

Las calciesferas de la Formación Vaca Muerta (Tithoniano) en la sección del arroyo Covunco, provincia del Neuquén

Lautaro J. RUFFO REY¹, Diego A. KIETZMANN^{1,2} y Graciela S. BRESSAN^{1,3}

¹Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

²CONICET-Universidad de Buenos Aires, Instituto de Geociencias Básicas, Ambientales y Aplicadas de Buenos Aires (IGeBA)

³CONICET-Universidad de Buenos Aires, Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN)

E-mails: ljrufforey@gmail.com; diegokietzmann@gl.fcen.uba.ar; gbressan@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

Se llevó adelante el estudio parataxonómico, tafonómico y bioestratigráfico de las calciesferas de la Formación Vaca Muerta (Tithoniano) en la sección del arroyo Covunco (Zapala, provincia del Neuquén). Se consideraron 215 especímenes provenientes de 20 muestras fértiles recolectadas cada 3-10 m a lo largo de 150 m de afloramiento. La asociación identificada incluye un total de 5 géneros y 8 especies (una de ellas con 2 subespecies) ya conocidas para el Tethys y la Cuenca Neuquina. Con el fin de evaluar la existencia de sesgos tafonómicos se estudiaron los efectos de la disolución y el neomorfismo sobre la pared de las calciesferas y se observó que existe variación vertical en la preservación, la cual estaría controlada principalmente por diferencias litofaciales. Esto permitió definir, por primera vez, 5 categorías de modificación tafonómica para caracterizar las asociaciones. Se identificaron cuatro bioeventos de importancia global (primeras apariciones de *C. pulla*, *P. malmica*, *C. tenuis* y *C. fortis*), que permitieron reconocer las biozonas de calciesferas de *Committosphaera tithonica?*, *Parastomiosphaera malmica*, *Colomisphaera tenuis* y *Colomisphaera fortis*, características del Tithoniano. Los resultados de este estudio han permitido ajustar la posición de los eventos respecto a trabajos previos en la Cuenca Neuquina.

Palabras clave: *Dinoflagelados calcáreos, bioestratigrafía, tafonomía, Jurásico Superior*

ABSTRACT

Calcispheres from the Vaca Muerta Formation (Tithonian) in the Arroyo Covunco section, Neuquén province

A parataxonomic, taphonomic, and biostratigraphic study of the calcispheres from the Vaca Muerta Formation (Tithonian) was carried out at the Arroyo Covunco section (Zapala, Neuquén province). We considered 215 specimens from 20 fertile samples collected every 3-10 m along 150 m of outcrop. The identified association includes 5 genera and 8 species (with 2 subspecies) already known for the Tethyan realm and the Neuquén Basin. In order to assess the existence of taphonomic biases, the effects of dissolution and neomorphism on the calcispheres walls were analysed. Vertical variations were observed in preservation, which were related primary to lithofacial differences. This allowed defining, for the first time, 5 categories of taphonomic modification to characterize the associations. Four bioevents of global importance were identified (FOs of *C. pulla*, *P. malmica*, *C. tenuis* and *C. fortis*), allowing to recognize the typical Tithonian *Committosphaera tithonica?*, *Parastomiosphaera malmica*, *Colomisphaera tenuis* and *Colomisphaera fortis* calcisphere biozones. The results of this study have allowed to adjust the position of the events with respect to previous works in the Neuquén Basin.

Keywords: *Calcareous dinoflagellates, biostratigraphy, taphonomy, Upper Jurassic*

INTRODUCCIÓN

Las calciesferas constituyen un grupo de microfósiles calcáreos planctónicos con gran utilidad bioestratigráfica. Si bien se les asignaron distintos orígenes (Flügel 2004, Versteegh *et al.* 2009), las calciesferas mesozoicas son interpretadas como quistes de dinoflagelados calcáreos por poseer paratabulación, arqueopilo y pared de estructura semejante a éstos (Keupp 1991, Gottschling *et al.* 2008). Fueron particularmente abundantes en el Tethys durante el Jurásico Tardío - Cretácico Temprano (Ivanova 1997, Řeháková 2000a) permitiendo la confección de detallados esquemas de biozonación de depósitos marinos en las secciones estratigráficas de Europa. Estos esquemas constituyen muy buenos elementos de correlación intercontinental para el intervalo Oxfordiano - Hauteriviano, donde alcanzan su mayor resolución bioestratigráfica (e.g., Řehánek y Cecca 1993, Benzaggagh y Atrops 1996, Ivanova 1997, 2001, Lakova *et al.* 1999, Řeháková 2000a, b).

En Argentina, la presencia de especies de calciesferas del Tethys ha sido reportada para la Formación Vaca Muerta por Fernández-Carmona *et al.* (1996), Fernández-Carmona y Riccardi (1998, 1999), Kietzmann *et al.* (2011, 2017), Kietzmann (2013), Ivanova y Kietzmann (2016, 2017), siendo estos últimos los primeros en ilustrarlas, estudiar su distribución y demostrar la aplicación de esquemas de biozonación del Tethys para la Cuenca Neuquina. Ivanova y Kietzmann (2016, 2017) determinaron a nivel preliminar un esquema bioestratigráfico que contiene ocho de las biozonas tethyanas reconocidas por Lakova *et al.* (1999) para el intervalo Tithoniano - Valanginiano. Este esquema está basado en el estudio de tres secciones del sur de Mendoza, por lo que para construir un esquema bioestratigráfico de valor regional, es necesario el estudio de más localidades a lo largo de la cuenca.

La bioestratigrafía de la Formación Vaca Muerta se basa principalmente en asociaciones de amonites (Leanza 1980, 1981, Riccardi 2008, 2015), ya que son un grupo extensamente conocido y de muy buena resolución estratigráfica. Sin embargo, el fuerte provincialismo que caracteriza al Jurásico Tardío (Cecca 1999, Page

2008) vuelve compleja la correlación entre las biozonas de amonites andinos y estándar. Es por ello que el estudio de microfósiles de distribución pandémica, como por ejemplo nanofósiles calcáreos, radiolarios, calpionélidos y calciesferas, puede ser importante para ajustar las correlaciones basadas en amonites. En este contexto son particularmente útiles las calciesferas, ya que por su mayor estabilidad mineralógica dada por su composición calcítica (Pentecost 1991, Keupp 1991) suelen estar presentes donde otros microfósiles son fuertemente afectados por los procesos diagenéticos, como ocurre con los radiolarios que son reemplazados por calcita (Pujana 1989, 1991) y los nanofósiles calcáreos y calpionélidos que sufren más fácilmente los efectos de la disolución y recristalización (Houghton 1991, Remane 1991).

Se llevó a cabo el estudio detallado de las calciesferas de la Formación Vaca Muerta en la sección del arroyo Covunco (provincia del Neuquén) con el fin de evaluar la aplicación de las biozonas mendocinas en otros sectores de la cuenca y ajustar la posición de los bioeventos reconocidos anteriormente. Con este objetivo se describieron las asociaciones de calciesferas en dicha sección y se analizó su preservación, buscando sesgos tafonómicos que pudieran afectar la interpretación de los resultados. Asimismo, se discute la distribución estratigráfica de las calciesferas a lo largo de la sección estudiada, comparándolas con las biozonas de amonites andinas y su correlación con las biozonas de amonites estándar.

MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca Neuquina se localiza entre los 32° y 40° de latitud sur, en el sector oriental de los Andes de Argentina y en la región central de Chile (Legarreta y Gulisano 1989, Legarreta y Uliana 1991). En Argentina, la Cuenca Neuquina abarca las provincias del Neuquén, Mendoza, Río Negro y La Pampa, con sus mayores exposiciones en las dos primeras (Legarreta y Gulisano 1989, Yrigoyen 1991, Legarreta y Uliana 1991, 1996).

La historia sedimentaria de la Cuenca Neuquina comenzó en el Triásico Tardío

como producto de la extensión continental de intraplaca, la cual permitió el desarrollo de depocentros aislados asociados a fallas transcurrentes, que luego serían rellenadas por sedimentos volcanoclásticos y continentales. Luego, desde el Jurásico Temprano y hasta el Cretácico Tardío, el emplazamiento de un régimen de subsidencia termal permitió el desarrollo de un amplio golfo con sedimentación mayormente marina, el cual estaba limitado al oeste por un arco de islas volcánicas. Finalmente, a partir del Cretácico Tardío, el desarrollo de un sistema de retroarco flexural provocó un cambio progresivo de sedimentación marina a continental, levantando los afloramientos plegados en la parte occidental del área y exponiendo una gran variedad de sucesiones mesozoicas (Legarreta y Uliana 1991, 1996, Vergani *et al.* 1995, Uliana *et al.* 1999).

La Formación Vaca Muerta pertenece al Subgrupo Mendoza Inferior (Leanza 2009) del Grupo Mendoza (Stipanovic *et al.* 1968). El Subgrupo Mendoza Inferior comprende el intervalo temporal Kimmeridgiano (Jurásico Superior) - Valanginiano inferior (Cretácico Inferior) y está limitado en su base por la discordancia Araucánica (Intramálmica) y en su techo por la discordancia Huncálica (Intravalanginiana) (Leanza 2009). En el área de Sierra de la Vaca Muerta (centro de la provincia del Neuquén), el Subgrupo Mendoza Inferior incluye a las Formaciones Tordillo, Vaca Muerta, Picún Leufú y Quintuco (Leanza *et al.* 2011).

