



Revista mexicana de biodiversidad

ISSN: 1870-3453

ISSN: 2007-8706

Instituto de Biología

Jiménez-López, José Carlos; López-Martínez, Rafael
Antonio; Barragán, Ricardo; Buitrón-Sánchez, Blanca Estela
Calpionélidos de la transición Berriasiano-Valanginiano en la Sección
Padhi, centro-este de Hidalgo, México: sistemática y bioestratigrafía
Revista mexicana de biodiversidad, vol. 92, e923376, 2021
Instituto de Biología

DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3376>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42571635047>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Taxonomía y sistemática

Calpionélidos de la transición Berriasiano-Valanginiano en la Sección Padhi, centro-este de Hidalgo, México: sistemática y bioestratigrafía

Calpionellids of the Berriasian-Valaginian transition in the Padhi Section, central-eastern Hidalgo, Mexico: systematics and biostratigraphy

José Carlos Jiménez-López ^{a,*}, Rafael Antonio López-Martínez ^b,
Ricardo Barragán ^b y Blanca Estela Buitrón-Sánchez ^b

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Unidad de Posgrado, edificio D, primer piso, Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

^b Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: jcjl1712@gmail.com (J.C. Jiménez-López)

Recibido: 6 febrero 2020; Aceptado: 20 octubre 2020

Resumen

Se estudia la sistemática y bioestratigrafía de 9 taxones de calpionélidos: *Calpionella alpina* Lorenz, 1902, *Calpionellopsis simplex* (Colom, 1939), *C. oblonga* (Colom, 1939), *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu y Filipescu, 1933), *T. longa* (Colom, 1939), *T. subacuta* (Colom, 1948), *Remaniella cadischiana* (Colom, 1948), *R. catalanoi* Pop, 1996 y *Calpionellites darderi* (Colom, 1934), procedentes de la sección Padhi, localizada entre los municipios de Tenango de Doria y Huehuetla, centro-este de Hidalgo, México. El análisis bioestratigráfico permitió delimitar una edad que comprende desde el Berriasiano tardío (zona *Calpionellopsis*, subzona *Oblonga*) hasta el Valanginiano temprano (zona *Calpionellites*, subzona *Darderi*). Estos registros se compararon con los de otras regiones de América del Norte, América del Sur, Europa, África noroccidental y Asia occidental. Los calpionélidos proceden de la parte basal de la Formación Tamaulipas Inferior (Cretácico Inferior) conformada por lutita y caliza con textura mudstone y wackestone, con facies que presentan radiolarios, espículas de esponjas, fragmentos de ostrácodos y moluscos.

Palabras clave: Micropaleontología; Cretácico temprano; Estratigrafía; Paleogeografía

Abstract

This work corresponds to the systematic and biostratigraphic study of 9 calpionellid taxa: *Calpionella alpina* Lorenz, 1902, *Calpionellopsis simplex* (Colom, 1939), *C. oblonga* (Colom, 1939), *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu y Filipescu, 1933), *T. longa* (Colom, 1939), *T. subacuta* (Colom, 1948), *R. cadischiana* (Colom, 1948), *R. catalanoi* Pop, 1996, and *Calpionellites darderi* (Colom, 1934) of the Padhi section, sited between the Tenango de Doria and Huehuetla municipalities, at the east-center region of Hidalgo, Mexico. The biostratigraphic analysis of the

calpionellids allowed us to define an age ranging from the late Berriasian (Calpionellopsis zone, Oblonga subzone) to the early Valanginian (Calpionellites zone, Darderi subzone). These records were compared with those in other regions of North and South America, Europe, northwestern Africa, and western Asia. The calpionellids proceed from the lower part of the Tamaulipas Inferior Formation, and were studied from shale and limestone with mudstone and wackestone textures, with facies presenting radiolarians, sponge spicules, ostracods fragments, and mollusks.

Keywords: Micropaleontology; Early Cretaceous; Stratigraphy; Paleogeography

Introducción

Los calpionélidos son protistas con lóricas de simetría axial, collar, abertura oral y región aboral con o sin apéndice caudal. En el registro geológico estos organismos se encuentran en calizas micríticas o margosas, con abundantes radiolarios, nanoplancton, foraminíferos planctónicos y ocasionales espículas de esponjas calcáreas (Remane, 1985, 1998). Su alcance estratigráfico es del Jurásico Superior (Tithoniano inferior) al Cretácico Inferior (Hauteriviano inferior) y se diversifican a partir de formas del Tithoniano medio como *Chitinoidea boneti* (Dobson, 1963). Su amplia distribución geográfica en regiones del antiguo mar de Tetis así como en la cuenca pacífica y su rápida evolución hacen de este grupo de fósiles excelentes marcadores bioestratigráficos que apoyan correlaciones estratigráficas transcontinentales (Blau y Grün, 1997; López-Martínez, Aguirre-Urreta et al., 2017).

Flügel (2004) consideró que este grupo biológico se encuentra en una posición sistemática incierta, aunque relacionado morfológicamente con los tintínidos, pero diferenciados por la composición de la lórica calcítica en calpionélidos y quitinosa en tintínidos, que se presentan con fragmentos de otros organismos (fig. 1). Varios autores consideraron que los calpionélidos fósiles están emparentados con los tintínidos actuales (Bonet, 1956; Borza, 1969; Colom, 1948; Platonov et al., 2014; Tappan y Loeblich, 1968; Trejo, 1976). Se ha separado este grupo en la superfamilia Calpionellidea y considerado como incertae sedis (Bonet, 1956; Remane, 1969, 1971, 1978). Además, se ha mencionado que los tintínidos, grupo afín, son un componente importante del zooplancton microscópico que habita en la zona fótica de los océanos y en algunos casos en estuarios o lagunas costeras (Flügel, 2004).

El estudio de calpionélidos en México se inició con propuestas de zonificación microfaunística de calizas del Cretácico del este de México (Bonet, 1956). Este estudio se ha continuado con análisis taxonómicos, bioestratigráficos y paleobiológico de los tintínidos del Mesozoico de México (Trejo, 1976, 1980). Algunas propuestas se han ignorado por incluir las zonas de Calpionellopsis y Calpionellites para el estándar mediterráneo, aplicables en sucesiones de calpionélidos del país con algunas dificultades debidas

a la escasez de registros, complicándose la delimitación en la zona de Crassicollaria y llegando a considerar algunas zonas con poco valor práctico (Adatte et al., 1991). Muchas zonas sin embargo han sido bien caracterizadas y comparadas con regiones de Norteamérica y del mundo (Adatte et al., 1991, 2001; López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera et al., 2013; Omaña et al., 2017). El límite Berriasiano-Valanginiano en México ha sido poco estudiado desde el punto de vista bioestratigráfico de los calpionélidos (López-Martínez, Barragán et al., 2017; Omaña et al., 2017; Zell et al., 2015). Este límite se encuentra entre 2 zonas de calpionélidos: la zona de Calpionellopsis y la zona de Calpionellites que son fácilmente identificables en calizas de agua profunda en las que el registro de otros fósiles como los amonites es reducido.

El presente estudio muestra la descripción detallada de los calpionélidos del intervalo Berriasiano-Valanginiano de la sección Padhi que se encuentra en el flanco este del Anticlinorio de Huayacocotla, megaestructura que forma parte del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras del Orogénico Mexicano (Carrillo-Bravo, 1965) en el que se presenta una sucesión sedimentaria relacionada a la apertura del golfo de México (Ochoa-Camarillo et al., 1998; Padilla y Sánchez, 2007; Pedrazzini y Bazañez-Loyola, 1978; Salvador, 1991) y está conformada por pliegues y cabalgaduras (Sánchez-Rojas y De la Callejera-Moctezuma, 2004). Los afloramientos de la Sección Padhi son parte de la Formación Tamaulipas Inferior, nombre de la unidad estratigráfica introducida por Stephenson (1921); esta unidad se ha dividido de forma tripartita y redefinido en algunos trabajos como Caliza La Borrega (Longoria, 1975; Muir, 1936). La Formación Tamaulipas Inferior está conformada por caliza micrítica de estratificación media a gruesa con horizontes de bentonita y nódulos de pedernal, depositada en ambientes de cuenca profunda, con aporte de materiales de regiones relativamente más someras.

