y retrabajado por corrientes. Se interpreta como una superposición de eventos de flujos densos mantiformes y acción de tormentas.

A 90 cm por arriba de la mencionada sección roja se reconoció un tramo de 8 m de espesor con valores anómalos de Cr, Ni y Co, donde se supone que podría estar ubicado el límite K/T. Allí la concentración de Cr varía entre 55 y 120 ppm (fondo: 5 a 40 ppm), el Ni entre 65 y 75 ppm (fondo: 25 a 45 ppm) y el Co entre 20 y 50 ppm (fondo 5 a 10 ppm) (Fig. 1c); las relaciones Cr/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> también se manifiestan relativamente altas. La concentración de esos elementos tiende a ser mayor en la parte basal de la sección anómala, donde también otros elementos muestran altos valores (TiO<sub>2</sub>: 0,8-1,3%, V: 100-200 ppm, Th: 8-10 ppm, Nb: 20 ppm).

## Conclusiones

Tanto las variaciones observadas en las asociaciones de facies, especialmente el brusco contraste entre las facies carbonáticas y las de tempestitas, como las anomalías geoquímicas detectadas han permitido establecer en forma preliminar una sección de 8 m de espesor dentro de la Formación Yacoraite que se considera promisoría para la prospección en detalle del límite K/T. Las anomalías positivas de metales transicionales posiblemente estén asociadas con los productos del impacto meteorítico del evento K/T tal como ocurre en muchos lugares del mundo. Las facies de tempestitas serían evidencias relacionadas con las condiciones ambientales críticas del fin del Cretácico. Los resultados obtenidos alientan a continuar con la búsqueda del límite mediante la descripción milimétrica del tramo de interés y nuevos análisis geoquímicos que incluirán los elementos del grupo del platino.

## Agradecimientos

Este trabajo es financiado por el PIP-CONICET 0883 y el Proyecto CIUNSa 876/4. Los autores agradecen la colaboración y sugerencias de los Dres. S. Matthews, J.-M. Thery, W. Volkheimer y J. Salfity. A la Dra. N. Menegatti y a R. Pereyra la asistencia en análisis; a M. Novara y M. C. Sánchez la participación en los trabajos de campo. A Salta Rafting por el apoyo en el río Juramento. Agradecen también la revisión crítica efectuada por los árbitros.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alonso, R. N., 1980. Icnitas de dinosaurios (Ornithopoda, Hadrosauridae) en el Cretácico superior del Norte de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 15: 55-63.
- Alonso, R. N. y Marquillas, R. A., 1986. Nueva localidad con huellas de dinosaurios y primer hallazgo de huellas de aves en la Formación Yacoraite (Maastrichtiano) del Norte Argentino. *Actas 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 2: 33-41. Mendoza.
- Álvarez, L. W., Álvarez, W., Asaro, F. and Michel, H. V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095-1108.
- Gómez Omil, R. J., Boll, A. y Hernández, R. M., 1989. Cuenca cretácico-terciaria del Noroeste argentino (Grupo Salta). En: Chebli, G. A. y Spalletti, L. A. (Eds.): *Cuencas sedimentarias argentinas*, p. 43-64. Serie Correlación Geológica 6. Tucumán.
- Marquillas, R. A., 1985. Estratigrafía, sedimentología y paleoambientes de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el tramo austral de la cuenca, norte argentino. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Tesis Doctoral, 139. (Inédito).
- 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. 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.
- Moroni, A. M., 1982. Correlación palinológica en las Formaciones Olmedo y Yacoraite. Cuenca del Noroeste Argentino. *Actas 3° Congreso Geológico Chileno*: 340-349. Concepción.
- Moroni, A. M., 1984. *Mitchedlishvilia saltenia* n. sp. en sedimentitas del Grupo Salta, provincia de Salta. *Actas 3° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 129-139. Corrientes.
- Powell, J. E., 1979. Sobre la presencia de dinosaurios y otras evidencias de vertebrados del Cretácico Superior de la región de La Candelaria, Prov. de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 16: 191-204.
- Quattrocchio, M., Ruiz, L. and Volkheimer, W., 2000. Palynological zonation of the Paleogene of the Colorado and Salta Group basins, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, 32: 61-78.
- Reyes, F. C., 1972. Correlaciones en el Cretácico de la cuenca Andina de Bolivia, Perú y Chile. *Revista Técnica YPF*, 1(2-3): 101-144.
- 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.
- Sial, A. N., Ferreira, V. P., Toselli, A. J., Parada, M. A., Aceñolaza, F. G., Pimentel, M. M. and Alonso, R. N., 2001. Carbon and oxygen composition of some Upper Cretaceous-Paleocene sequences in Argentina and Chile. *International Geology Review*, 43: 892-909.
- Tschudy, R. H. and Tschudy, B. D., 1986. Extinction and survival of plant life following the Cretaceous Tertiary boundary event, Western Interior, North America. *Geology*, 14: 667-670.

**Recibido:** 21 de octubre, 2002

**Aceptado:** 14 de abril, 2003