La sección estudiada se encuentra ubicada 20 km al noroeste de la ciudad de Zapala (Fig. 1), donde los depósitos de la Formación Vaca Muerta apoyan en paraconcordancia sobre la Formación Tordillo, y pasan transicionalmente a la Formación Picún Leufú (Leanza 1973). En esta área la unidad fue dividida en tres miembros por Leanza y Zeiss (1990): el Miembro Inferior (~80 m de espesor) formado principalmente por pelitas negras, el Miembro Los Catutos (~70 m de espesor) constituido por calizas micríticas, y el Miembro Superior (~60 m de espesor) compuesto nuevamente por pelitas negras. El intervalo estudiado de la sección del arroyo Covunco abarca solamente los Miembros Inferior y Los Catutos, los que incluyen las zonas de amonites andinas de *Virgatos-*

phinctes andesensis (ex *mendozanus*, ver Vennari 2016) a *Windhauseniceras interispinosum* que indican una edad Tithoniano Temprano a Tardío temprano (Leanza y Zeiss 1992, Zeiss y Leanza 2008, 2010, Riccardi 2015). La sección fue estudiada desde un punto de vista sedimentológico y estratigráfico secuencial por Kietzmann *et al.* (2014) quienes interpretan al Miembro Inferior como un sistema de plataforma mixta y al Miembro Los Catutos como un sistema de rampa carbonática de baja energía.

METODOLOGÍA

La determinación sistemática de las calciesferas se realizó siguiendo los criterios propuestos por Řehánek y Cecca (1993) (ver sección Paleontología sistemática). Las muestras fueron tomadas cada 3 a 10 metros a lo largo de una columna estratigráfica de 150 m que incluye los Miembros Inferior y Los Catutos, obteniéndose 20 láminas delgadas fértiles. El Miembro Superior no fue estudiado ya que las muestras resultaron mayormente estériles en calciesferas. La observación se realizó mediante la utilización de un microscopio petrográfico Zeiss, modelo Axioplan 2.

Se estudiaron las modificaciones tafonómicas de las paredes y rellenos internos de los especímenes con el objetivo de establecer grados tafonómicos que caractericen su preservación y permitan reconocer mezclas temporales y sesgos preservacionales. La mezcla temporal se basa en el reconocimiento de preservaciones heterogéneas dentro de un mismo nivel estratigráfico (Fernández-López 1984, Fernández-López y Gómez 1990). Los posibles sesgos preservacionales fueron considerados teniendo en cuenta las características intrínsecas de las calciesferas, el ambiente sedimentario y los controles litológicos/diagenéticos.

Finalmente, se analizó la distribución de las calciesferas a lo largo de la sección estudiada, se comparó con las biozonas y bioeventos propuestos por Ivanova y Kietzmann (2017), y se correlacionó con las biozonas de amonites andinas (Kietzmann *et al.* 2014, Kohan Martínez *et al.* 2018).

Dado que las edades provista por las cal-

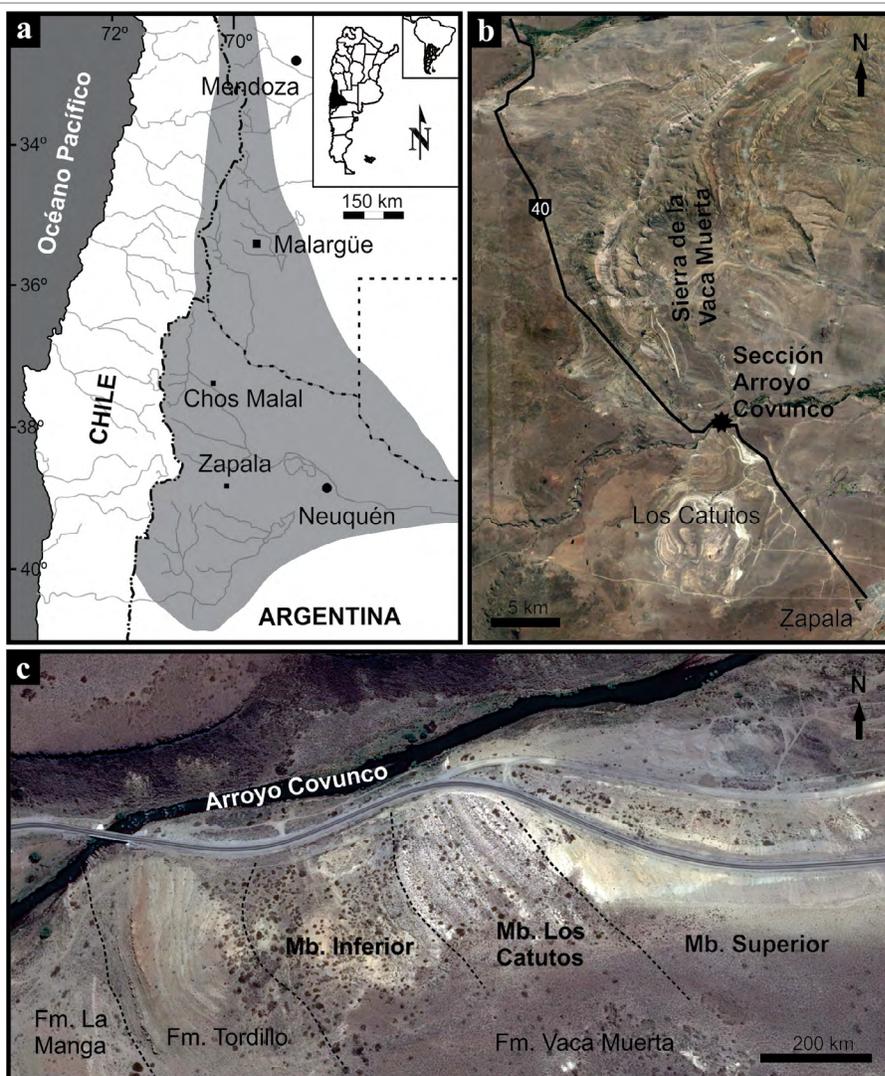


Figura 1. a) Mapa geográfico de la Cuenca Neuquina b) Localización de la sección estudiada ubicada 20 km al noroeste de la ciudad de Zapala; c) Vista general del afloramiento en la sección del arroyo Covunco.

ciesferas se refieren a las escalas del Tethys, en este trabajo se seguirá la división formal del Tithoniano (bipartita), sin embargo las zonas de amonites andinas han sido tradicionalmente asignadas a la división tripartita, de modo que es importante aclarar que el Tithoniano inferior y medio de la división informal es equivalente al Tithoniano Inferior de la división formal (e.g., Ogg y Hinnov 2012).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA (PARATAXONOMÍA)

El estudio de los quistes de dinoflagelados calcáreos fósiles se basa en una clasificación parataxonómica (Keupp 1991), ya

que la taxonomía de los dinoflagelados calcáreos actuales está basada en la tabulación de la teca de las fases vegetativas, que muchas veces no se manifiesta en la morfología de los quistes (paratabulación) o puede diferir notoriamente (Keupp 1991, Kohring *et al.* 2005). Asimismo, un individuo puede generar quistes con distintas morfologías a lo largo de su ciclo de vida (Zonneveld *et al.* 2005). La dificultad de la extracción de las calciesferas a partir de las calizas llevó al desarrollo de una clasificación basada en características ópticas y morfológicas en láminas delgadas que se sintetizan en Řehánek y Cecca (1993) e incluyen: 1) textura de la pared, 2) número de paredes, 3) espesor de las paredes, 4) relación entre el espesor de las paredes, 5) diámetro y morfología del quiste,

6) morfología de los márgenes internos y externos de las paredes (Fig. 2). Se reconocieron un total de 5 géneros y 8 especies (una de ellas con 2 subespecies) de calciesferas, asignadas a los grupos morfológicos Obliquipithonelloideae y Orthopithonelloideae (Řehánek y Cecca 1993).

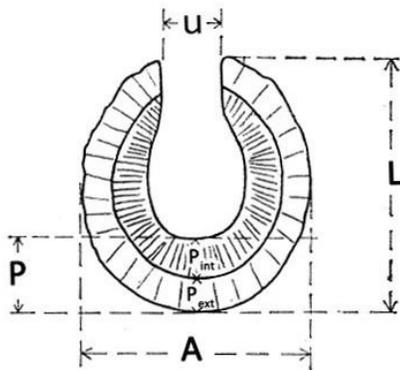


Figura 2. Caracteres reconocibles en lámina delgada. L = largo del quiste, A = diámetro del quiste, u = diámetro de la abertura, P = espesor de la pared, Pext = espesor de la pared externa, Pint = espesor de la pared interna. Modificado de Nowak (1976).

Grupo Morfológico Orthopithonelloideae (Keupp 1987) Weinkauff 2010

Género *Committosphaera* Řehánek 1985

Especie tipo: *Cadosina sublapidosa* Vogler 1941, por designación original.

Diagnosis (Řehánek 1985): Quiste calcáreo unilocular, con dos paredes no homogéneas, con o sin abertura. La pared interna es relativamente delgada y en algunos casos el grosor puede variar a lo largo de la periferia. Se compone de granos de calcita microgranular que pueden estar ordenados serialmente o mostrar una estructura caótica porcelanacea. En luz transmitida, la pared interna suele ser de color amarillento o castaño, y con luz polarizada, no existe cruz axial. La pared externa es de grosor invariable y de estructura lamelar radiada. En luz transmitida, es de colores claros o ligeramente castaño, con luz polarizada, no existe cruz axial, y en luz reflejada, es de aspecto vítreo.

Committosphaera sublapidosa (Vogler 1941) Řehánek 1985

Fig. 3a-b

Descripción: Quistes uniloculares esféricos

de 45 a 60 μm de diámetro, sin abertura y de doble pared. La pared externa es hialina, mide de 5 a 10 μm de espesor, y se compone de cristales de calcita blocosa. La pared interna es más delgada, mide de 1 a 2 μm de espesor, y está conformada por granos de calcita microgranular. La pared externa presenta alto relieve. En luz paralela la pared externa es de color claro, mientras que la interna es oscura.

Rango estratigráfico: Tithoniano-Berriasiano (Lakova *et al.* 1999). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *A. proximus* y *S. damesi* (Tithoniano Inferior alto - Berriasiano Superior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce a partir de las BioZonas de amonites de *A. proximus* (Tithoniano Inferior alto) hasta el techo del perfil.

