

Algunos adelantos en la geocronología del Cretácico temprano en la Cuenca Neuquina

Beatriz Aguirre-Urreta^{1*}, Marina Lescano¹, Andrea Concheyro¹, Maximiliano Naipauer¹, Verónica Vennari¹, Maisa Tunik² y Victor A. Ramos¹

¹ Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" (UBA- CONICET) Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina

² Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (UNRN-CONICET), Sede Alto Valle, Universidad Nacional de Río Negro, Río Negro, Argentina

*email: aguirre@gl.fcen.uba.ar

Resumen. Se actualizan la bioestratigrafía de alta resolución de amonites y nanofósiles calcáreos con análisis U-Pb CA-ID-TIMS en circón del Grupo Mendoza (Formaciones Vaca Muerta y Agrio) del Cretácico temprano de la cuenca Neuquina. Se dan a conocer datos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ambas unidades, calibrados a las biozonas de amonites. Los bioeventos reconocidos de nanofósiles calcáreos han permitido ajustar la ubicación del límite Jurásico-Cretácico en la Formación Vaca Muerta y de varios horizontes guía en la Formación Agrio. Estos bioeventos son correlacionados con las zonaciones de amonites, las que a su vez muestran robustas correlaciones con las registradas en el Tethys. Se realizaron tres dataciones U-Pb CA-ID-TIMS, una en la Formación Vaca Muerta ($139,55 \pm 0,18$) y dos en la Formación Agrio ($129,06 \pm 0,16$ y $127,42 \pm 0,15$). Estas edades se anclan a biozonas de amonites y a bioeventos de nanofósiles calcáreos, permitiendo proponer una edad de 140 Ma para el límite Jurásico-Cretácico y una edad cercana a 127 Ma para el límite Hauteriviano-Barremiano. Estos estudios en la cuenca Neuquina han sido recientemente utilizados para proponer nuevos límites del Valanginiano y Hauteriviano en el Tethys, así como para demostrar la relación cronológica entre la provincia ígnea de Paraná-Etendeka y el evento Weissert.

Palabras Claves: Grupo Mendoza, nanofósiles calcáreos, edades U-Pb CA-ID-TIMS, amonites, cuenca Neuquina

1 Introducción

Avances en técnicas modernas de dataciones radioisotópicas, combinadas con estudios bioestratigráficos de alta resolución, de magnetoestratigrafía, de cicloestratigrafía y de quimioestratigrafía, han dado como resultado un creciente refinamiento de la escala cronoestratigráfica internacional (Comisión Internacional de Estratigrafía, 2015). Sin embargo, llama la atención la falta de precisión en el intervalo Jurásico tardío-Cretácico temprano, donde todas las edades absolutas que delimitan los períodos son aproximadas, ya que estos límites no tienen GSSP formales (*Global Boundary Stratotype Section and Point*). Estas incertidumbres se deben a la escasez de edades radiométricas precisas que permitan anclar los datos estratigráficos, lo que ha llevado a numerosos y constantes cambios en la escala cronoestratigráfica global. Es así que en la actualidad, los estándares primarios para calibrar el Cretácico temprano son las biozonas de amonites del

Tethys y las edades modelo para estas biozonas en el intervalo Berrisiano-Barremiano derivan principalmente de las correlaciones de la secuencia M de anomalías magnéticas, además de intervalos con cicloestratigrafía y con la curva de isótopos de estroncio (Ogg y Hinnov, 2012).

Estudios multidisciplinarios realizados en la cuenca Neuquina (Fig. 1) han avanzado en la correlación de detallados estudios bioestratigráficos de amonites y nanofósiles calcáreos con datos radioisotópicos de alta precisión (Vennari et al., 2014; Aguirre-Urreta et al., 2015) a lo que se suman datos de isótopos de estroncio. Estos trabajos se realizaron en rocas del Grupo Mendoza, de amplio desarrollo en la cuenca Neuquina (Fig. 2) y han dado como resultado la propuesta de nuevos valores absolutos para los límites de los períodos Jurásico y Cretácico, entre el