Materiales y métodos

Se realizó la prospección geológico-paleontológica en afloramientos de la Formación Tamaulipas Inferior de la Sección Padhi, localizada en la región centro-este

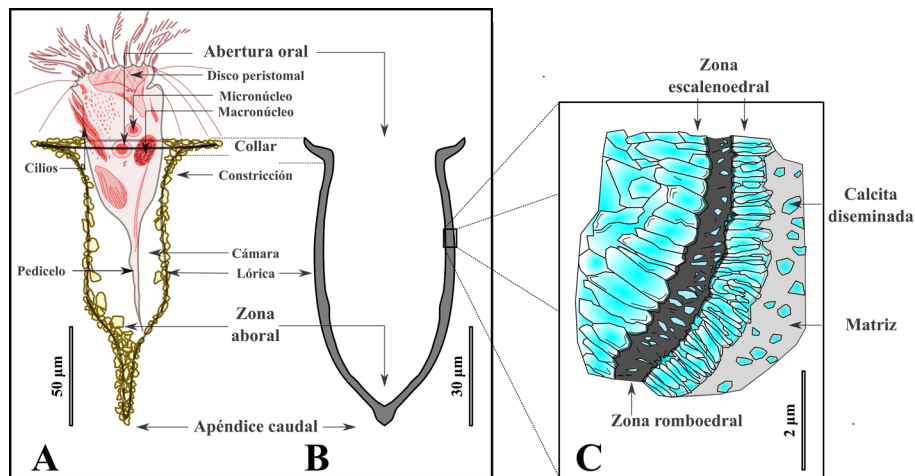


Figura 1. A) *Tintinopsis campanula* (Ehrenberg 1840), tintínido actual de forma alargada (fig. modificada de Colom, 1948); B) corte axial de calpionélido *Tintinnopsella carpathica*; C) estructura de *Chitinoidella* sp. se observan tres capas de cristales de la pared (fig. modificada de Reháková y Michalík, 1993).

del estado de Hidalgo, México, entre los municipios de San Bartolo Tututepec y Huehuetla (20°47'7.11" - 20°24'14.6" N, 98°07'37.78" - 98°07'36.61" O; figs. 2, 3). En esta sección se recolectaron 280 muestras de las que se elaboraron 68 secciones delgadas para el estudio de la textura y composición micropaleontológica. Se revisó la

presencia de estructuras sedimentarias y la geometría de los estratos a nivel de afloramiento y en muestras de mano.

Para el análisis bioestratigráfico se estudiaron los calpionélidos registrados en las secciones delgadas; se revisó su forma, tamaño, collar, presencia de apéndice caudal y ángulos de extinción de los collares. En este

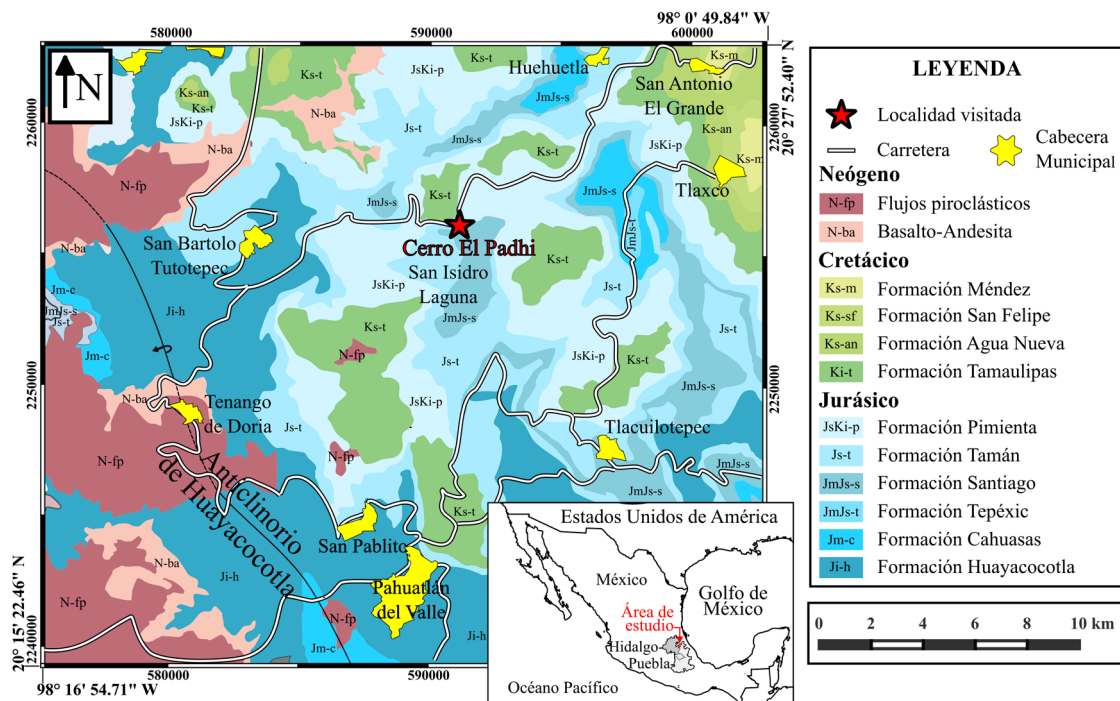


Figura 2. Mapa geológico y de ubicación de la Sección Padhi (tomado de Sánchez-Rojas y De la Callejera-Moctezuma, 2004).

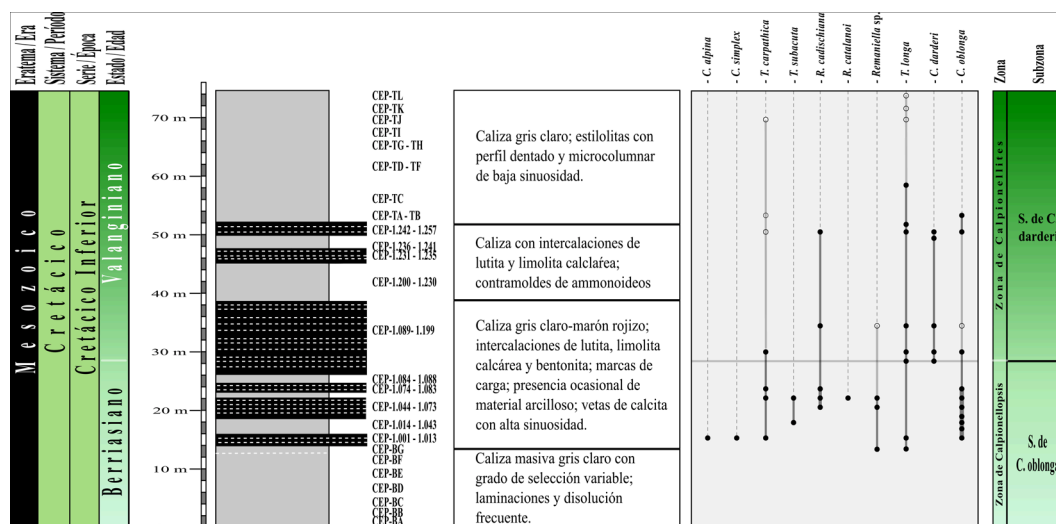


Figura 3. Columna estratigráfica y bioestratigrafía de la Sección Padhi.

análisis se tomó en cuenta la propuesta de zonas y subzonas de calpionélidos de Aguado et al. (2000). Para las distribuciones geográficas y estratigráficas se generaron diagramas de sectores por localidad utilizando las bibliotecas rnaturalhearth v.0.1.0 (South, 2017a), rnaturalhearthdata v 0.1.0 (South, 2017b), scatterpie v.0.1.2 (Yu, 2018), sf v.0.7-7 (Pebesma, 2018) y sp v..1.31-1 (Bivand et al., 2013), en entorno R v.3.4.2 (R Core Team, 2017).

Descripción

Orden Tintinnina Corliss, 1955
Superfamilia Calpionellidea Bonet, 1959
Familia Calpionellidae Bonet, 1956

Género *Calpionella* Lorenz, 1902
Especie tipo: *Calpionella alpina* Lorenz, 1902
Calpionella alpina Lorenz, 1902
(fig. 4a)

Calpionella alpina Lorenz, 1902, lám. 6, fig. 1; Akgümüs, 2019, p. 127, lám. 8, figs. a-d (sinonimia completa).
Calpionella alpina (forma esférica) Altner y Özkan, 1991, lám. 1, figs. 3-8; Okay y Altner, 2017, figs. 6.24-6.30.

Descripción. La lórica es esférica a subesférica, aproximadamente isodiamétrica con collar cilíndrico corto, conspicuo, separado del cuerpo por una deflexión; la región aboral es ligeramente angulosa, sin prolongación caudal. Las dimensiones son 50 µm de ancho por 60 µm de longitud.

Comentarios taxonómicos

Los representantes de esta especie tienen forma pequeña con cuello estrecho, en algunos cortes oblicuos se ve una estructura semejante a la de secciones oblicuas de *C. elliptica* Cadisch, 1932, que aparenta transición entre ambas formas, pero con un intervalo estratigráfico más restringido en *C. elliptica*, de tal manera que su separación taxonómica es relativamente importante en bioestratigrafía (Remane, 1985). *Crassicollaria parvula* se puede confundir con esta especie, pero es más pequeña y su registro estratigráfico es hasta el Berriasiano inferior.

Distribución. Tithoniano superior-Valanginiense inferior. En la sección estratigráfica estudiada de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, se ha reconocido para el nivel CEP-1.005, que corresponde a parte de la subzona Oblonga (no basal), dentro de un paquete litológico que consiste principalmente en caliza con textura mudstone con calpionélidos, fragmentos de microbivalvos y ocasionales espículas de esponjas calcáreas.