Género *Colomisphaera* Nowak 1968 (en- mend. Řehánek 1985)

Especie tipo: *Cadosina lapidosa* Vogler 1941, por designación original.

Diagnosis (Nowak 1968 enmend. Řehánek 1985): Quistes calcáreos uniloculares, de pared simple y estructura homogénea, constituida por granos de calcita de estructura lamelar o fibroso-radiada. El quiste puede tener o no abertura y en casos excepcionales presenta superficie ornamentada. Es de color gris claro en luz paralela, a veces varicoloreada, con nicoles cruzados presenta extinción discordante de los elementos estructurales de la pared, sin cruz axial y es de color blanco-grisácea en luz reflejada.

Colomisphaera carpathica (Borza 1964) Nowak 1968

Fig. 3c-d

Descripción: Quistes uniloculares esféricos de 60 a 75 μm de diámetro. No se observa abertura. Presentan una sola pared de calcita hialina de 10 a 18 μm de espesor, formada por cristales de calcita fibrosa ordenados radialmente. Los márgenes externo e interno a veces son irregulares. La pared del quiste es de color claro en luz paralela; en luz polarizada los cristales de calcita muestran una extinción discordante.

Rango estratigráfico: Oxfordiano - Berriasiano Superior (Řehánek y Heliasz 1993, Grabowski *et al.* 2016). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Iva-

nova y Kietzmann (2017) entre las Zonas de *V. andesensis* y *S. damesi* (Tithoniano Inferior bajo - Berriasiano Superior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en las BioZonas de amonites de *V. andesensis* a *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior bajo y Superior bajo).

Colomisphaera tenuis (Nagy 1966) Nowak 1968

Fig. 3e-g

Descripción: Quistes uniloculares esféricos de 35 a 38 μm de diámetro, sin abertura observable y de pared simple y delgada. La pared mide de 2,5 a 3 μm de espesor, se compone de pequeños cristales de calcita y es de textura fibrosa radial. Los márgenes interno y externo son ligeramente irregulares. La pared es de color gris claro bajo luz paralela. Con nicoles cruzados los cristales de calcita muestran extinción discordante.

Rango estratigráfico: Tithoniano medio - Berriasiano inferior (Lakova *et al.* 1999). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las Zonas de *A. proximus* y *S. koeneni* (Tithoniano Inferior alto - Berriasiano Inferior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en las BioZonas de amonites de *P. zitteli* a *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior alto y Superior bajo).

Colomisphaera fortis Řehánek 1982

Fig. 3h-i.

Descripción: Quiste esférico a ligeramente oval de 68,4 a 85,5 μm de diámetro. La pared es simple, mide 6,8 a 10,2 μm de espesor, es algo porosa y está conformada por cristales de calcita hialina blocosa o fibrosa radial. La abertura mide hasta 30,8 μm .

Rango estratigráfico: Tithoniano superior - Berriasiano superior (Řehánek 1982, Grabowski *et al.* 2016). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *C. alternans* y *S. damesi* (Tithoniano Inferior alto - Berriasiano Superior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en la BioZona de amonites de *W. internispinosum* (Tithoniano Superior bajo).

Género *Parastomiosphaera* Nowak 1968

Especie tipo: *Stomiosphaera malmica* Borza 1964, por designación original.

Diagnosis (Nowak 1968): Quiste unilocular, con pared doble y abertura. La pared

interna es de color castaño oscuro y se compone de cristales de calcita acicular, orientados perpendicularmente a la pared externa. La pared interna es de color blanco en luz paralela. Con nicoles cruzados los granos de calcita presentan una extinción discordante. La pared externa es de grosor invariable. En luz paralela la pared externa es fibrosa radial de aspecto hialino, mientras que con nicoles cruzados exhibe cruz axial.

***Parastomiosphaera malmica* (Borza 1964) Nowak 1968**

Fig. 3j-l

Descripción: Quiste esférico unilocular de 50 a 62 μm de diámetro, doble pared y sin abertura observable. La pared externa es hialina, de 2 a 4 μm de espesor, de grosor invariable, y está compuesta por cristales de calcita fibrosa-radial. La pared interna mide de 3 a 6 μm de espesor, es de grosor variable y se conforma de cristales de calcita fibrosa-radial pobremente definidos. El límite entre las dos paredes es marcado y bien definido. En luz paralela, la pared externa es de aspecto hialino, y con nicoles cruzados no se observa cruz axial. La pared interna es de color castaño en luz paralela. Con nicoles cruzados los cristales de calcita no presentan extinción discordante.

Rango estratigráfico: Tithoniano inferior (Nagy 1966, Borza 1969, Pszczółkowski y Myczyński 2004). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *V. andesensis* y *A. proximus* (Tithoniano Inferior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en las BioZonas de amonites de *V. andesensis* a *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior bajo a Superior bajo).

**Grupo Morfológico
Obliquipithonelloideae (Keupp 1987) Weinkauff 2010**

Género *Cadosina* Wanner 1940

Especie tipo: *Cadosina fusca* Wanner 1940, por designación original.

Diagnóstico (Wanner 1940 Řehánek 1985): Quistes uniloculares esféricos, ovalados, con o sin abertura. El quiste se compone de una sola pared homogénea, formada por calcita microgranular de color castaño y textura porcelanácea. El grosor de la pared puede ser constante o variable a lo

largo de su circunferencia. En luz paralela la pared es de color castaño. Con nicoles cruzados es oscura y sin extinción axial. Con luz reflejada la pared es de color blanco.

***Cadosina fusca* Wanner 1940**

***Cadosina fusca fusca* Wanner 1940**

Fig. 3m-n.

Descripción: Quistes uniloculares esféricos o ligeramente ovales, de 44 a 60 μm de diámetro y sin abertura observable. La pared es simple y mide de 5 a 9 μm de espesor, el cual disminuye uniformemente hacia la abertura. La pared es microgranular. El margen interno está bien definido y es regular mientras que el margen externo es de aspecto irregular. La pared es de color castaño en luz transmitida.

Rango estratigráfico: Oxfordiano/Kimmeridgiano - Albiano inferior (Borza y Michalik 1986, Řehánek y Heliasz 1993). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *V. andesensis* y *S. koeneni* (Tithoniano Inferior bajo a Berriasiano Inferior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en las BioZonas de amonites de *V. andesensis* a *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior bajo a Superior bajo).

***Cadosina fusca cieszynica* Nowak 1968**

Fig. 3ñ-o.

Descripción: Quiste unilocular esférico a oval, de 45 a 75 μm de diámetro, sin abertura observable. La pared es simple, de calcita microgranular que varía uniformemente de 1 a 23 μm de espesor y de color castaño en luz transmitida.

Rango estratigráfico: Tithoniano - Aptiano (Reháková 2000b, Skupien *et al.* 2016). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *W. internispinosum* y *L. riveroi* (Tithoniano Superior bajo a Valanginiano Inferior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce en la BioZona de amonites de *W. internispinosum* (Tithoniano Superior bajo).

***Cadosina parvula* Nagy 1966**

Fig. 3p-q

Descripción: Quistes uniloculares, esféricos a ovales de 30 a 42 μm de diámetro, una sola pared y sin abertura observable.

La pared es de calcita microgranular y mide de 4 a 6 μm de espesor. Los márgenes interno y externo son irregulares.

Rango estratigráfico: Oxfordiano superior - Berriasiano inferior (Řehánek y Heliasz 1993, Lakova *et al.* 1999). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *V. andesensis* y *P. zitteli* (Tithoniano Inferior). En la sección del arroyo Covunco se reconoce entre las BioZonas de amonites de *V. andesensis* y *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior bajo y Superior bajo).

Género *Crustocadosina* Řehánek 1985

Especie tipo: *Cadosina semiradiata* Wanner 1940, por designación original.

Diagnóstico (Řehánek 1985): Quistes uniloculares esféricos, ovales, con o sin abertura y de pared doble. La pared interna se compone de cristales de calcita microcristalina de textura porcelanácea y grosor variable a lo largo de su circunferencia. La pared externa es usualmente más clara, delgada y de grosor constante a lo largo de su circunferencia. Se compone de cristales de calcita lamelar y de disposición radial o desordenada. La pared interna es de color castaño claro en luz paralela, con nicoles cruzados, oscura y sin extinción axial. La pared externa es de color claro o castaño en luz paralela, con nicoles cruzados, los granos de calcita se extinguen disarmonicamente, sin cruz axial.

***Crustocadosina semiradiata* (Wanner 1940) Řehánek 1985**

Fig. 3r-s

Descripción: Quiste unilocular de 40 a 70 μm de diámetro, de margen esférico a oval y sin abertura observable. La pared es doble, y el grosor de éstas disminuye uniformemente hacia la abertura, la cual mide hasta 1/3 del diámetro del quiste. La pared interna es microgranular y mide de 5 a 12 μm de espesor. La pared externa mide aproximadamente 6 μm de espesor, es fibrosa radial y más delgada o del mismo ancho que la pared interna.