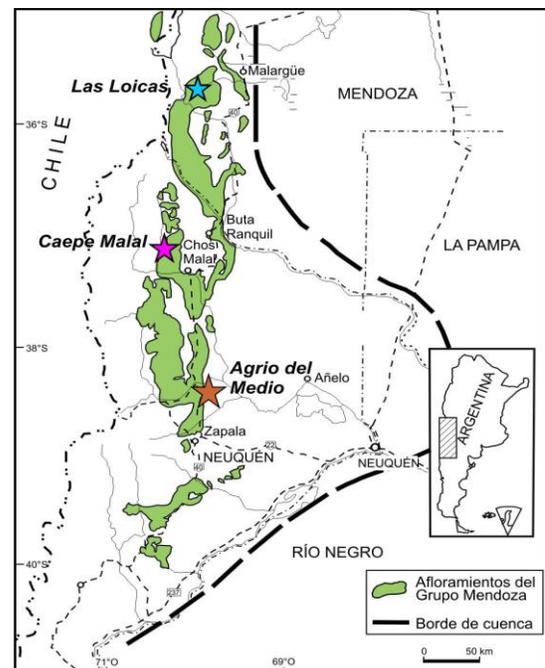


Figura 1. Mapa regional de la cuenca Neuquina con los afloramientos del Grupo Mendoza y las tres localidades donde se han realizado las dataciones U-Pb CA-ID-TIMS

Tithoniano y el Barremiano, no solo en la cuenca Neuquina (Vennari et al., 2014; Aguirre-Urreta et al., 2015) sino también a nivel global (Martínez et al., 2015).

2 El Grupo Mendoza

Se debe a Stipanovic et al. (1968) la formalización del Mendociano de Groeber (1946) al utilizar por primer vez el término Grupo Mendoza, para caracterizar una espesa sucesión sedimentaria que incluye la transgresión marina del Pacífico de edad tithoniana - hauteriviana. Está integrado por las formaciones Tordillo, Vaca Muerta, Mulichinco y Agrio, siendo de interés en este trabajo:

Formación Vaca Muerta: Esta formación definida por Weaver (1931) posee amplia distribución areal en la cuenca y ha sido muy estudiada por ser valiosa roca madre de hidrocarburos. Actualmente es objeto de numerosos análisis por constituir un importante yacimiento no convencional de petróleo y gas. Estos depósitos comprenden potentes sucesiones de pelitas, fangolitas y margas oscuras, con frecuencia piríticas y yesosas, con abundantes nódulos calcáreos. Entre las pelitas oscuras suelen intercalarse delgados niveles de tobas de caída pliniana. Sobre la base de criterios fosilíferos, se asigna a la Formación Vaca Muerta, una edad tithoniana a valanginiana temprana.

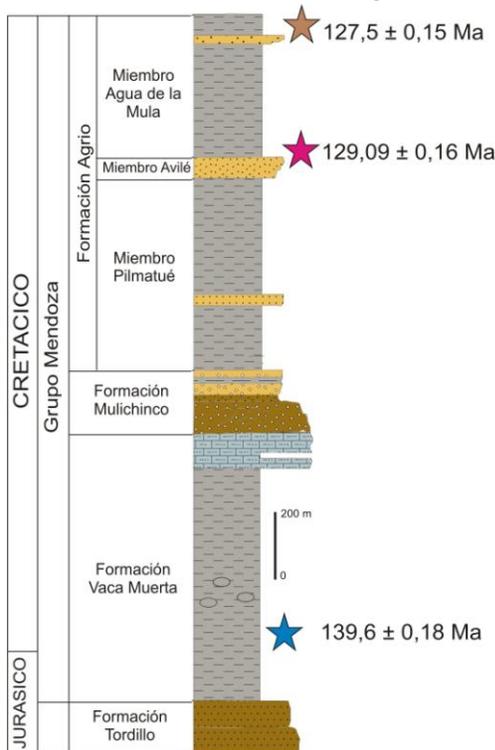


Figura 2. Sección columnar generalizada del Grupo Mendoza con la ubicación estratigráfica de las muestras de tobas datadas.

Formación Agrio: Esta unidad definida por Weaver (1931) en la región del río Agrio alcanza los 1.000 metros de potencia y se divide en tres miembros: Pilmatué, Avilé y Agua de la Mula (Leanza y Hugo, 2001). Representa una importante fase transgresiva diacrónica que se registra a fines del Valanginiano temprano con la depositación de pelitas, limolitas, areniscas y calizas. Tanto el Miembro Pilmatué como el Miembro Agua de la Mula son de origen marino, mientras que el Miembro Avilé es de origen

continental. Sobre la base de su contenido fosilífero de amonites y nanofósiles se la asigna al Valanginiano temprano-Hauteriviano tardío, pudiendo llegar al Barremiano basal.

3 Bioestratigrafía de amonites y bioeventos de nanofósiles calcáreos

Estudios de los amonites del Grupo Mendoza han permitido proponer una bioestratigrafía de detalle, comparable a las biozonaciones de la provincia Mediterránea del Tethys. En la Formación Vaca Muerta se reconocen 10 zonas de las cuales 5 abarcan desde el Berriasiano temprano al Valanginiano temprano, mientras que en la Formación Agrio se registran 10 zonas y en 3 de ellas hay una división en subzonas (Aguirre-Urreta et al., 2011) (Fig. 3).