La especie presenta un registro más o menos constante en Europa, y para la región de la Fosa Vocontiana se le considera del Tithoniano superior/Berriasiano inferior, parte alta de la zona Crassicollaria (subzona A3 de Remane, 1963) al Berriasiano medio, parte media y superior de la zona Calpionella (subzona Elíptica) (Olóriz et al., 1995). En Europa se registra en Crimea Oriental, el Cáucaso, Turquía, Bulgaria, Rumania, Polonia, Francia, España e Italia; también se presenta en el norte de África, América del Norte y América Central (Platonov et al., 2014). López-Martínez, Barragán y Reháková (2013) indican que la dominancia de esta especie es representativa de la transición Jurásico/Cretácico y marca una conexión

entre el Tetis y el Océano Pacífico para un intervalo con aumento significativo en el nivel del mar, en particular para la zona de Chitinoidea. Akgümüş (2019) considera que la proliferación (acme) de la forma esférica es aceptada como marcador del Berriasiano, en tanto que la especie *Calpionella alpina* s. s. marca la transición Berriasiano/Valanginiano (Adatte et al., 1991) en la cuenca mediterránea, particularmente para las zonas C y D de Remane (1962). Esta especie delimita el inicio del Berriasiano desde los registros donde se presenta un incremento en la abundancia de su variedad isométrica (Andreini et al., 2007; Blau y Grün, 1997; Houša et al., 1999; Lakova, 1994; Michalík y Reháková, 2011; Pop, 1996; Reháková y Michalík, 1997; Remane, 1971; Remane et al., 1986).

Para el sureste de Francia se ha documentado a *C. alpina* para la zona Crassicolaria, subzonas Remanei, Intermedia, Colomi y Alpina, con escasos registros en la subzona Remanei del Tithoniano superior (Wimbledon et al., 2013). En Asia se incluyen en el Tithoniano superior y el Berriasiano inferior (subzonas Alpina y Oblonga) de las montañas Omán Centrales (Rousseau et al., 2005). También se ha descrito la especie para el Berriasiano superior-Valanginiano de Argelia (Benest et al., 1996; Vincent et al., 1980). Se ha mencionado para el noreste de México, que en el límite de las Formaciones La Casita/Taraises existen formas transicionales entre las especies de *C. alpina* y *C. elliptica* con parte de estas formas transicionales refiriéndose a secciones oblicuas de *C. elliptica* (Adatte et al., 1991, 1996; Remane, 1962, 1963, 1969, 1985). También se ha establecido que *C. alpina* del noreste de México se distingue de las variedades propuestas por Remane (1962) en que consisten en una forma grande y elongada, característica de las subzonas A2 y A3 de Remane (1985); una forma intermedia y casi esférica, típica de la parte inferior de la zona B de Remane (1985) y una forma pequeña y esférica que es relativamente frecuente en la zona C (Eguiluz-de Antuñano et al., 2012). Además, para el noreste de México, se ha descrito *C. alpina* de la localidad Sierra de Minas Viejas, Monterrey, para un intervalo estratigráfico del Tithoniano superior-Berriasiano inferior, en afloramientos de las Formaciones La Casita y Taraises (Ángeles-Villeda, 2004). En el sur de México se han citado formas esféricas de *Calpionella alpina* procedentes de Santa Catarina Ticuá, Oaxaca, en un intervalo del Berriasiano medio (zona C-subzona Cadischiana, a la zona Calpionellopsis-subzona D1; Zell et al., 2015). Para Sudamérica se registró en las subzonas Colomi y Alpina de la transición Tithoniano-Berriasiano de la Cuenca Neuquina, Argentina (López-Martínez, Aguirre-Urreta et al., 2017). Los registros más boreales para Norteamérica incluyen el Cretácico Inferior de Nueva

Escocia, Canadá, en el Miembro Artimon del Valanginiano superior y posiblemente del Hauteriviano inferior (Eliuk y Leveske, 1989).

Género *Calpionellopsis* Colom, 1948

Especie tipo: *Calpionella oblonga* Cadisch, 1932

Calpionellopsis simplex (Colom, 1939)

(fig. 4b)

Calpionella simplex Colom, 1939, p. 6, lám. 2, fig. 11; lám. 3, fig. 9.

Calpionellopsis simplex Colom, 1948, p. 256, fig. 11 (10); Benzaggagh et al., 2012, p. 284, figs. 9G-9I (sinonimia completa).

Calpionellopsis cf. *C. simplex* Bismuth et al., 1967, lám. 9, fig. 21.

Calpionellopsis oblonga (Cadisch, 1932), Barbu y Melinte-Dobrinescu, lám. 1.7.

Descripción. La lórica es cilíndrica con escaso o nulo ensanchamiento, la región aboral es redondeada y el collar sencillo en la región oral seguido de un surco suboral, circular y pequeño. La lórica tiene generalmente 80 µm de longitud por 40 µm de ancho; en secciones oblicuas, las paredes laterales son paralelas o ligeramente curvas (Remane, 1985).

Comentarios taxonómicos

Algunos ejemplares de *C. simplex* y *C. oblonga* pueden confundirse en intervalos con formas transicionales aunque la lórica en corte axial es muy distinta con el perfil estrecho hacia la abertura en *C. oblonga* (Remane, 1985). El primer registro de *Calpionellopsis oblonga* marca el límite inferior de la zona Oblonga (Remane et al., 1986) y se considera que el intervalo estratigráfico de la especie es del Berriasiano superior al Valanginiano inferior, dentro de las subzonas Oblonga y Major, equivalentes parcialmente con las subzonas D1 y, posiblemente, con la parte baja de la zona E de Remane (1962). También se ha tomado en cuenta el aumento en la predominancia de *C. oblonga* sobre formas transicionales o de *C. simplex* para definir la subzona Oblonga del Berriasiano superior, subyacente a las primeras apariciones de *Lorenziella hungarica* (Remane, 1985) que se aplican para delimitar la base de la subzona D3 en el esquema zonal de la Fosa Vocontiana (Allemann y Remane, 1979). Para el sureste de Francia y en el caso de la subzona D3, se nota la ausencia repentina en el registro de *C. oblonga* (Bulut et al., 1996). En México se ha descrito a *C. oblonga* de estratos del Berriasiano superior de la Sierra de Minas Viejas, en Monterrey, Nuevo León en asociación con *Calpionella alpina*, *Lorenziella hungarica*, así como amonites de los géneros *Olcostephanus*, *Sarasinella*, *Neocomites* y *Distoloceras* (Ángeles-Villeda, 2004). También se ha identificado la

especie de Santa Catarina Ticuá, Oaxaca (Zell et al., 2015) y Tlatlauquitepec, Oaxaca (López-Martínez, Barragán et al., 2017) en asociación con las especies *Calpionella alpina*, *Lorenziella plicata*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *T. subacuta*, *Remaniella colomi* y *R. filipescui*, con registros escasos de *C. simplex*.

Distribución. Berriasiano superior-Valanginiense inferior. En la sección estratigráfica estudiada se ha reconocido para el nivel CEP-1.005, parte de la subzona Oblonga del Berriasiano superior; que corresponde a caliza con textura mudstone en la que se encuentran calpionélidos, espículas de esponjas dispersas y ocasionales fragmentos de microbivalvos. La especie se describió inicialmente de Europa procedente de la subzona Simplex, correspondiente a la parte inferior del Berriasiano superior (Allemann et al., 1975; Catalano y Liguori, 1971; Pop, 1974, 1976; Remane, 1963, 1964, 1971). La primera aparición de esta especie se toma en cuenta para delimitar la zona D, subzona D1 (Allemann y Remane, 1979; Blanc, 1995; Bulot et al., 1996; Pop, 1994). La especie tiene presencia en el Valanginiense inferior de Asia Occidental en Irán (Benzaggagh et al., 2012) y Turquía (Atasoy et al., 2018); en Europa en Albania (Kollman y Peza, 1997), Austria (Lukeneder y Reháková, 2004), Bulgaria (Lakova et al., 1999), España (Aguado et al., 2000), Italia (Andreini et al., 2007; Grün y Blau, 1997) y en Norteamérica en México (Ángeles-Villeda, 2004; López-Martínez, Barragán et al., 2017; Zell et al., 2015), el Caribe (Prémoli-Silva y McNulty, 1984) y Cuba (López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera, 2013), este último registro se considera concurrente con el de *C. oblonga* (López-Martínez, Barragán y Reháková, 2013). En México se ha documentado a la especie para el Berriasiano superior de la región de Minas Viejas, Monterrey, Nuevo León en asociación con *Calpionella alpina*, *Lorenziella hungarica* y *Calpionellopsis oblonga*, así como amonites de los géneros *Olcostephanus*, *Sarasinella*, *Neocomites* y *Distoloceras* (Ángeles-Villeda, 2004). Para México, también se ha mencionado del Berriasiano temprano-Berriasiano tardío de San Pedro del Gallo, Durango, Puerto Piñones y Sierra del Jabalí, Coahuila, en el área de Monterrey-Linares, Nuevo León donde se le considera un marcador excelente en series estratigráficas del Cretácico Inferior de México (Adatte et al., 1991, 1996). Para el sureste de México se ha definido la subzona Simplex con base en la presencia de *Calpionellopsis simplex* y la ausencia de la especie *C. oblonga*, en estratos de la Formación Tlaxiaco, en Oaxaca (Zell et al., 2015).

Calpionellopsis oblonga (Colom, 1939)
(fig. 4l)

Calpionella oblonga Cadisch, 1932, lám. 3, fig. 20.

Calpionellopsis oblonga Benzaggagh et al., 2012, p. 281, figs. 9N-9P; fig. 17H (sinonimia completa).