Rango estratigráfico: Oxfordiano superior - Albiano superior (Řehánek 1985, Řehánek y Heliasz 1993). En la Cuenca Neuquina esta especie fue reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) entre las BioZonas de *A. proximus* y *N. wichman-*

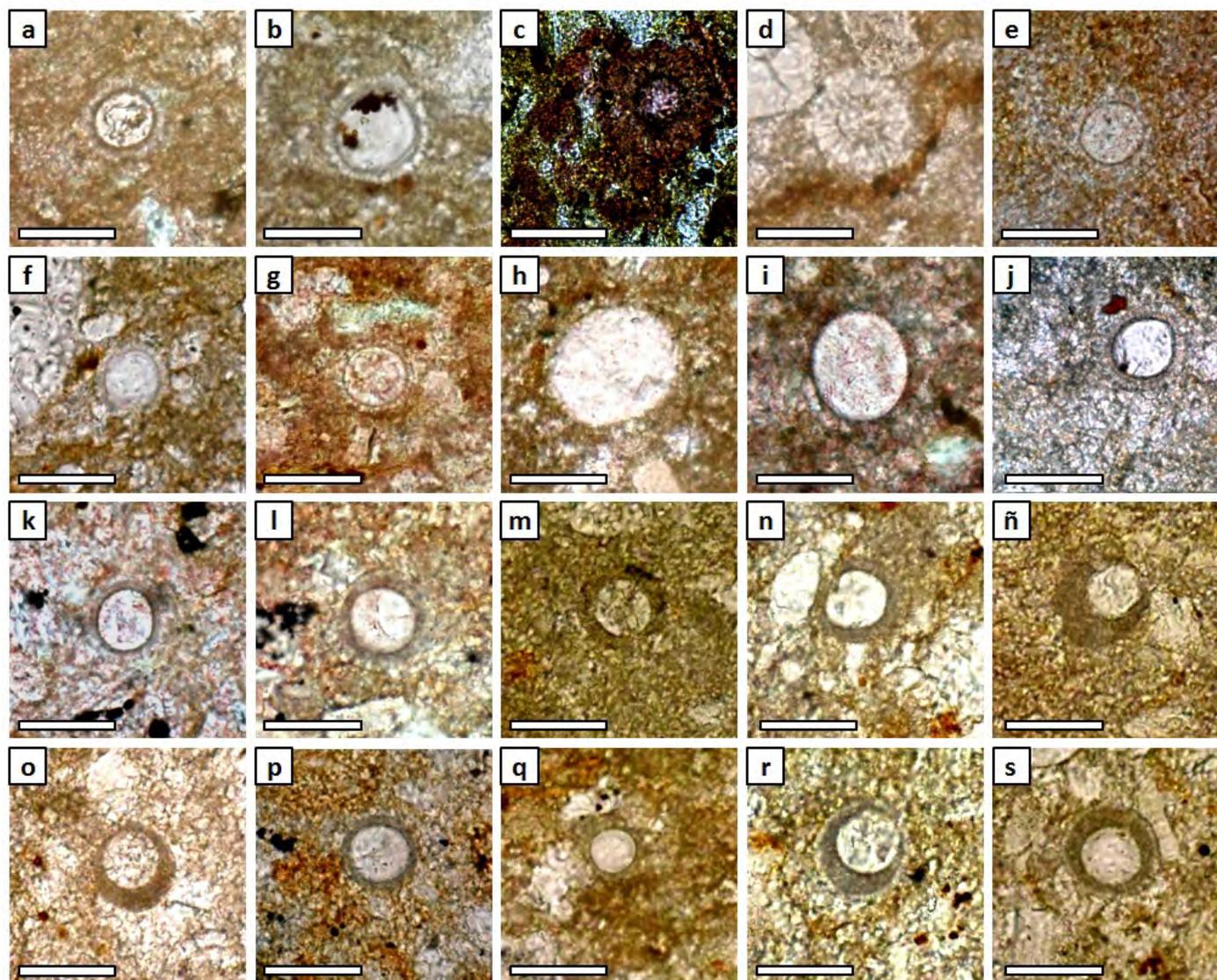


Figura 3. Especies reconocidas en la sección Arroyo Covunco. a-b) *Committosphaera sublapidosa* (muestras AC19c y AC23s); c-d) *Colomisphaera carpathica* (muestras AC1c y AC19c); e-g) *Colomisphaera tenuis* (muestras AC13s, AC23s y AC24s); h-i) *Colomisphaera fortis* (muestras AC19c y AC24s); j-l) *Parastomosphaera malmica* (muestras AC18s, AC20s y AC28s); m-n) *Cadosina fusca fusca* (muestras AC22s y AC26s); ñ-o) *Cadosina fusca cieszynica* (muestras AC22s y AC26s); p-q) *Cadosina parvula* (muestras AC13s y AC23s); r-s) *Crustocadosina semiradiata* (muestra AC26s). Escala=50 μ m.

ni (Tithoniano Inferior alto a Valanginiano Inferior bajo). En la sección del arroyo Covunco se reconoce entre las BioZonas de amonites de *V. andesensis* y *W. internispinosum* (Tithoniano Inferior bajo y Superior bajo).

TAFONOMÍA

El objetivo de este análisis es evaluar de forma cualitativa en qué medida los procesos tafonómicos afectaron la preservación de las muestras estudiadas, con el fin de determinar la confiabilidad de los bioeventos y biozonas reconocidas. La reelabora-

ción tafonómica puede provocar la mezcla temporal del registro fósil. Este fenómeno ocurre generalmente cuando los restos previamente enterrados son exhumados y transportados hasta ser incorporados dentro de sedimentos más modernos (Fernández-López 1984, Fernández-López y Gómez 1990). Por otro lado, analizar el grado de modificación tafonómica sufrido por las asociaciones es también importante, ya que los procesos diagenéticos pueden conducir a la pérdida de información taxonómica.

Para los 215 especímenes analizados se evaluaron los siguientes procesos diagenéticos: cementación, compactación, diso-

lución y recristalización. Las calciesferas presentan relleno esparítico y paredes de composición calcítica, y no se observan efectos significativos de la compactación. El grado de disolución y recristalización varía a lo largo de la columna sedimentaria, siendo despreciable su variación dentro de cada muestra. Sobre la base de estos dos últimos procesos se definieron 5 grados de preservación tafonómica (Fig. 4).

Grado tafonómico 1: presenta paredes sin modificación tafonómica; la estructura interna es bien definida y los límites entre las paredes y la matriz son fácilmente reconocibles (Fig. 5a).

Grado tafonómico 2: ocurre la coalescen-

cia de los cristales debido al neomorfismo y la consecuente obliteración de la estructura interna. Esto se manifiesta a partir de cambios en el color de la pared y la adquisición de texturas difusas (Fig. 5b-d), sin embargo, en general se pueden reconocer los rasgos diagnósticos de las calciesferas cuando sus efectos son incipientes, como por ejemplo la estructura de la pared.

Grado tafonómico 3: las paredes adquieren un aspecto translúcido, ya que la textura de éstas comienza a asemejarse a la de la matriz circundante. En los grados más avanzados, la textura de la pared se vuelve indiferenciable de la matriz (Fig. 5e-i), sin embargo, aún se preserva el contraste estructural entre la pared y la matriz.

Grado tafonómico 4: en este grado se pierde el contraste estructural entre la pared y la matriz, las que se mezclan completamente entre sí (Fig. 5j-l).

Grado tafonómico 5: se produce la recristalización total de la pared y del relleno calcítico interior (Fig. 5 m-o).

Generalmente, a partir del grado 3 se dificulta el reconocimiento de los rasgos diagnósticos. Estos cambios en la pared de las calciesferas están acompañados por la modificación diagenética de la matriz. Por lo tanto, se interpreta que es un proceso generalizado de la roca que no afecta selectivamente a los quistes.

De los 215 especímenes estudiados, 118

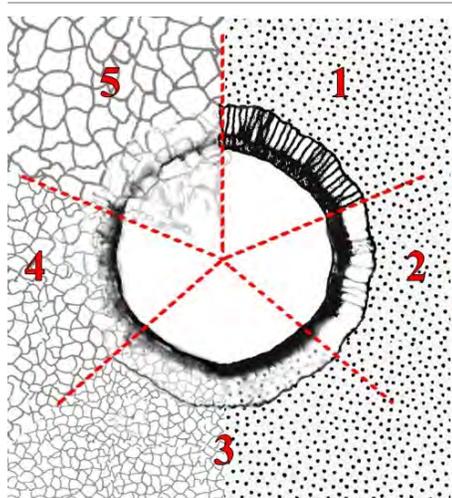


Figura 4. Esquemática de las 5 categorías o grados de preservación reconocidas a partir del material estudiado en la sección del arroyo Covunco, desde la categoría 1 donde se observan dos paredes bien definidas y la matriz englobante hasta la categoría 5 donde las calciesferas y la matriz están completamente recristalizadas. Modificado de Řehánek y Heliasz (1993)

fueron determinados a nivel de especie, y la mayoría pertenece a las categorías 1-2, resultando útiles para estudios bioestratigráficos, seguidos por aquellos de la categoría 3. Las calciesferas de las categorías 4-5 en general no pudieron ser determinadas.

Se observó que existe variación estratigráfica en la preservación. Las preservaciones más pobres se encuentran en la base del Miembro Inferior (Biozona de *Virgatosphinctes andesensis*) (Fig. 6), donde gran parte de las calciesferas no pudieron ser determinadas. Este tramo presenta los grados más altos de neomorfismo, siendo las categorías de preservación 4 y 5 las más comunes. Los tramos estratigráficos comprendidos por las Biozonas de *Pseudolissoceras zitteli*, *Aulacosphinctes proximus*, y la parte superior de la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum*, se caracterizan por tener asociaciones de calciesferas bien preservadas (Fig. 6), correspondientes a los grados 1-3 de preservación, lo cual permitió su determinación. El tramo estratigráfico comprendido por la base de la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum* es el que presenta las asociaciones mejor preservadas, con grado 1 de preservación, por lo que casi la totalidad de las calciesferas fueron determinadas (Fig. 6).

En el arroyo Covunco, las mejores preservaciones se encuentran en el intervalo dominado por facies carbonáticas, mientras que las peores preservaciones coinciden con los intervalos dominados por facies silicoclásticas y altos contenidos de materia orgánica (Kietzmann *et al.* 2014) (Fig. 6). Las litofacies clásticas probablemente tuvieron una mayor circulación de fluidos porales subsaturados en carbonato de calcio durante la diagénesis, pero además el alto contenido de materia orgánica debió haber promovido la generación de fluidos ácidos durante su transformación (Curtis 1980, Flügel 2004), por lo que se interpreta que la preservación de las asociaciones refleja un control litofacial antes que un control predeposicional.