En el Cretácico temprano se han identificado 5 biozonas de nanofósiles calcáreos (NJK, NK1, CC3, CC4 y CC5). Para el Berriasiano se consideran las biozonas NJK y NK propuestas por Bralower et al. (1989) y para el intervalo Valanginiano-Barremiano las biozonas CC de Sissingh (1977) con las subdivisiones propuestas por Applegate y Bergen (1988) (Fig. 3).

En la Formación Vaca Muerta se ha reconocido la primera aparición (FO) de *Nannoconus kamptneri minor*, este bioevento define la base de la NJK-D (primer subzona del Berriasiano). Además se registran otros bioeventos asignados al Berriasiano como son las FOs de *Nannoconus kamptneri kamptneri*, *N. steinmannii minor*, *N. steinmannii steinmannii* y *Crucellipsis cuvillieri* que permiten definir la biozona NK1 en la cuenca (Vennari et al., 2015).

En los niveles basales de la Formación Agrio se ha registrado la FO de *Eiffellithus windii*. Este bioevento define la base de la Subzona CC3-B y confirma una edad valanginiana temprana. En el Miembro Pilmatué se reconoce la FO de *Eiffellithus striatus* que permite definir la base de la subzona CC4-A (que comprende al Valanginiano-Hauteriviano). Otros bioeventos secundarios son: las FOs de *Nannoconus bucheri* y *Nannoconus circularis* asignadas al Valanginiano y la FO de *C. maculosus* y la última aparición (LO) de *E. windii* asignadas al Hauteriviano (Ballent et al., 2011).

En la base del Miembro Agua de la Mula, se ha identificado la FO de *Lithraphidites bollii*. Este bioevento es utilizado para definir la base de la CC4-B y además se han reconocido otros bioeventos secundarios: FO de *N. ligius* y las LOs de *E. striatus* y *C. cuvillieri* que permiten una asignación al Hauteriviano tardío (Aguirre-Urreta et al., 2015).

Finalmente las LOs de *Clepsilithus maculosus* y *Lithraphidites bollii* son bioeventos secundarios correlacionados con la biozona CC5 y asignados al Hauteriviano tardío, muy próximos a la base del Barremiano.

4 Edades U-Pb CA-ID-TIMS en circones

En la localidad Las Loicas, en el centro oeste de Mendoza, se dataron circones de una toba de caída de 0,10 m de espesor intercalada con pelitas oscuras portadoras de una fauna de amonites de edad berriasiana temprana en la Formación Vaca Muerta. Estas dataciones U-Pb en circones fueron realizadas por la metodología CA-ID-TIMS obteniéndose una edad de $139,6 \pm 0,18$ Ma. Si se asume que no hay hiatos importantes en la sucesión sedimentaria y una tasa de sedimentación de 4,41 cm/ka para el intervalo analizado y teniendo en cuenta que la toba datada se encuentra 22 metros por encima de la asociación de nanofósiles calcáreos que indica el límite Jurásico-Cretácico en esa localidad, se puede estimar una edad de 140 Ma para ese límite en la cuenca Neuquina (Vennari et al., 2014).

Dos tobas de caída se analizaron en el Miembro Agua de la Mula de la Formación Agrio. En la localidad Caepé Malal, en el noroeste de Neuquén se dató una toba vítrea de 1,2 m de espesor ubicada solo 7 metros por encima de la base de dicho miembro, en la biozona de *Spitidiscus riccardii* del Hauteriviano tardío temprano. El valor obtenido por U-Pb CA-ID-TIMS es de $129,09 \pm 0,16$ Ma. En la localidad Agrio del Medio se dató una toba de 0,15 m de espesor que dio una edad de $127,5 \pm 0,15$. Esta se ubica en la sección cuspidal de la Formación Agrio, intercalada en los últimos niveles de la zona de *Paraspiticerias groeberi* y asociada a las LOs de *Clepsilithus maculosus* y *Lithraphidites bollii* del Hauteriviano tardío. Sobre la base de estos datos radioisotópicos se ha propuesto una edad de 129,5 Ma para el límite Hauteriviano temprano-tardío y una edad cercana a 127 Ma para el límite Hauteriviano-Barremiano (Aguirre-Urreta et al., 2015).