Tintinnopsella oblonga Colom, 1948, lám. 33, fig. 5; p. 256; fig. 13; p. 258, fig. 57; p. 260, fig. 5; Brönnimann, 1953, figs. 19-21.

non Calpionellopsis oblonga Trejo, 1976, lám. 6, fig. 8; lám. 18, fig. 13.

Descripción. La lórica es cilíndrica con terminación aboral redondeada, las paredes son ligeramente convergentes hacia la abertura oral, con el diámetro menor que la anchura máxima del cuerpo en la región donde comienza el cáliz, la abertura generalmente no presenta collar. Las dimensiones de los ejemplares son de 50 µm de anchura por 80 a 110 µm de longitud.

Comentarios taxonómicos

Algunos ejemplares de *C. simplex* y *C. oblonga* pueden confundirse en intervalos que tienen formas transicionales (Remane, 1985) pero la lórica en corte axial es muy distinta por el perfil estrecho hacia la abertura en *C. oblonga*.

Distribución. Berriasiano superior-Valanginiense inferior. En la sección estratigráfica estudiada se ha reconocido a partir del nivel CEP-1.005 con un registro más o menos continuo hasta el nivel CEP-1.083 donde comienza a ser menos frecuente y su registro se termina en el nivel CEP-T-A. Estos niveles comprenden desde el Berriasiano superior (subzona Oblonga) al Valanginiense inferior (subzona Darderi) y están conformados por caliza gris clara con textura mudstone y wackestone en las que se presentan también radiolarios, espículas de esponjas y ocasionalmente cristales dispersos de pirita.

El primer registro de *Calpionellopsis oblonga* marca el límite inferior de la zona Oblonga (Remane et al., 1986). Se considera que el intervalo estratigráfico de la especie es del Berriasiano superior al Valanginiense inferior, dentro de las subzonas Oblonga y Major (Pop, 1976) equivalentes parcialmente con las subzonas D1 y, posiblemente, con la parte baja de la zona E de Remane (1962). También se ha tomado en cuenta el aumento en la predominancia de *C. oblonga* sobre formas transicionales o de *C. simplex* para definir la subzona Oblonga del Berriasiano superior, subyacentes a las primeras apariciones de *Lorenziella hungarica* (Remane, 1985) que se aplica para delimitar la base de la subzona D3 en el esquema zonal de la Fosa Vocontiana (Allemann y Remane, 1979); para el sureste de Francia, en el caso de la subzona D3, se nota la ausencia repentina en el registro de *C. oblonga* (Bulot et al., 1996). En México se ha descrito a *C. oblonga* de estratos del Berriasiano superior de la Sierra de Minas Viejas, en Monterrey, Nuevo León en asociación con *Calpionella alpina*, *Lorenziella hungarica*, así como amonites de los géneros *Olcostephanus*, *Sarasinella*,

Neocomites y *Distoloceras* (Ángeles-Villeda, 2004). También se ha identificado la especie de Santa Catarina Ticuá, Oaxaca (Zell et al., 2015) y Tlatlauquitepec, Oaxaca (López-Martínez, Barragán et al., 2017) en asociación con *Calpionella alpina*, *Lorenziella plicata*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *T. subacuta*, *Remaniella colomi* y *R. filipescui*, con registros escasos de *C. simplex*.

Género *Tintinnopsella* Colom, 1948

Especie tipo: *Calpionella carpathica* Murgeanu y Filipescu, 1933

Tintinnopsella carpathica (Murgeanu y Filipescu, 1933) (fig. 4c)

Calpionella carpathica nov. sp. Murgeanu y Filipescu, 1933, p. 63, lám. 1, figs. 20-23.

Calpionella carpathica Murgeanu y Filipescu, 1933; Colom, 1934, lám. 30, figs. 7-9.

Tintinnopsella carpathica Benzaggagh et al., 2012, p. 288, figs. 13A-13E, 17S (sinonimia completa).

Tintinnopsella doliphormis Murgeanu y Filipescu, Borza, 1969, lám. 31, figs. 1-16.

Tintinnopsella cf. *T. carpathica* Murgeanu y Filipescu, Linetzkaya, 1971 p. 106, fig. 2.25.

Tintinnopsella gr. *carpathica* Murgeanu y Filipescu, Grün y Blau, 1997, lám. 1, figs. 15-16.

Descripción. La lórica es alargada, subredondeada, ovoidal o cordiforme con el mayor grosor por debajo de la mitad inferior de su longitud; el collar es divergente con una ligera curvatura que forma un ángulo generalmente recto con respecto a las paredes laterales de la lórica. Los cortes axiales completos presentan apéndice caudal pequeño.

Comentarios taxonómicos

Los ejemplares de *Tintinnopsella carpathica* se caracterizan por la forma ovoidal de la lórica, con un apéndice axial. El intervalo estratigráfico de la especie es semejante al de la familia Calpionellidae (Tithoniano superior-Valanginiano inferior). La especie presenta variaciones morfológicas como las que se observan en *Calpionella alpina* y sobre la evolución en el tamaño se han determinado: 1) formas pequeñas características de la zona Crassicollaria, con solamente algunas formas de tamaño medio (80 μm \times 50 μm), 2) formas medias (70-90 μm \times 50-60 μm) poco frecuentes en la parte inferior de la zona Calpionella y 3) algunas formas de tamaño medio (75-80 μm \times 55-60 μm) cerca de la zona “acmé” de *Remaniella*. Remane (1985) menciona, además, que los ejemplares pequeños de *Tintinnopsella carpathica* se pueden considerar homeomorfos de *Chitinoidella boneti* Doben, 1963, del Tithoniano medio y, dentro de su variación, se presentan incluso formas con estructura

microgranular, así mismo, también indica que los cortes en secciones oblicuas de *Tintinnopsella longa* son prácticamente indistinguibles de *T. carpathica* dentro de las zonas D1 a E (Remane, 1963, 1985).

Distribución. Tithoniano superior-Hauteriviano. Para la sección estratigráfica estudiada se han identificado varios ejemplares a partir del nivel CEP-1.005 con variaciones intermitentes hasta el nivel CEP-1.208, correspondientes a la parte alta del Berriasiano superior (subzona Oblonga) al Valanginiano inferior (subzona Darderi). Los niveles estratigráficos están conformados por caliza con textura mudstone y wackestone con radiolarios, calpionélidos, espículas de esponjas y fragmentos de bivalvos, además en niveles de limolita calcárea se encuentran bivalvos y espículas de esponjas y en algunos niveles se registra bioturbación baja a moderada.

Tintinnopsella carpathica tiene el alcance estratigráfico más amplio entre las formas de calpionélidos. La primera ocurrencia de esta especie corresponde a la parte más baja de la subzona A1 (Altner y Özkan, 1991; Remane, 1985) o a la parte más baja de la subzona Remanei (Petrova et al., 2012) y su alcance se extiende a la zona F (Altner y Özkan, 1991) o la subzona Oblonga de la zona Calpionellopsis (Petrova et al., 2012). La especie es característica de las zonas A y B de Remane (1965) (transición entre las zonas Crassicollaria, Tithoniano superior y parte baja de la zona de Calpionella, parte baja del Berriasiano inferior). En Europa se ha registrado desde la parte baja de la subzona Oblonga (Tithoniano medio) a la parte alta de la zona Tintinnopsella correspondiente al Hauteriviano inferior (Lakova et al., 1999). La especie presenta distribución general en Europa hasta el este del Mediterráneo donde es más abundante *Crassicollaria elliptica* (Remane, 1985). Se ha mencionado que su registro abarca del Tithoniano superior al Berriasiano inferior y su distribución geográfica incluye Crimea, Turquía e Irán, los Cárpatos del oeste y del sur, los Alpes del norte, Hungría, el sureste de España, los Balcanes, el norte de África, Norteamérica y Centroamérica (Platonov et al., 2014).

Para Norteamérica, se ha citado de la región del Caribe en Sierra de los Órganos asociada en la primera presencia de *Tintinnopsella longa* y con *Calpionella alpina* y *C. elliptica* (López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera, 2013). Para el noreste de México se han indicado intervalos estratigráficos con complicaciones en su identificación, en particular para niveles con variaciones en el grado de recristalización, aunque con intervalos bien identificados como sucede para la región de Iturbide, Nuevo León, donde la especie está bien representada desde el nivel que enumeran como IT-21.2, con aparición de algunas formas grandes hacia la cima de esta (Adatte et al., 1991). Esta especie también se ha identificado para

el Tithoniano superior de la Cuenca Neuquina, Argentina subzona Colomí (López-Martínez, Aguirre-Urreta et al., 2017).

Tintinnopsella longa (Colom, 1939)

(figs. 4h, 4i)

Calpionella longa Colom, 1939, lám. 2, fig. 9.

Tintinnopsella longa Benzaggagh et al., 2012, p. 292, figs. 11U-11Y, 17Y (sinonimia completa).

Tintinnopsella carpathica (Murgeanu y Filipescu, 1933); Borza, 1969, lám. 79, figs. 9-11, 15; Altiner y Özkan, 1991, lám. 2, fig. 10.

? *Tintinnopsella longa* Trejo, 1976, lám. 16, fig. 17.