Por otro lado, ninguno de los niveles analizados presenta mezcla significativa de categorías tafonómicas, ni rellenos diferentes del quiste. Esta uniformidad en la preservación de cada asociación permitió descartar posibles mezclas temporales.

BIOESTRATIGRAFÍA

Los esquemas de biozonaciones de calciesferas más utilizados actualmente para el Jurásico Tardío - Cretácico Temprano son los propuestos por Lakova *et al.* (1999) y Řeháková (2000a, b), no habiendo un consenso para una biozonación estándar. Estos esquemas están basados principalmente en biozonas de intervalo y corresponden a los Balcanes y Cárpatos, respectivamente (Fig. 7). En la Cuenca Neuquina, un esquema bioestratigráfico preliminar fue propuesto por Ivanova y Kietzmann (2017), quienes reconocieron tres bioeventos de significancia global para el Tithoniano: primera aparición (PA) de *Parastomiosphaera malmica*, PA de *Colomisphaera tenuis* y la PA de *Colomisphaera fortis* (Fig. 7). La distribución estratigráfica de las 8 especies reconocidas se presenta en la figura 8. Solo tres de estas especies poseen valor estratigráfico para el intervalo temporal estudiado: *Parastomiosphaera malmica*, *Colomisphaera tenuis* y *Colomisphaera fortis* (e.g., Nowak 1968, Borza 1969, Řehánek 1992, Ivanova 1994, Benzaggagh y Atrops 1996, Lakova *et al.* 1999, Řeháková 2000a, b). Las PA de estas tres especies representan tres bioeventos de importancia global, los cuales son consistentes con los reconocidos en el sur de Mendoza (Ivanova y Kietzmann 2017), y permiten determinar las siguientes biozonas (Fig. 8):

Biozona de *Carpistomiosphaera tithonica?* (Lakova *et al.* 1999)

Se define como el intervalo comprendido entre la primera aparición de *Carpistomiosphaera tithonica* y la primera aparición de *Parastomiosphaera malmica*. Contiene la presencia de *Cadosina parvula*, *Cadosina fusca fusca*, *Colomisphaera carpathica* y *Crustocadosina semiradiata*. En la sección del arroyo Covunco no se encontró ninguna de las especies marcadoras, sin embargo, esta biozona ha sido reconocida en el sur de Mendoza para la parte inferior de la Biozona de *Virgatosphinctes andesensis* (Ivanova y Kietzmann 2017). Es por ello que en este trabajo la Biozona de *C. tithonica* se asigna con dudas.

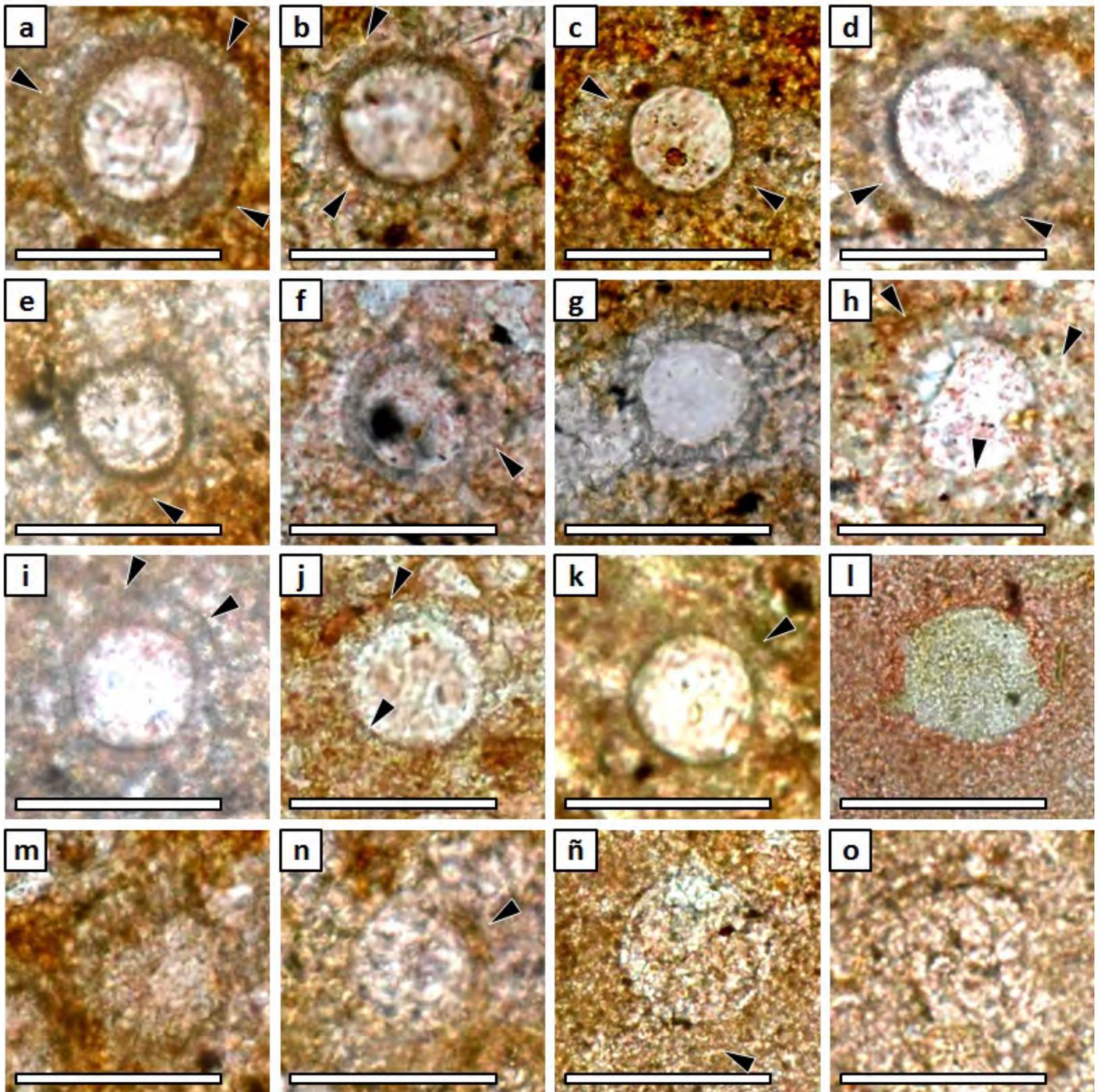


Figura 5. Calciesferas con diferentes grados de preservación. a) *Crustocadosina semiradiata* (muestra AC13s) con pared en diferentes fases de preservación. La flecha superior señala un área de pared sin modificación tafonómica (grado 1). La flecha izquierda muestra un sector de pared de textura difusa, debido al neomorfismo incipiente sufrido por ésta (grado 2). La flecha derecha indica un área de la pared externa con modificación avanzada (grado 3), nótese la adquisición de una textura semejante a la matriz; b) *Cadosina fusca fusca* (muestra AC8s) con pared preservada en grado 2 (flechas), con un cambio de color castaño a gris; c) *Cadosina parvula* (muestra AC13s) con neomorfismo incipiente y pared preservada en grado 2 (flechas), nótese el cambio a color gris claro; d) *Committosphaera sublapidosa* (muestra AC20s) con paredes preservadas en grado 2 (flecha izquierda) y grado 3 (flecha derecha); e) *Cadosina parvula?* (muestra AC6c) con pared preservada en grado 3 (flecha); f) *Colomisphaera tenuis* (muestra AC8s) con paredes con modificación generalizada en grados 2 y 3 (flecha); g) Calciesfera indeterminada (muestra AC8s) con alteración generalizada de grado 3; h) Calciesfera indeterminada de doble pared (muestra AC20s). Paredes preservadas en grado 2 (flecha inferior), pared externa preservada en grado 3 (flecha superior izquierda) y grado 4 (flecha superior derecha); i) Calciesfera indeterminada (muestra AC18s) con modificación generalizada en grado 3 (e.g. flecha derecha) y grado 4 incipiente (flecha izquierda); j-l) Calciesferas indeterminadas (j muestra AC24s, k muestra AC20s, l muestra AC3c) con preservación grado 4, y preservaciones remanentes en grado 3 (flechas); m-o) Calciesferas indeterminadas (m muestra AC13s, n muestra AC2s, ñ y o muestra AC3s), preservadas en grados 4 y 5, y preservaciones en grado 3 remanentes (flechas). Escala=50 μm .