5 Discusión y conclusiones

El lapso que comprende al Jurásico tardío y Cretácico temprano es uno de los pocos intervalos del Fanerozoico donde no había edades radioisotópicas precisas y en la actualidad sus límites están definidos por marcadores bioestratigráficos, especialmente amonites, calpionélidos y nanofósiles calcáreos de la provincia Mediterránea del Tethys. El problema principal es que donde existía un buen control bioestratigráfico había pocas rocas adecuadas para estudios geocronológicos de alta precisión. Los estudios de Vennari et al. (2014) y Aguirre-Urreta et al. (2015) han permitido por primera vez, anclar las biozonas de amonites y nanofósiles calcáreos de la cuenca Neuquina con precisas dataciones radioisotópicas. A su vez, datos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del intervalo Valanginiano-Hauteriviano de Neuquén muestran coincidencias con la curva global (Fig. 3). Estos nuevos datos han sido tenidos en cuenta recientemente por Martínez et al. (2015) para proponer una nueva astrocronología del Valanginiano-Hauteriviano en clásicas secciones del Tethys, definiendo sus nuevos límites. Asimismo, estas nuevas edades absolutas han permitido ubicar con precisión el evento Weissert y relacionarlo con

las erupciones de la provincia ígnea de Paraná- Etendeka.

Se espera que investigaciones en curso proporcionen más datos radioisotópicos precisos con el fin de mejorar las dataciones numéricas del Berriasiano y Valanginiano en la cuenca Neuquina.

*Contribución C-102 del IDEAN (UBA – CONICET).

Referencias

- Aguirre-Urreta, B.; Lazo, D.; Griffin, M.; Vennari, V.; Parras, A.M.; Cataldo, C.; Garberoglio, R.; Luci, L. 2011. Megainvertebrados del Cretácico y su importancia bioestratigráfica. En Leanza, H. et al. (eds.) Geología y Recursos Naturales de la provincia de Neuquén, Relatorio, p. 465-488.
- Aguirre-Urreta, B.; Lescano, M.; Schmitz, D.; Tunik, M.; Concheyro, A.; Rawson, P.F.; Ramos, V.A. 2015. Filling the gap: new precise Early Cretaceous radioisotopic ages from the Andes. *Geological Magazine* 152: 557-564.
- Applegate, J.; Bergen, J. 1988. Cretaceous calcareous nanofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. *Proceedings of the Ocean Drilling Project, Scientific Results* 103:293-346.
- Ballent, S.; Concheyro, A.; Nández, C.; Pujana, I.; Lescano, M.; Carignano, A.P.; Caramés, A.; Angelozzi, G.; Ronchi, D. 2011. Microfósiles mesozoicos y cenozoicos. En Leanza, H.A. et al. (eds.) Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, Relatorio, p. 489-528.
- Bralower, T.J.; Monechi, S.; Thierstein, H.R. 1989. Calcareous nanofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the geomagnetic polarity timescale. *Marine Micropaleontology* 14: 153-235.
- Comisión Internacional de Estratigrafía, 2015. Carta Cronoestratigráfica. <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1, Hoja Chos Malal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 1: 117-208.
- Leanza, H.A.; Hugo, C. 2001. Hoja Geológica Zapala, Hoja 3969-I. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 275: 1-128.
- Martínez, M.; Deconinck, J.-F.; Pellenard, P.; Riquier, L.; Com-pany, M.; Reboulet, S.; Moiroud, M. 2015. Astrochronology of the Valanginian-Hauterivian stages (Early Cretaceous): Chronological relationships between the Paraná-Etendeka large igneous province and the Weissert and the Faraoni events. *Global and Planetary Change* 131: 158-173.
- McArthur, J.; Janssen, N.; Reboulet, S.; Leng, M.; Thirlwall, M.; van de Schootbrugge, B. 2007. Early Cretaceous ice cap volume, palaeotemperatures (Mg, $\delta^{18}\text{O}$), and isotope stratigraphy ($\delta^{13}\text{C}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) from Tethyan belemnites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 248: 391-430.
- Ogg, J.G.; Hinnov, L.A. 2012. The Cretaceous Period. En F. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg (eds), *The Geologic Time Scale 2012* pp. 793-853. Amsterdam: Elsevier.
- Sissingh, W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw* 56: 37-65.
- Stipanovic, P.; Rodrigo, F.; Baulies, O.; Martínez, C. 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico. *Revista Asociación Geológica Argentina* 23: 67-98.
- Vennari, V.V.; Lescano, M.; Naipauer, M.; Aguirre-Urreta, B.; Concheyro, A.; Schaltegger, U.; Armstrong, R.; Pimentel, M.; Ramos, V.A. 2014. New constraints on the Jurassic-Cretaceous boundary in the High Andes using high-precision U-Pb data. *Gondwana Research*, 26: 374-385.
- Weaver, C. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. *Memoirs of the University of Washington* 1: 1-496.