Descripción. La lórica tiene forma de campana a subcilíndrica con el extremo aboral redondeado y la región oral amplia con collar de paredes paralelas. La lórica suele estar ligeramente ensanchada hacia el primer tercio de la región aboral. Las dimensiones de los ejemplares son de 55 a 60 µm de ancho por 140 a 155 µm de longitud.

Comentarios taxonómicos

Algunos ejemplares son similares a *Tintinnopsella carpathica* aunque se diferencian por tener un tamaño menor y por la presencia de apéndice caudal distintivo.

Distribución. Tithoniano superior (parte inferior no basal de la subzona Elíptica)-Valanginiano inferior (parte superior de la zona *Calpionella*). En la sección estratigráfica estudiada se han encontrado ejemplares de esta especie en toda la sección, con registros intermitentes desde el nivel CEP-B-G hasta el nivel CEP-T-L, que comprenden un alcance estratigráfico del Berriasiano superior (subzona *Oblonga*) al Valanginiano inferior (subzona *Darderi*). Los niveles estratigráficos están conformados por caliza de textura mudstone y wackestone con calpionélidos y radiolarios, microbivalvos dispersos y presencia de bioturbación baja a moderada.

La edad de la especie es del Berriasiano, con una distribución geográfica que incluye Irán, el Cáucaso, Turquía, los Cárpatos occidentales y meridionales, el suroeste de Hungría, el sureste de España, el sureste de Francia, los Balcanes, Argelia y América Central (*sensu* Platonov et al., 2014). También se ha comentado que algunos de los registros de esta especie están precedidos por *T. carpathica* y formas transicionales entre *T. carpathica* y *T. longa* definiendo la base de la subzona Longa para el Berriasiano medio, por arriba de la subzona Elíptica y por debajo de las primeras apariciones de *Calpionellopsis simplex*, con un registro que abarca hasta el Valanginiano superior (parte baja de la zona *Tintinnopsella*; Olóriz et al., 1995; Pop, 1994). Para registros en el oeste de Sicilia, Italia, la distribución estratigráfica en esta región se inicia en la base del Berriasiano superior (subzona *Simplex*) y

llega a la parte media del Valanginiano inferior (parte media de la subzona Major; Andreini et al. (2007). Los ejemplares que se han descrito para los Balcanes del Oeste presentan una distribución estratigráfica del Berriasiano medio (parte alta de la subzona Elíptica)-Valanginiano inferior (parte baja de la subzona *Darderi*) en conjunto con ejemplares de *Calpionella minuta*, *Calpionellopsis simplex*, *C. oblonga*, *Lorenziella hungarica*, *L. plicata*, *C. darderi* y *Tintinnopsella subacuta* (Lakova et al., 1999). Para Austria se han citado ejemplares de la base de la subzona Elíptica, en conjunto con *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *T. carpathica*, *Remaniella catalanoi*, *R. duranddelgai* y *Lorenziella hungarica* (Lukeneder et al., 2009; Reháková et al., 2009). Para México se ha descrito de la Sierra de Minas Viejas, Monterrey, Nuevo León, en el intervalo estratigráfico que incluye del Berriasiano superior al Valanginiano inferior.

Tintinnopsella subacuta (Colom, 1948)

(fig. 4f, 4g)

Tintinnopsella subacuta Petrova et al., 2012, fig. 5.36; Lakova y Petrova, 2013, lám. 7, figs. 42-44; Boorová et al., 2015, fig. 6M; López-Martínez et al., 2017, fig. 3I; Omaña et al., 2017 – fig. 4-I; Petrova et al., 2017, figs. 6.20-6.2, 8.19-8.20.

Descripción. La lórica es alargada, con una relación longitud/anchura mayor a 2.5; el collar tiene forma de embudo y está separado de las paredes laterales en un ángulo mayor o igual a 45°; la lórica presenta engrosamiento en las paredes por lo general hacia la mitad de su longitud.

Comentarios taxonómicos

Distribución. La especie se ha descrito del Berriasiano superior (parte baja de la subzona *Oblonga*) y del Valanginiano superior (parte media de la zona *Tintinnopsella*) para Europa, con registros más o menos coetáneos de *Lorenziella hungarica* y *L. plicata* (Lakova et al., 1999). En la sección estratigráfica estudiada se han reconocido ejemplares entre los niveles CEP-1.032 y CEP-1.062, en la parte alta del Berriasiano superior (subzona *Oblonga*); en ambos casos los niveles estratigráficos corresponden a mudstone de calpionélidos con acumulaciones puntuales de espículas de esponjas y zonas bioturbadas o con gradación.

Algunas formas se han citado para los Balcanes del Oeste con una distribución estratigráfica que abarca el Berriasiano superior (subzona Longa) al Valanginiano superior, parte media de la zona *Tintinnopsella* (Lakova et al., 1999). Además, existen registros más restringidos que comprenden del Berriasiano superior (parte baja de la subzona *Oblonga*) al Valanginiano medio (parte media de la subzona Major) (Pop, 1994). En la región

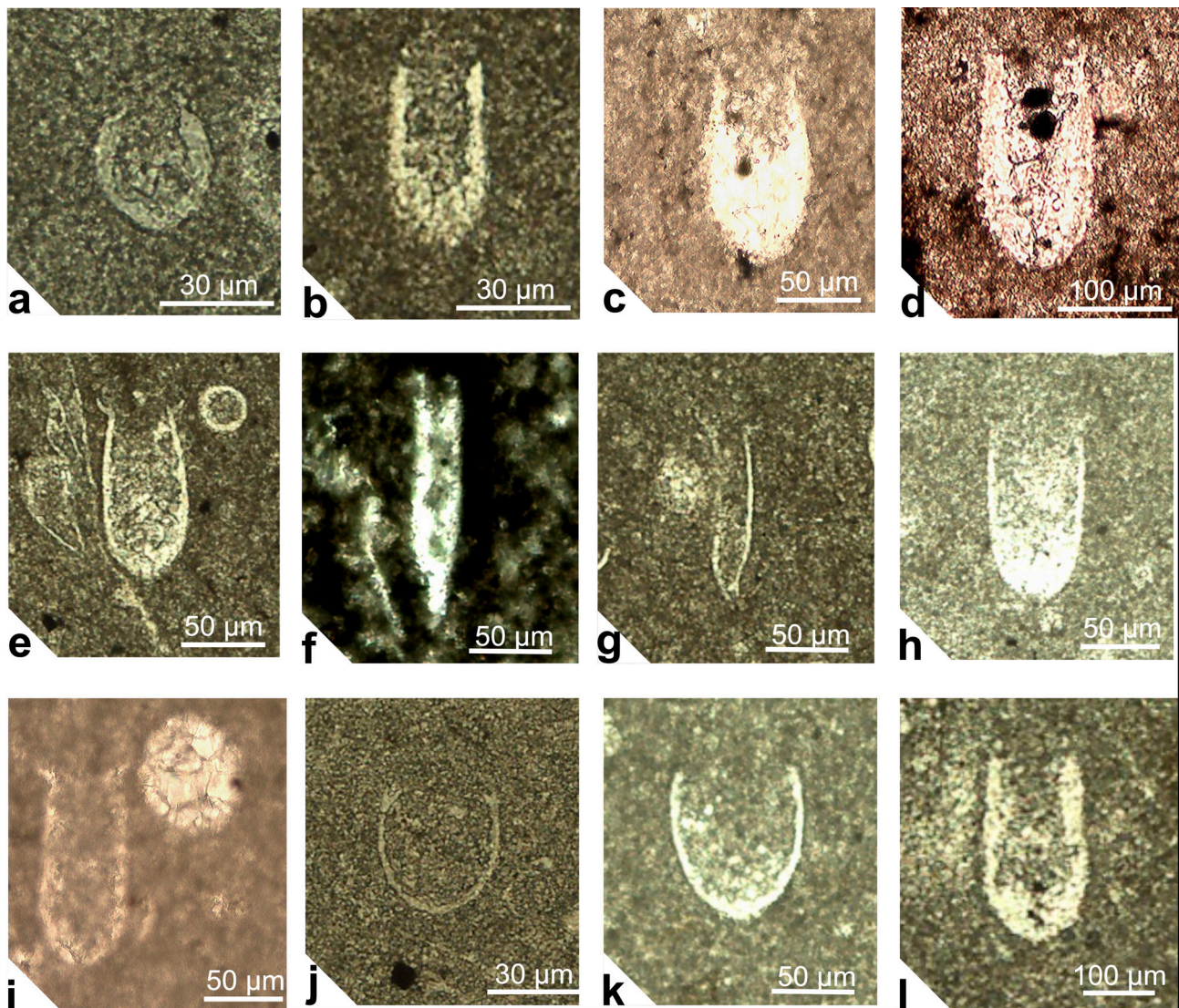


Figura 4. Calpionélidos de la sección estratigráfica Padhi. a) *Calpionella alpina* Lorenz, 1902, muestra CEP-1.005; b) *Calpionellopsis simplex* (Colom, 1939), muestra CEP-1.005; c) *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu y Filipescu 1933), muestra CEP-T-A; d) *Remaniella cadischiana* (Colom, 1948), muestra CEP-1.024; e) *Remaniella catalanoi* Pop, 1996, muestra CEP-1.063; f), g) *Tintinnopsella subacuta* (Colom, 1948), muestras CEP-1.032 y CEP-1.062; h), i) *Tintinnopsella longa* (Colom, 1939), muestras CEP-1.005 y CEP-1.260; j), k) *Calpionellites darderi* (Colom, 1934), muestras CEP-1.113 y CEP-1.162; l) *Calpionellopsis oblonga* (Colom, 1939), muestra CEP-1.083.

del Caribe se ha citado para Sierra de los Órganos de la zona Calpionellopsis en un intervalo bastante diversificado que incluye las especies *Tintinnopsella longa*, *T. carpathica*, *Amphorellina lanceolata*, *Calpionella minuta*, *Lorenziella plicata*, *Remaniella duranddelgai*, *R. filipescui* y *R. cadischiana* (López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera, 2013). Para México se ha descrito de la región de Tlatlauquitepec, Puebla, en la zona Calpionellopsis y subzona Oblonga, en asociación

con las especies de *Lorenziella plicata*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Remaniella colomi*, *R. filipescui* y formas globulares de *C. alpina* (López-Martínez, Barragán et al., 2017).