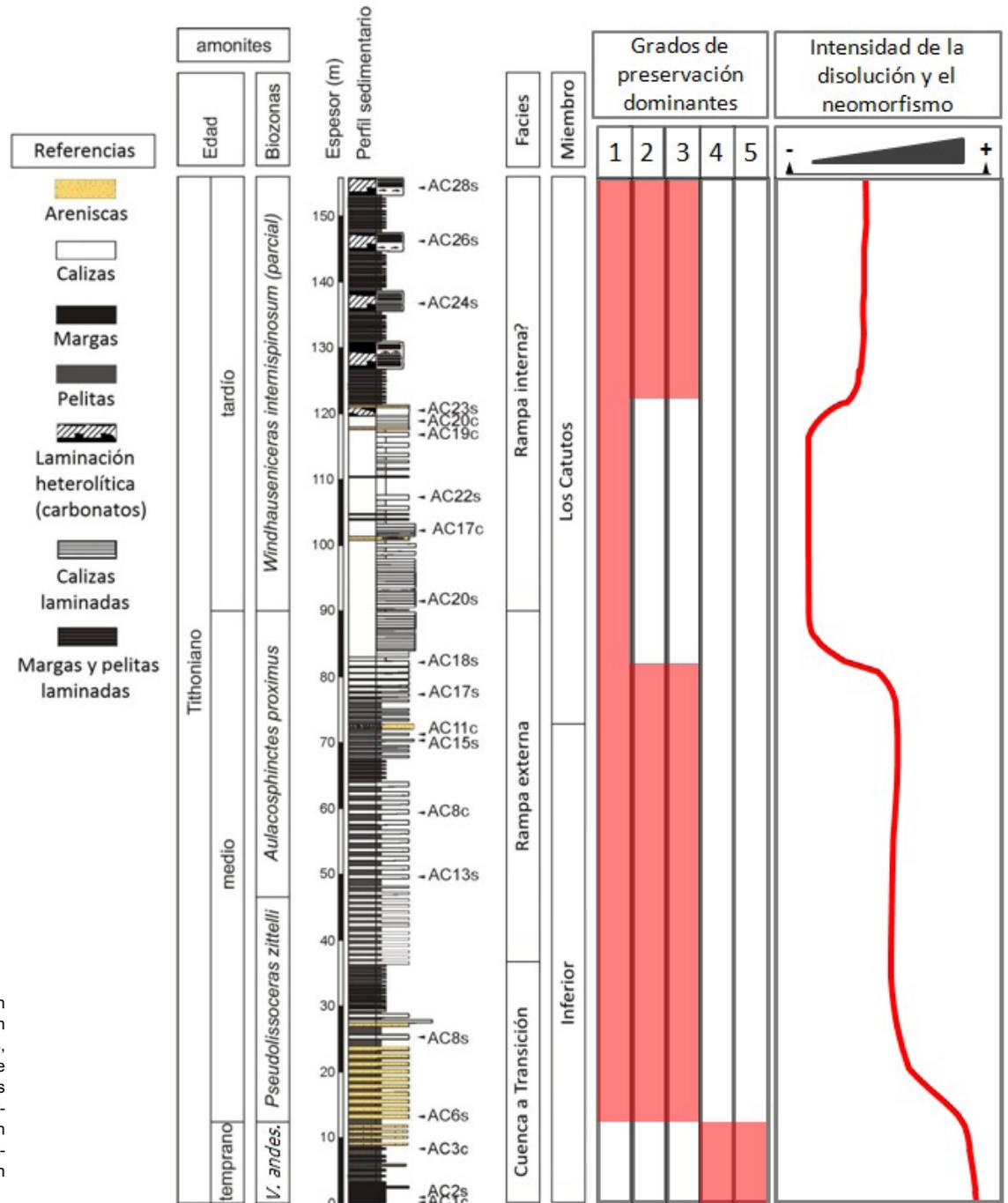


Figura 6. Esquema de variación estratigráfica en la preservación de las calciesferas estudiadas, mostrando la interpretación de facies y biozonas de amonites (Kietzmann *et al.* 2014). La curva roja representa la proporción aproximada de calciesferas determinadas al nivel específico en cada tramo.

Biozona de *Parastomiosphaera malmica* (Nowak 1968)

Se define como el intervalo comprendido entre la primera aparición de *Parastomiosphaera malmica* y la primera aparición de *Colomisphaera tenuis*. Contiene además la presencia de *Cadosina parvula* y *Crustocadosina semiradiata*. Sería de esperarse que también aparezcan *Cadosina fusca fusca* y *Colomisphaera carpathica*, ya que se reconoce a estas especies en

las biozonas infra y suprayacentes. En la sección del arroyo Covunco coincide con la parte baja de la Biozona de *Pseudolisoceras zittelli*.

Biozona de *Colomisphaera tenuis* (Řehánek 1992)

Se define como el intervalo comprendido entre la primera aparición de *Colomisphaera tenuis* y la primera aparición de *Colomisphaera fortis*. Contiene también

las primeras ocurrencias de *Cadosina fusca cieszynica* y *Committosphaera sublapidosa*, así como también la presencia de *Parastomiosphaera malmica*, *Colomisphaera carpathica*, *Crustocadosina semiradiata* y *Cadosina parvula*. En la sección del arroyo Covunco, coincide con la parte superior de la Biozona de *Pseudolisoceras zittelli* hasta la parte inferior de la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum*.

Figura 7. Biozonas de calciesferas para el intervalo Tithoniano y comparación con zonas estándar de amonites en el área de los Balcanes (Lakova *et al.* 1999) y de los Cárpatos (Rehakova 2000a, b), así como en la Cuenca Neuquina (Ivanova y Kietzmann 2017).

Edad		Tethys			Edad		Cuenca Neuquina		
		Balcanes	Cárpatos				Mendoza	Este trabajo	
Tithoniano	Tardío	calciesferas	amonites	calciesferas	amonites	calciesferas			
		Proxima	Jacobi	Proxima	<i>S. koeneni</i>	Proxima	?		
		Fortis	"Durangites"	Fortis	<i>C. alternans</i>	Fortis	Fortis		
			Microcanthum	Tenuis	<i>W. internisp.</i>				
	Temprano	Tenuis	Ponti	Semiradiata	<i>A. proximus</i>	Tenuis	Tenuis		
			Fallauxi	Malmica	<i>P. zitteli</i>	Malmica	Malmica		
		Malmica	Semiforme	Tithonica	<i>V. andesensis</i>	Tithonica	Tithonica		
		Tithonica	Darwini	Pulla					
		Hybonotum							

Biozona de *Colomisphaera fortis* (Řehánek 1992)

Se define como el intervalo comprendido entre la primera aparición de *Colomisphaera fortis* y la primera aparición de *Stomiosphaerina proxima*. Contiene la presencia de *Parastomiosphaera malmica*, *Cadosina parvula*, *Colomisphaera tenuis*, *Crustocadosina semiradiata*, *Cadosina fusca cieszynica*, *Cadosina fusca fusca* y *Committosphaera sublapidosa*. Su límite superior no ha podido ser establecido en esta sección ya que no se registró la presencia de *Stomiosphaerina proxima*. Con los datos disponibles hasta el momento, en la sección del arroyo Covunco correlaciona con la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum*.

Correlación estratigráfica

La mayor frecuencia de muestreo en el arroyo Covunco respecto al estudio realizado por Ivanova y Kietzmann (2017) permitió ajustar la posición estratigráfica de dos de los bioeventos reconocidos en la Cuenca Neuquina (PA de *Colomisphaera tenuis* y PA de *Colomisphaera fortis*) correspondientes al intervalo Tithoniano Inferior alto y Superior bajo. Mientras que para el Tithoniano Inferior los datos obtenidos no modifican la distribución propuesta por dichos autores.

El primer registro de *Parastomiosphaera malmica* en el arroyo Covunco se localiza en la base de la Biozona de *Pseudolissoceras zitteli*, en una posición estratigráfica superior a la reconocida por Ivanova y Kietzmann (2017) (Fig. 7), posiblemente debido a la pobre preservación de las calciesferas en la parte basal de esta sección. Sobre la base de los datos bioestratigráfi-

cos aportados por Ivanova y Kietzmann (2017) y los datos magnetoestratigráficos de Iglesia Llanos *et al.* (2017) y Kohan Martínez *et al.* (2018), la correlación más probable para la base de la unidad sería con la parte más alta de la Biozona Estándar de amonites de Hybonotum hasta la Biozona Estándar de amonites de Semiforme.

En el arroyo Covunco, la PA de *Colomisphaera tenuis* se registra en la parte media de la Biozona de *Pseudolissoceras zitteli* y la PA de *Colomisphaera fortis* se encuentra dentro de la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum*, registrándose ambas en una posición estratigráfica inferior a la reportada por Ivanova y Kietzmann (2017) (Fig. 7).

El límite superior de la Biozona de *Colomisphaera fortis* no ha podido ser establecido en la sección estudiada, ya que posiblemente se encuentra en una posición estratigráfica superior, fuera del intervalo estudiado. Dicho límite tampoco pudo ser ubicado con precisión por Ivanova y Kietzmann (2017), aunque los estudios de subsuelo ubican la PA de *Stomiosphaerina proxima* en la parte superior de la Biozona de *Corongoceras alternans* (Kietzmann 2013, González Tomassini *et al.* 2015). En el Tethys la Biozona de *Colomisphaera tenuis* se asigna al Tithoniano Inferior alto mientras que la Biozona de *Colomisphaera fortis* se asigna al Tithoniano Superior (Řeháková 2000a, b, Lakova *et al.* 1999) (Fig. 7), siendo consistente con las edades asignadas a los amonites andinos y con los estudios magnetoestratigráficos dados a conocer recientemente por Kohan Martínez *et al.* (2018) en la sección de la cantera El Ministerio (3 km al sur del arroyo Covunco).

CONCLUSIONES

El análisis de 215 especímenes de calciesferas en la sección del arroyo Covunco permitió establecer cinco categorías tafonómicas para caracterizar su preservación, que se relacionan con el grado de disolución y neomorfismo alcanzados durante la diagénesis. En este esquema, la primera categoría corresponde a especímenes sin modificación tafonómica apreciable, mientras que la categoría 5 corresponde a especímenes con su estructura primaria totalmente obliterada.