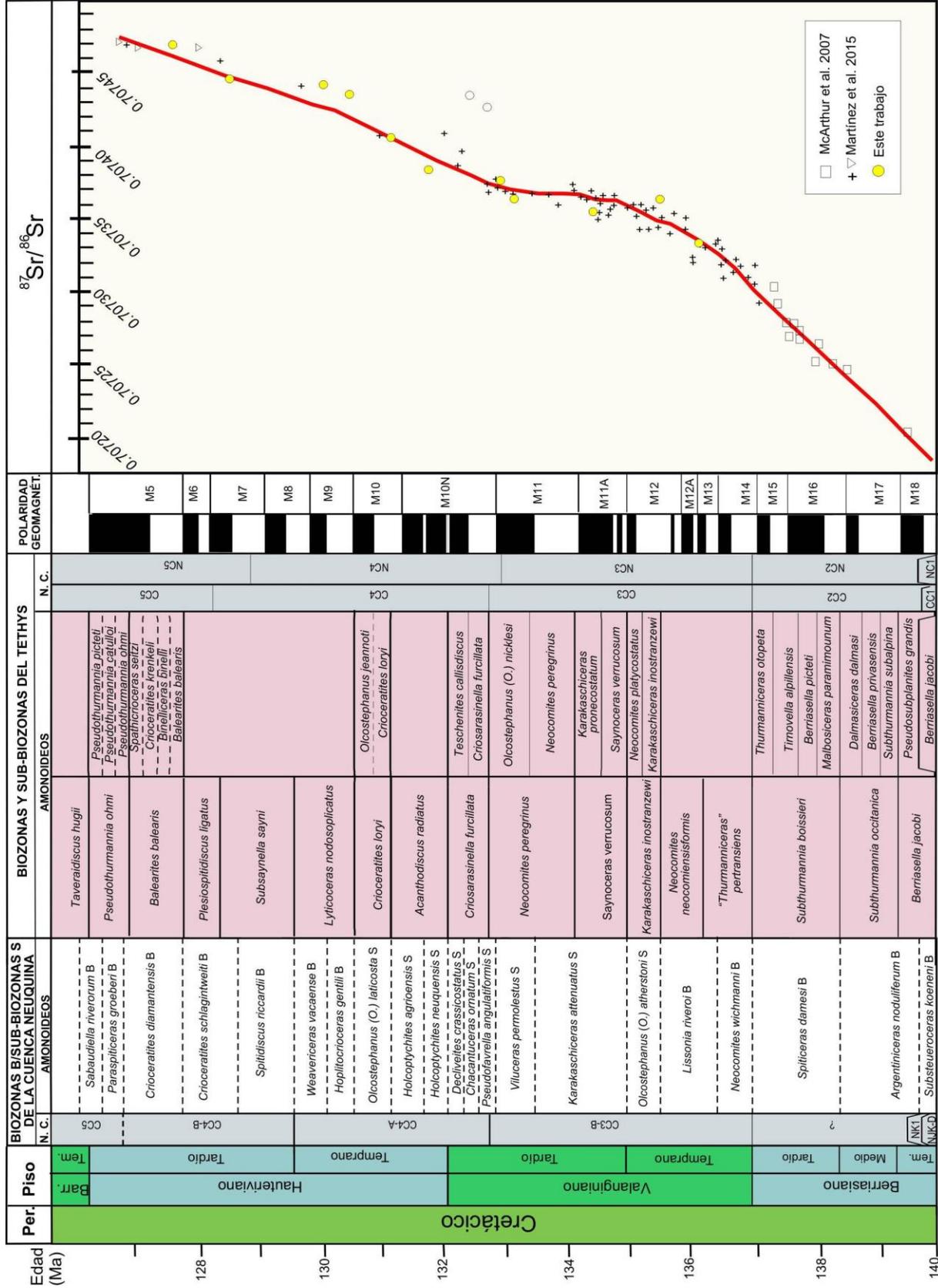


Figura 3. Escala de tiempo integrada para el intervalo Berriasiano-Hauteriviano, con las zonaciones de amonites y nanofósiles calcáreos, para la cuenca Neuquina y el Tethys, las polaridades geomagnéticas y la curva de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Las edades de la columna de la izquierda se corresponden con los nuevos límites propuestos para el Berriasiano, Valanginiano y Hauteriviano (modificada y ampliada de Martínez et al., 2015, con datos adicionales de McArthur et al., 2007).