También se ha citado para Tamazunchale, San Luis Potosí, México, como registro inesperado dentro de la zona Crassicollaria, subzona Colomi, del Tithoniano temprano, sin embargo, se requieren estudios adicionales para aclarar el alcance estratigráfico de la especie (López-Martínez et

al., 2015). Además, se ha citado del Berriasiano medio y tardío para la misma región, en asociación con *Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *Calpionellites* sp., *Remaniella cadischiana*, *R. colomi*, *R. ferasini* y *Tintinnopsella carpathica* (Zell et al., 2016).

Género *Remaniella* Catalano, 1965

Especie tipo: *Tintinnopsella cadischiana* Colom, 1948

Descripción. La lórica es ovoidal, cilíndrica, cilíndrica-elongada o con forma de campana, el collar consiste en 2 anillos circum-orales; la terminación aboral tiene apéndice caudal más o menos marcado, el collar compuesto, bajo luz polarizada, puede presentar orientación oblicua con extinción a 45° de los anillos interiores, mientras que la lórica tiene extinción total recta (Catalano, 1965; Catalano y Ligouri, 1971; Pop, 1994).

Comentarios taxonómicos

Distribución. Las diferentes especies de *Remaniella* del dominio del Tetis se encuentran aproximadamente desde la parte media del Berriasiano inferior que corresponde a la parte alta de la subzona Massutiniana-subzona Alpina, hasta el Valanginiano inferior, en las subzonas Ferasini (zona *Calpionella*) y Major (zona *Calpionellites*) (Allemann et al., 1971; Pop, 1964).

Remaniella cadischiana (Colom, 1948)

(fig. 4d)

Tintinnopsella cadischiana Colom, 1948, p. 247, figs. 12-25, 12-26, 12-34, 12-40.

? *Tintinnopsella cadischiana* Colom, 1948, p. 247, fig. 12-35.

Calpionellites? dadayi Borza, 1969, lám. 84, figs. 7-8.

Remaniella cadischiana Benzaggagh et al., 2012, p. 285, figs. 10E-10G, 17L (sinonimia completa).

Borzaiella atava Grün y Blau, 1996, lám. 2, figs. 1-3; Grün y Blau, 1997, lám. 2, fig. 3.

Praecalpionellites dadayi Knauer, Grün y Blau, 1996, lám. 1, figs. 1-3; Grün y Blau, 1997, lám. 2, fig. 5; Concetta-Marino et al., 2007, lám. 3, fig. 13; Fözy et al., 2010, 537, fig. 9C.

Praecalpionellites filipescui (Pop, 1986); Grün y Blau, 1997, lám. 2, fig. 4.

"*Praecalpionellites*" *dadayi* Knauer - Andreini et al., 2007, lám. 2, fig. 21.

Remaniella filipescui Pop, 1986 - Andreini et al., 2007, lám. 2, figs. 20, 22a.

Remaniella filipescui (Catalano, 1965) - Barbu y Melinte-Dobrinescu, 2008, lám. 1.5.

Descripción. La lórica es cilíndrica a subcilíndrica y ligeramente ovoidal con la mayor anchura en la parte media, el grosor de la pared es homogéneo o con un ligero

aumento cerca de la mitad de la longitud de la lórica. Las dimensiones de la lórica (sin apéndice caudal) son de 90-150 µm de longitud por 60-80 µm de ancho. La relación longitud/anchura mínima de la lórica es de 1.5; el collar presenta 2 anillos circum-orales independientes, divergentes y oblicuos en comparación con la extremidad oral de la lórica. En muchos casos, el anillo exterior es ligeramente curvo y se apoya en el anillo interior que es más corto.

Comentarios taxonómicos

Se ha considerado que esta especie es particularmente diferente de *R. borzai*, por la forma del collar, lenticular en *R. cadischiana* y en forma de punta para *R. borzai*, además menciona, que cuando carece de collar, se confunde con *Tintinnopsella longa*. En algunos casos, el extremo oral interno de la lórica muestra un hueco muy pequeño donde se inserta el anillo interno (Pop, 1994).

Distribución. Berriasiano medio-parte más alta del Valanginiano inferior. En la sección estratigráfica estudiada se ha encontrado para un intervalo entre los niveles CEP-1.034 y CEP-1.256, parcialmente dentro de la subzona Oblonga y la subzona Darderi. Estos niveles estratigráficos se tratan de wackestone de calpionélidos con fábrica laminar que alterna con facies de: 1) wackestone-packstone de calpionélidos y espículas de esponjas calcáreas y 2) mudstone de radiolarios y calpionélidos. El alcance estratigráfico de la especie es del Berriasiano medio (subzona Elíptica) hasta la parte alta del Valanginiano inferior (subzona Major), con presencia más o menos coetánea de *Remaniella borzai* y *R. filipescui* y *R. ferasini* (sensu Pop, 1994). Los ejemplares identificados para el Atlántico del Este, en la Cuenca de Marruecos comienzan en la base del Berriasiano (Vincent et al., 1980). Esta especie se ha descrito para el golfo de México (Deep Sea Drilling Project, Leg 71; Prémoli-Silva y McNulty, 1984) con un alcance estratigráfico que incluye, la transición del Tithoniano/Berriasiano, dentro de la parte baja de la zona B (subzona Alpina) a la zona E (zona *Calpionellites*) en conjunto con ejemplares de *Calpionellites darderi*, *Tintinnopsella longa*, *T. carpathica* y *Calpionellopsis oblonga*. En esta región se ha definido la subzona D3 para la transición Berriasiano/Valanginiano en niveles en los que *R. cadischiana* se encuentra en asociación con *Remaniella dadayi*.

Para el noroeste de México se ha hallado en afloramientos de la Formación Taraises, en el estado de Durango, para parte de la subzona Darderi con *Lorenziella plicata*, *L. hungarica*, *Remaniella filipescui*, *R. cadischiana*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *T. subacuta*, *Praecalpionellites murgeanui*, *P. sirianensis*, *Calpionellites darderi* y *C. coronatus* (Omaña et al., 2017).

Para el sureste de México se ha citado de la asociación 1 (subzona Cadischiana, Grün y Blau, 1997; Andreini et al., 2007) y asociación 2 (subzona Simplex) descritas por Zell et al. (2015).

Remaniella catalanoi Pop, 1996
(fig. 4e)

Remaniella cadischiana (Colom, 1949); Olóriz et al., 1995, lám. 1, fig. 25; Andreini et al., 2007, lám. 2, figs. 7, 8. *Remaniella catalanoi* n. sp. Pop, 1996, p. 320, figs. 10-15. *Remaniella catalanoi* Grün y Blau, 1997 lám. 1, figs. 13, 14; Reháková, 1998, p. 446, lám. 1, figs. 3-5; Andreini et al., 2007, p. 191, lám. 1, figs. 32a, b; lám. 2, figs. 4a, b; Reháková et al., 2009, lám. 2, fig. 8; Petrova et al., 2012, figs. 6.4-6.6; Lakova y Petrova, 2013, lám. 6, fig. 55; López-Martínez, Barragán y Reháková, 2013, fig. 6A; Maalaoui y Zargouni, 2016, p. 50, fig. (4) 16; Petrova et al., 2017, fig. 6.26.

Descripción. La lórica es ligeramente curvada hacia la parte externa y más ancha cerca de la mitad de su longitud, los anillos orales están bien diferenciados, el anillo exterior es muy delgado y ligeramente curvado hacia la parte superior, el anillo oral externo se dobla ligeramente hacia la parte externa de la lórica.

Comentarios taxonómicos

La especie es semejante a *Remaniella borzai*; sin embargo, difiere por su forma menos cilíndrica. Además, se diferencia de otras especies de *Remaniella* como son *R. ferasini*, *R. filipescui* y *R. duranddelgai*, por las características del collar, que en *R. catalanoi* presenta un anillo interno filiforme.