La distribución estratigráfica de las ocho especies de calciesferas identificadas permitió reconocer tres bioeventos de importancia global y definir las biozonas de *Carpistomiosphaera tithonica?*, *Parastomiosphaera malmica*, *Colomisphaera tenuis* y *Colomisphaera fortis*. Se demostró la presencia de *Colomisphaera tenuis* en la parte media de la Biozona de *Pseudolissoceras zitteli*, y *Colomisphaera fortis* en la base de la Biozona de *Windhausenicerias internispinosum*, lo cual permitió ajustar la posición estratigráfica de los bioeventos y biozonas propuestos anteriormente en la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado a partir de proyectos de la Universidad de Buenos Aires (UBACyT20020150200218BA) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2016-3762) y el Consorcio de la Formación Vaca Muerta de la Universidad de Buenos Aires (Shell, Chevron y Total). Se agradece especialmente al Lonco Patricio Zapata y a la Comunidad

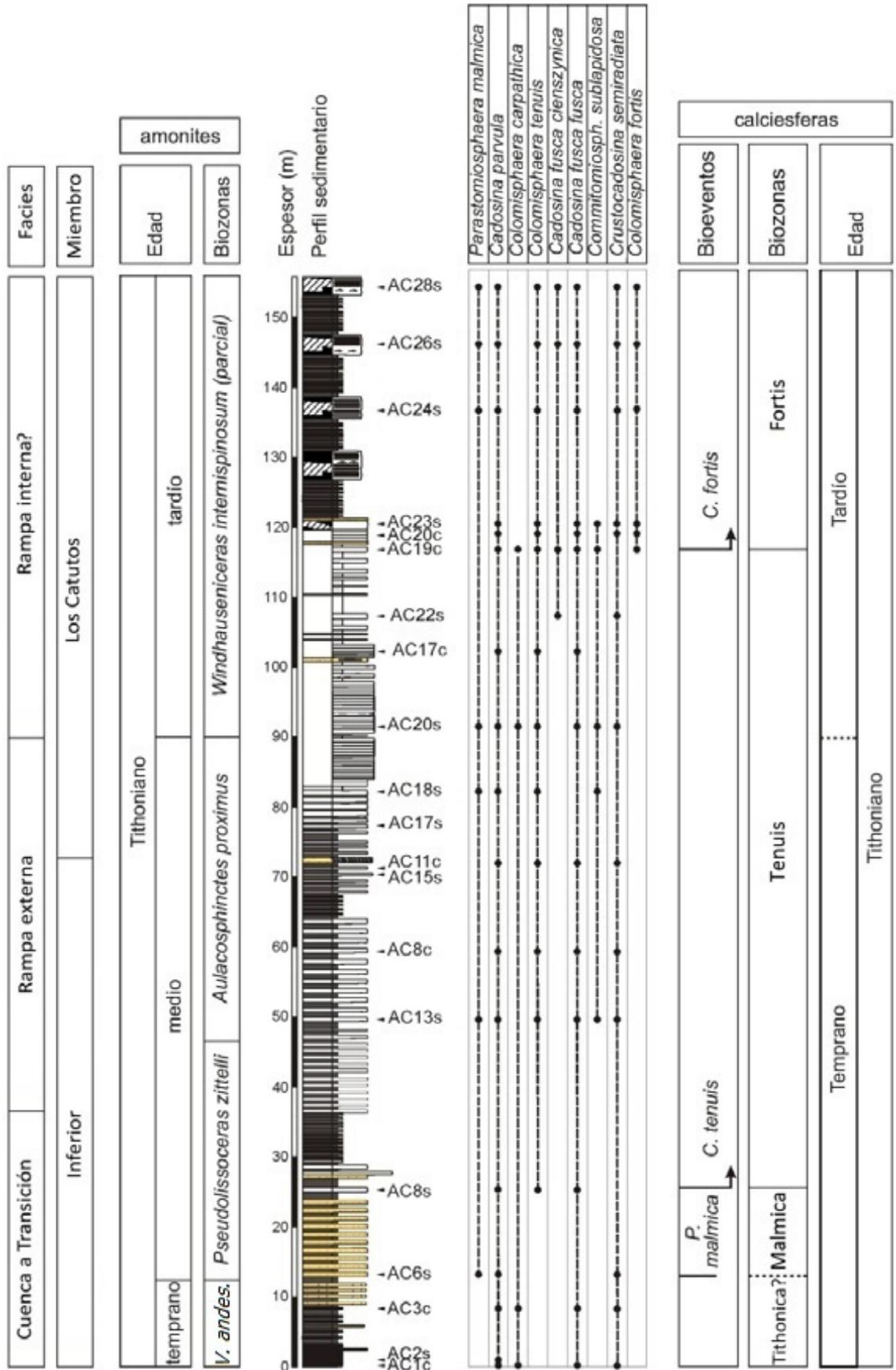


Figura 8. Distribución estratigráfica, bioeventos y biozonas de calciesferas en la sección arroyo Covunco. A la izquierda se muestra el perfil sedimentario con la ubicación de las biozonas de amonites de acuerdo a Kietzmann et al. (2014). La biozona de Tithonica se asigna con dudas, teniendo en cuenta la presencia de esta zona en el sector surmendocino (Ivanova y Kietzmann 2017)

Millaqueo por permitirnos trabajar dentro de sus territorios. Esta es la contribución R-268 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

REFERENCIAS

- Benzaggagh, M. y Atrops, F. 1996. Répartition stratigraphique des principales espèces de «micro problématiques» dans le Malm supérieur-Berriasien du Pré rif interne et du Mésorif (Maroc). Biozonation et corrélation avec les zones d'ammonites et de calpionelles. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris 322: 661-668.
- Borza, K. 1964. Die Gattung *Stomiosphaera* Wanner, 1940 in den Westkarpaten. Geologisch-geographischer Sbornik 15: 189-195.
- Borza, K. 1969. Die Mikrofazies und Mikrofossilien des Oberjuras und der Unterkreide der Klippenzone der Westkarpaten. Vydav. Akadémia Vied, 1-301, Bratislava.
- Borza, K. y Michalik, J. 1986. Problems with delimitation of the Jurassic/Cretaceous boundary in the Western Carpathians. Acta Geologica Hungarica 29: 133-149.
- Cecca, F. 1999. Palaeobiogeography of Tethyan ammonites during the Tithonian (latest Jurassic). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 147: 1-37.
- Curtis, C.D. 1980. Diagenetic alteration in black shales. Journal of the Geological Society 137: 189-194.
- Fernández-López, S.R. 1984. Criterios elementales de reelaboración tafonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. Acta Geológica Hispánica 19: 105-116.
- Fernández-López, S. y Gómez, J.J. 1990. Utilidad sedimentológica y estratigráfica de los fósiles reelaborados. En: Fernández-López, S. (Coord.), Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fossilización. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 125-144, Madrid.
- Fernández Carmona, J. y Riccardi, A.C. 1998. Primer hallazgo de *Chitinoidea* Doben en el Tithoniano de la Argentina. 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 292, Buenos Aires.
- Fernández Carmona, J. y Riccardi, A.C. 1999. Primer reporte de calpionélidos calcáreos del Cretácico inferior-Berriasiano de la Provincia del Tetis en la República Argentina: Conexión Tetis-Pacífico. Boletim do Simposio sobre o Cretáceo do Brasil 465-466, São Paulo.
- Fernández Carmona, J., Álvarez, P. y Aguirre-Urreta, M.B. 1996. Calpionélidos calcáreos y grupos *incertae sedis* en la Formación Vaca Muerta (Tithoniano superior), alta cordillera mendocina, Argentina. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 225, Mendoza.
- Flügel, E. 2004. Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application. Springer, 976 p., Berlin-Heidelberg.
- González Tomassini, F., Kietzmann, D.A., Fantín, M.A., Crousse, L.C. y Reijenstein, H.M. 2015. Estratigrafía y análisis de facies de la Formación Vaca Muerta en el área de El Trapiá. Petrotecnia 2015/2: 78-89.
- Gottschling, M., Renner, S.S., Sebastian Meier, K.J., Willems, H. y Keupp, H. 2008. Timing deep divergence events in calcareous dinoflagellates. Journal of Phycology 44: 429-438.
- Grabowski, J., Lakova, I., Petrova, S., Stoykova, K., Ivanova, D., Wójcik-Tabol, P., Sobiech, K. y Schnabl, P. 2016. Paleomagnetism and integrated stratigraphy of the Upper Berriasian hemipelagic succession in the Barlya section Western Balkan, Bulgaria: Implications for lithogenic input and paleoredox variations. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 461: 156-177.
- Houghton S.D. 1991. Calcareous Nannofossils. En: Riding R. (ed.), Calcareous Algae and Stromatolites, 205-217, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Iglesia Llanos, M.P.I., Kietzmann, D.A., Kohan-Martínez, M. y Palma, R.M. 2017. Magnetostratigraphy of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous from Argentina: Implications for the JK boundary in the Neuquén Basin. Cretaceous Research 70: 189-208.
- Ivanova, D. 1994. Cadosinidae Wanner, 1940 and Stomiosphaeridae Wanner, 1940 (*incertae sedis*) from the Upper Jurassic of the Central Forebalkan, Bulgaria. Geologica Balcanica 24: 85-102.
- Ivanova, D. 1997. Upper Jurassic biozonation on cadosinids, stomiosphaerids and calpionellids of the Central Forebalkan, Bulgaria. Geologica Balcanica 27: 33-47.
- Ivanova, D.K. y Kietzmann, D.A. 2016. Calcareous dinoflagellate cysts from the Tithonian-Valanginian Vaca Muerta Formation in the southern Mendoza area of the Neuquén Basin, Argentina. VI Simposio Argentino del Jurásico, Actas: 15, Malargüe.
- Ivanova, D.K. y Kietzmann, D.A. 2017. Calcareous dinoflagellate cysts from the Tithonian-Valanginian Vaca Muerta Formation in the southern Mendoza area of the Neuquén Basin, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 77: 150-169.
- Keupp, H. 1987. Die kalkigen Dinoflagellaten Zysten des Mittelalt bis Untercenoman von Escalles/Boulonnais (N-Frankreich). Facies 16: 37-88.
- Keupp, H. 1991. Fossil calcareous dinoflagellate cysts. En: Riding, R. (ed.) Calcareous Algae and Stromatolites, Springer: 267-286, Berlín.
- Kietzmann, D.A. 2013. Estudio bioestratigráfico integrado basado en calciesferas y calpionélidos, Formación Vaca Muerta, Pozos ETxp-2001, 2002, 2003 y 2006. Informe inédito.
- Kietzmann, D.A., Blau, J., Riccardi, A.C., y Palma, R.M. 2011. An interesting finding of chitinoideids (Calpionellidea Bonet) in the Jurassic-Cretaceous boundary of the Neuquén Basin. Geobios 35: 51-71.
- Kietzmann, D.A., Ambrosio, A.L., Suriano, J., Alonso, S., Vennari, V.V., Aguirre-Urreta, M.B., Depine, G. y Repol, D. 2014. Variaciones de facies de las secuencias basales de la Formación Vaca Muerta en su localidad tipo (Sierra de la Vaca Muerta), Cuenca Neuquina. 9º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas 10: 299-317, Mendoza.
- Kietzmann, D.A., Iglesia Llanos, M.P., Ivanova, D.K., Kohan Martínez M. y Ruffo Rey L.J. 2017. Multidisciplinary chronostratigraphic calibration of the Jurassic-Cretaceous transition in the Neuquén Basin. 20º Congreso Geológico Argentino, Actas S5: 72-76.
- Kohan Martínez, M., Kietzmann, D.A., Iglesia Llanos, M.P., Leanza, H.A. y Luppó, T. 2018. Magnetostratigraphy and cyclostratigraphy of the Tithonian interval from the Vaca Muerta Formation, Southern Neuquén Basin, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 85: 209-228.
- Kohring, R., Gottschling, M. y Keupp, H. 2005. Examples for character traits and palaeoecological significance of calcareous dinoflagellates. Paläontologische Zeitschrift 79: 79-91.
- Lakova, I., Stoykova, K. y Ivanova, D. 1999. Calpionellid, nannofossil and calcareous dinocyst bioevents and integrated biochronology of the Tithonian to Valanginian in the Western Balkanides, Bulgaria. Geologica Carpathica 50: 151-158.
- Leanza, H.A. 1980. The Lower and Middle Ti-