Distribución. Se registra para la parte alta del Berriasiano inferior (parte inferior de la subzona Ferasini)-Valanginiano inferior (subzona Murgeanui). En la sección analizada se ha encontrado en el nivel CEP-1.063, consistente en mudstone de calpionélidos, radiolarios y microbivalvos con algunas zonas con laminaciones. La especie fue definida inicialmente del Berriasiano-Valanginiano (subzonas Ferasini-Murgeanui) para Rumania (Pop, 1996). Para Sicilia, se tiene registro desde la parte inferior no basal del Berriasiano inferior, hasta la parte media de la zona Calpionella (subzona Cadischiana; Andreini et al., 2017). Las primeras apariciones de la especie *R. catalanoi* permiten diferenciar la subzona Catalanoi correspondiente en parte a la subzona A3 de Remane (1963, 1964, 1971) de la Fosa Vocontiana, perteneciente a la parte más alta del Tithoniano hasta la base del Berriasiano y caracterizada por la presencia *Calpionella alpina* (variedad grande), *Crassicollaria brevis*, *C. massutiniana*, *C. parvula*, *C. cf. intermedia* y *Remaniella ferasini* (Grün y Blau, 1997). También se ha indicado que para la división tripartita

propuesta (*sensu* Trejo, 1976, 1980) esta subzona es equivalente a la subzona Colomi (Grün y Blau, 1997). En México se ha descrito solamente en Tlatlauquitepec, Puebla en la subzona Darderi, en asociación con las especies *Calpionella alpina*, *Calpionellites darderi*, *Remaniella filipescui* y *Calpionellopsis oblonga* (López-Martínez, Barragán et al., 2017).

Género *Calpionellites* Colom, 1948

Especie tipo: *Calpionellites darderi* (Colom, 1934)

Calpionellites darderi (Colom, 1934)

(fig. 4j, 4k)

Calpionella darderi n. sp. Colom, 1934, lám. 31, fig. 3. *Calpionellites darderi* Colom, 1948, p. 258, fig. (12) 1-15; Bonet, 1956, lám. 16, fig. 2; Trejo, 1976, lám. 18, fig. 2; Remane, 1985, p. 570; fig. (18) 5-6; Adatte et al., 1991, lám. 1, fig. 4; Altiner y Özkan, 1991, lám. 5, figs. 11-16; Tunç, 1991, lám. 4, figs. 4-5; Pop, 1994, lám. 2, figs. 7, 8; Grün y Blau, 1997, lám. 2, fig. 12; Concetta Marino et al., 2004, lám. 3, fig. 16; Andreini et al., 2007, lám. 3, fig. 5; Okay y Altiner, 2007, lám. 2, fig. 56-61; Fözy et al., 2010, p. 537, fig. 9A-9B; Lakova y Petrova, 2013, lám. 4, figs. 20-24; lám. 7, figs. 25-26; Boorová, 2015, p. 103, fig. 6S. ? *Calpionellites darderi* Brönnimann, 1953, fig. 18. *non Calpionellites darderi* Trejo, 1976, lám. 18, fig. 5.

Descripción. La lórica presenta constricción oral que resulta de la deflexión hacia la parte interna del collar, con sobrecrecimiento cerca de las paredes laterales, lo que resulta en una constricción oral justo por debajo del final de la pared.

Comentarios taxonómicos

Otra especie de calpionélido con collar en forma muy marcada del embudo es *Remaniella murgeanui* (Pop, 1994), forma considerada transicional entre las formas típicas de *Remaniella* y *Calpionellites darderi* (Colom, 1934) (Remane, 1985). *Remaniella murgeanui* (Pop, 1944) se diferencia claramente de *C. darderi* por las paredes laterales rectas y el tamaño generalmente más grande, además, en *R. murgeanui*, los anillos orales divergen sin que haya una inclinación muy marcada hacia el interior de la abertura oral. Además, para el Valanginiano es posible que haya ocurrido una derivación entre las formas de *Praecalpionellites murganui*, *P. sirianensis*, *C. darderi*, *C. uncinata* y *C. coronata* (Pop, 1994). La especie se diferencia de *C. major* por su forma acampanada y lórica más corta y también de otras especies más pequeñas (*C. coronatus* y *C. caravacensis*).

No obstante, que la distinción entre *C. darderi* y *C. coronatus* es un poco complicada, no influye determinadamente en la bioestratigrafía, ya que el intervalo de *C. coronatus* es casi paralelo al de la otra

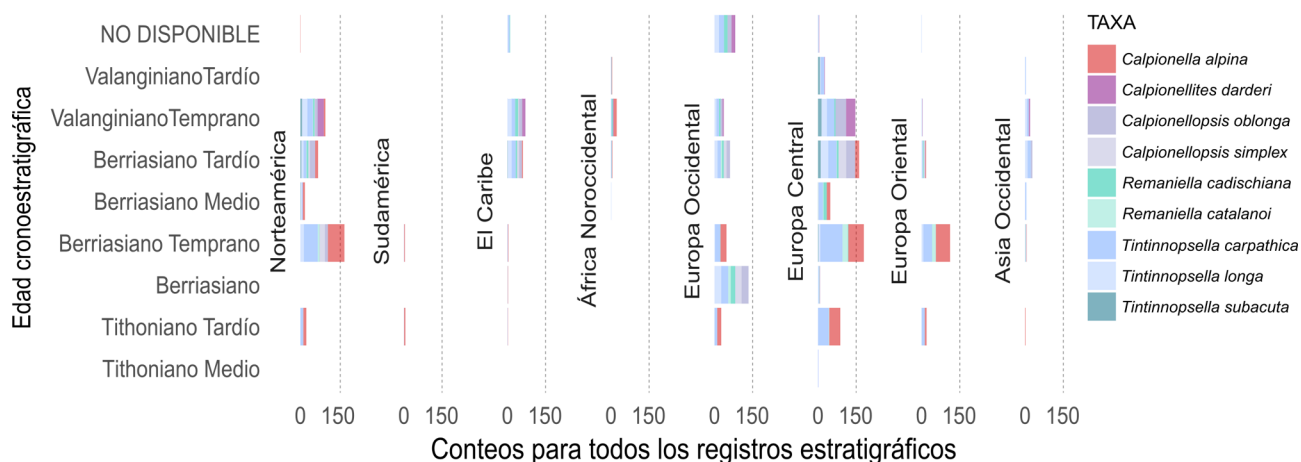


Figura 5. Distribución estratigráfica y geográfica de los taxones identificados.

especie (Remane, 1985). Algunas formas mexicanas se pueden confundir con la especie precursora, *Remaniella murgeanui* (Pop, 1994) = *Remaniella dadayi*, presentándose una transición muy rápida a través de la que es posible considerar el error estratigráfico prácticamente insignificante (Adatte et al., 1991).

Distribución. La especie se ha registrado en el Berriasiano superior-Hauteriviano inferior. En la sección estratigráfica estudiada se ha reconocido para el intervalo entre los niveles estratigráficos CEP-1.113 y CEP-1.256, conformados por mudstone y wackestone de calpionélidos y radiolarios con ocasionales microbivalvos y zonas bioturbadas, además de un nivel de limolita calcárea con fábrica laminada bien definida en algunas zonas.

Calpionellites darderi tiene una distribución amplia (Bulot et al., 1996; Aguado et al., 2000) que incluye registros del Valanginiano temprano- Valanginiano tardío en Europa en España (Aguado et al., 2000), Italia (Andreini et al., 2007), Austria (Lukeneder y Reháková, 2004), Bulgaria (Lakova et al., 1999), Turquía (Atasoy et al., 2018) y del Valanginiano temprano en Marruecos (Vincent et al., 1980), Irán (Benzzagagh et al., 2012) y el Caribe (Myczynski, 1989; Prémoli-Silva y McNulty, 1984). La especie ha sido identificada para el noreste de México en secciones de San Lucas y La Huasteca, en San Luis Potosí, junto con *Calpionellopsis oblonga* en la parte basal de la zona Calpionellites (Adatte et al., 1991) y los registros de calpionélidos del Valanginiano temprano que se presentan en esta región, incluyen a *Calpionellites caravacaensis*, *C. coronatus*, *Remaniella borzai*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa* y *T. subacuta* (Adatte et al., 1991). La primera aparición de *C. darderi* dentro de la subzona a la que

denomina C1-3 es considerada como “zona de Rango Total *Calpionellites darderi*”, con estratos unificados a partir de la presencia del taxón nominal (Longoria, 1977). En esta zona, el límite superior queda marcado por la extinción de los calpionélidos, lo que es aparentemente coincidente con la primera aparición de *Nannoconus bermudezi* (Brönnimann, 1955). La especie se ha identificado además para la región de Linares-Galeana-San Roberto, Nuevo León, donde se ha descrito en conjunto con macro y microfauna del Berriasiano-Hauteriviano de la formación Taraises (Padilla y Sánchez, 1978). Para el noreste de México, se ha indicado algunas formas transicionales en el intervalo C-D3 (subzona Darderi) que se presentan entre las formas del Berriasiano superior y el Valanginiano inferior (Eguiluz-de Antuñano et al., 2012). Los estratos donde esto ocurre incluyen registros de *Calpionellites* sp., *C. darderi*, *Tintinnopsella longa* y *T. carpathica*, así como amonites del género *Olcostephanus* situándolos entre el Valanginiano inferior-Hauteriviano inferior. También para el noroeste de México, en Cuencamé, Durango, se ha registrado a la especie para el intervalo de la parte alta del Berriasiano superior (subzona Murgeanui) a la parte media del Valanginiano inferior (subzona Major; Omaña et al., 2017). Por su parte, Zell et al. (2015) la ubican en su Asociación 5 en donde consideran que la abundancia de *Calpionella alpina* se vuelve decreciente.