- thonian Ammonite Fauna from Cerro Lotena, Province of Neuquén, Argentina. *Zitteliana* 5: 3-49.
- Leanza, H.A. 1981. Faunas de amonites del Jurásico superior y del Cretácico inferior de América del Sur, con especial consideración de la Argentina. *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* 2: 559-597.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 11: 145-184.
- Leanza, H. y Zeiss, A. 1990. Upper Jurassic lithographic limestones from Argentina (Neuquén Basin): stratigraphy and fossils. *Facies* 22: 169-185.
- Leanza, H.A. y Zeiss, A. 1992. On the ammonite fauna of the Lithographic Limestones from the Zapala region (Neuquén province, Argentina), with the description of a new genus. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1: 1841-1850.
- Leanza, H.A., Sattler, F., Martínez, R.S. y Carbone, O. 2011. La Formación Vaca Muerta y equivalentes (Jurásico tardío-Cretácico temprano) en la Cuenca Neuquina. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas 12: 113-129, Neuquén.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). *Cuencas sedimentarias argentinas* 6: 221-243.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1991. Jurassic-Cretaceous Marine Oscillations and Geometry of Back Arc Basin, Central Argentina Andes. En: McDonald, D.I.M. (ed.), *Sea level changes at active plate margins: Process and product*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 12: 429-450, Oxford.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1996. The Jurassic succession in westcentral Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 120: 303-330.
- Nagy, I. 1966. A Stomiosphaera es a Cadosina nemzetseg retegtani szerepe a Mecseki felsőjuraban. *Földtani Közönlöny* 96: 86-99.
- Nowak, W. 1968. Stomiosferidy warstw cieszyńskich (kimeryd-hoteryw) polskiego Śląska Cieszyńskiego i ich znaczenie stratygraficzne. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 38: 275-314.
- Nowak, W. 1976. *Parastomiosphaera malmica* (Borza) from the Polish Carpathians and their stratigraphical value for Lower Tithonian deposits. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 46: 89-134.
- Ogg, J.G. y Hinnov, L.A. 2012. The Jurassic Period. En: Gradstein, F.M., Ogg, J.G. Schmitz, M.D. y Ogg, G.M. (eds.), *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier: 731-792, Oxford.
- Page, K.N. 2008. The evolution and geography of Jurassic ammonoids. *Proceedings of the Geologists' Association* 119: 35-57.
- Pentecost, A. 1991. Calcification Processes in Algae and Cyanobacteria. En: Riding R. (ed.), *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer, 3-20, Berlin, Heidelberg.
- Pujana, I. 1989. Stratigraphical Distribution of the Multicytrids Nassellariina (Radiolaria) at the Jurassic-Cretaceous Boundary in the Neuquén Basin, Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil 1*, 1989(5/6): 1043-1052.
- Pujana, I. 1991. Pantanelliidae (Radiolaria) from the Tithonian of the Vaca Muerta Formation, Neuquén, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 180: 391-408.
- Pszczółkowski, A. y Myczyński, R. 2004. Ammonite-supported microfossil and nannofossil stratigraphy of the Tithonian-Hauterivian limestones in selected sections of the Branisko Succession, Pieniny Klippen Belt (Poland). *Studia Geologica Polonica* 123: 133-197.
- Reháková, D. 2000a. Evolution and distribution of the Late Jurassic and Early Cretaceous calcareous dinoflagellates recorded in the Western Carpathian pelagic carbonate facies. *Mineralia Slovaca* 32: 79-88.
- Reháková, D. 2000b. Calcareous dinoflagellate and calpionellid bioevents versus sea-level fluctuations recorded in the West-Carpathian (Late Jurassic/Early Cretaceous) pelagic environments. *Geologica Carpathica* 51: 229-243.
- Řehánek, J. 1982. New species of the Genus *Colomisphaera* Nowak from the Tithonian and Upper Cretaceous. *Geologica carpathica* 33: 219-228.
- Řehánek, J. 1985. Cadosinidae Wanner and Stomiosphaeridae Wanner (*incertae sedis*) from the Mesozoic limestones of southern Moravia. *Casopis pro mineralogii a geologii* 30: 367-380.
- Řehánek, J. 1992. Valuable species of Cadosinids and Stomiosphaerids for determination of the Jurassic-Cretaceous boundary (Vertical distribution, Biozonation). *Scripta Geology* 22: 117-122.
- Řehánek, J. y Cecca, F. 1993. Calcareous dinoflagellate cysts biostratigraphy in Upper Kimmeridgian - Lower Tithonian pelagic limestones of Marches Apennines (Central Italy). *Revue de Micropaléontologie* 36: 143-163.
- Řehánek, J. y Heliasz, H. 1993. Microfacies and microbiostratigraphy of the Oxfordian-Lower Kimmeridgian on the basis of cadosinids and stomiosphaerids in the Czeszochowa region of Poland. *Geologica Carpathica* 44: 81-93.
- Remane, J. 1991. The Jurassic-Cretaceous boundary: problems of definition and procedure. *Cretaceous Research* 12: 447-453.
- Riccardi, A.C. 2008. El Jurásico de la Argentina y sus amonites. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 625-643.
- Riccardi A.C. 2015. Remarks on the Tithonian-Berriasian ammonite biostratigraphy of west central Argentina. *Volumina Jurassica* 13: 23-52.
- Skupien, P., Ryba, J. y Doupovcova, P. 2016. Studium hlubokomorských sedimentů hraničního intervalu jury a kridy na profilu Bruzovice. *Zpravy o geologických výzkumech* 49: 209-213.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O.L. y Martínez, C.G. 1968. Las formaciones pre-noronianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23: 67-98.
- Uliana, M.A., Legarreta, L., Laffitte, G.A. y Villar, H. 1999. Estratigrafía y geoquímica de las facies generadoras de hidrocarburos en las cuencas petrolíferas de Argentina. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas 1: 1-63, Mar del Plata.
- Vennari, V.V. 2016. Tithonian ammonoids (Cephalopoda, Ammonoidea) from the Vaca Muerta Formation, Neuquén Basin, West-Central Argentina. *Palaeontographica, Abt. A: Palaeozoology – Stratigraphy* 306: 85-165.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. y Welink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Suarez Soruco, R. y Welsink, H.J. (eds.), *Petroleum Basins of South America*. AAPG Memoir 62: 383-402, Tulsa.
- Versteegh, G.J., Servais, T., Streng, M., Munnecke, A. y Vachard, D. 2009. A discussion

- and proposal concerning the use of the term calcispheres. *Palaeontology* 52: 343-348.
- Vogler, J. 1941. Ober-Jura und Kreide von Misol (Niederländisch-Ostindien). *Palaeontographica-Supplementbände* 4: 243-293.
- Wanner, J. 1940. Gesteinsbildende Foraminiferen aus Malm und Unterkreide des östlichen Ostindischen Archipels. *Paläontologische Zeitschrift* 22: 76-99.
- Weinkauf, M. 2010. Calcareous Dinoflagellate Cysts from the Upper Hauterivian of the Clay Pit Frielingen (NW Germany) and their Palaeoecological Implications. Tesis doctoral, University of Geneva (inédita), 136 p., Ginebra.
- Yrigoyen, M.R. 1991. Hydrocarbon resources from Argentina. 13° World Petroleum Congress, Petrotecnia, Special Issue 13: 38-54.
- Zeiss, A. y Leanza, H.A. 2008. Interesting ammonites from the Upper Jurassic of Argentina and their correlation potencial: new possibilities for global correlations at the base of the Upper Tithonian by ammonites, calpionellids and other fossil groups. *Newsletters on Stratigraphy* 42: 223-247.
- Zeiss, A. y Leanza, H.A. 2010. Upper Jurassic (Tithonian) ammonites from the lithographic limestones of the Zapala region, Neuquén Basin, Argentina. *Beringeria* 41: 25-76.
- Zonneveld, K.A., Meier, K.S., Esper, O., Siggelkowitz, D., Wendler, I. y Willems, H. 2005. The (palaeo) environmental significance of modern calcareous dinoflagellate cysts: a review. *Paläontologische Zeitschrift* 79: 61-77.

Recibido: 10 de febrero, 2018

Aceptado: 15 de mayo, 2018