Discusión

Se realizaron observaciones de las facies de limolita, caliza y limolita calcárea en las que se registró biota pelágica predominante conformada por radiolarios y

Tabla 1

Número de registros de calpionélidos para el Tithoniano.

Región	Referencias principales	<i>C. alpina</i>	<i>T. carpathica</i>	<i>R. catalanoi</i>	Especies asociadas
Norteamérica	Adatte et al. (1991); Ángeles-Villeda (2004); Eliuk y Leveske (1989); López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera, 2013 (2013, 2015); López-Martínez, Barragán et al. (2017); Omaña et al. (2017); Zell et al. (2015, 2016); este trabajo	1	1		<i>C. elliptalpina</i> , <i>T. remanei</i>
El Caribe	López-Martínez, Barragán y Reháková (2013); Myczynski (1989); Prémoli-Silva y McNulty (1984)	1	1		<i>Crassicollaria. brevis</i> , <i>Cr. colomi</i> , <i>Cr. intermedia</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>T. remanei</i>
Sudamérica	López-Martínez, Aguirre-Urreta et al. (2017)	1	1		<i>Cr. brevis</i> , <i>Cr. colomi</i> , <i>Cr. massutiniana</i> , <i>C. parvula</i>
Europa Occidental	Aguado et al. (2000); Olóriz et al. (1995); Platonov et al. (2014); Tavera et al. (1994); Wimbledon et al. (2013)	3	3		<i>C. grandalpina</i> , <i>Calpionella</i> sp., <i>Cr. cf. brevis</i> , <i>Cr. intermedia</i> , <i>Cr. massutiniana</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>Praetintinnopsella andrusovi</i> , <i>T. remanei</i>
Europa Central	Andreini et al. (2007); Carević et al. (2018); Grün and Blau (1997); Kollmann y Peza (1997); Lakova et al. (1999); Lukeneder y Reháková (2004); Morycowa (1968, 1975); Petrova et al. (2012, 2017)	8	9	1	? <i>Tintinnopsella remanei</i> , <i>C. alpina</i> (forma isométrica), <i>C. alpina</i> (forma grande), <i>C. alpina</i> (forma esférica), <i>C. alpina</i> ?, <i>C. elliptalpina</i> , <i>C. gr. alpina</i> , <i>C. grandalpina</i> , <i>Calpionella</i> sp., <i>Cr. brevis</i> , <i>Crassicollaria</i> cf. <i>brevis</i> , <i>Crassicollaria</i> cf. <i>intermedia</i> , <i>Cr. colomi</i> , <i>Cr. intermedia</i> , <i>Cr. massutiniana</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>Crassicollaria</i> sp., <i>P. andrusovi</i> , <i>R. duranddelgai</i> , <i>R. ferasini</i> , <i>Tintinnopsella</i> cf. <i>remanei</i> , <i>Tintinnopsella</i> gr. <i>carpathica</i> , <i>T. remanei</i>
Europa Oriental	Akgümüs (2019); Atasoy et al. (2018); Borza et al. (1984); Dragastan (2011); Reháková et al. (2009)	2	3		<i>C. elliptalpina</i> , <i>C. grandalpina</i> , <i>Tintinnopsella remanei</i>
Asia Occidental	Benzaggagh et al. (2012); Rousseau et al. (2005)	2			<i>Calpionella</i> aff. <i>alpina</i> , <i>Cr. parvula</i>

calpionélidos. Estos últimos permitieron reconocer las siguientes sucesiones de zonas bioestratigráficas de acuerdo con el contenido de elementos paleontológicos que se describen a continuación.

Berriasiano Superior - zona de Calpionellopsis, subzona de Oblonga (Berriasiano tardío; niveles CEP-B-A – CEP-I.112)

La subzona es reconocida por la abundante presencia de *Calpionellopsis oblonga*, que se encuentra desde los

primeros niveles estratigráficos en la Sección Padhi, con casi nulos registros de *Calpionella alpina* (fig. 4a) y *Calpionellopsis simplex* (fig. 4b). La parte media de la subzona presenta algunos ejemplares de *Tintinnopsella carpathica* (fig. 4c) además de *R. cadischiana* (fig. 4d), *Remaniella* sp., *T. catalanoi* (fig. 4e) y *Tintinnopsella subacuta* (fig. 4f, g). La zona de *Calpionellopsis* con la última de las subzonas corresponde a la subzona Oblonga, que se ha reconocido con las primeras apariciones de la especie que le da nombre. La especie *Calpionellopsis*

Tabla 2

Número de registros de calpionélidos para el Berriasiano.

Región	Referencias principales	<i>C. alpina</i>	<i>C. darderi</i>	<i>C. oblonga</i>	<i>C. simplex</i>	<i>R. cadischia</i>	<i>R. catalanoi</i>	<i>T. carpathica</i>	<i>T. longa</i>	<i>T. subacuta</i>	Especies asociadas
Norteamérica	Adatte et al. (1991); Ángeles-Villeda (2004); Eliuk y Leveske (1989); López-Martínez et al. (2015); López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera (2013); López-Martínez, Barragán et al. (2017); Omaña et al. (2017); Zell et al. (2015, 2016); este trabajo	19	5	14	10	6	3	17	16	6	<i>C. elliptica</i> , <i>C. minuta</i> , <i>C. oblonga</i> , <i>C. simplex</i> , <i>Crassicollaria</i> sp., <i>R. borzai</i> , <i>R. colomi</i> , <i>R. duranddelgai</i> , <i>R. ferasini</i> , <i>R. filipescui</i> , <i>T. doliphormis</i>
El Caribe	López-Martínez, Barragán y Reháková (2013); Myczynski (1989); Prémoli-Silva y McNulty (1984)	5	4	5	7	4		7	5	1	<i>C. alpina</i> (forma atípica), <i>C. elliptica</i> , <i>C. elliptica</i> ?, <i>C. minuta</i> , <i>Calpionella</i> sp., <i>Cr. parvula</i> , <i>R. dadayi</i> , <i>R. duranddelgai</i> , <i>R. ferasini</i>
Sudamérica	López-Martínez, Aguirre- Urreta et al. (2017)	2						2			<i>Cr. massutiniana</i> , <i>T. remanei</i>
África noroccidental	Benest et al. (1996); Vincent et al. (1990)	4	1			3		5			<i>C. elliptica</i> , <i>C. simplex</i> aff., <i>Calpionellopsis</i> sp.
Europa Occidental	Aguado et al. (2000); Oloriz et al. (1995); Platonov et al. (2014); Tavera et al. (1994); Wimbledon et al. (2013)	6	3	10	5	9	3	17	12		<i>Calpionella</i> aff. <i>C. alpina</i> , <i>C. elliptica</i> , <i>C. grandalpina</i> , <i>C. minuta</i> , <i>Calpionella</i> sp., <i>Cr. intermedia</i> , <i>Cr. massutiniana</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>Lorenziella dacica</i> , <i>L.</i> <i>hungarica</i> , <i>P. murgeanui</i> , <i>R. borzai</i> , <i>R.</i> <i>ferasini</i> , <i>R. filipescui</i> , <i>T. doliphormis</i> , <i>T.</i> <i>remanei</i>
Europa Central	Andreini et al. (2007); Carević et al. (2018); Grün y Blau (1997); Kollmann y Peza (1997); Lakova et al. (1999); Lukeneder y Reháková (2004); Morycowa (1968, Petrova et al. (2012, 2017)	26	9	15	7	9	10	42	18	11	<i>Calpionella</i> ? <i>austriaca</i> aff., <i>C. alpina</i> (forma isométrica), <i>Calpionella alpina</i> (forma grande), <i>C. alpina</i> (forma esférica), <i>C. alpina</i> ?, <i>C. alpina</i> cf., <i>C.</i> <i>elliptica</i> , <i>C. elliptica</i> cf., <i>Calpionella</i> gr. <i>alpina</i> , <i>C. grandalpina</i> , <i>C. minuta</i> , <i>Calpionella</i> sp., <i>Calpionella</i> sp. A, <i>Calpionellopsis</i> sp. A., <i>Calpionellopsis</i> sp. B., <i>Crassicollaria</i> cf. <i>brevis</i> , <i>Crassicollaria</i> cf. <i>intermedia</i> , <i>Cr.</i> <i>colomi</i> , <i>Cr. intermedia</i> , <i>Cr.</i> <i>massutiniana</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>Lorenziella</i> <i>hungarica</i> , <i>L. plicata</i> , <i>Praecalpionellites</i> . <i>dadayi</i> , <i>P. filipescui</i> , <i>P. murgeanui</i> , <i>Praetintinnopsella andrusovi</i> , <i>R. borzai</i> , <i>R. colomi</i> , <i>R. duranddelgai</i> , <i>R. ferasini</i> , <i>R. filipescui</i> , <i>Tintinnopsella</i> cf. <i>remanei</i> , <i>T. dacica</i> , <i>T. doliphormis</i> , <i>Tintinnopsella</i> gr. <i>carpathica</i>

Tabla 2. Continúa

Región	Referencias principales	<i>C. alpina</i>	<i>C. darderi</i>	<i>C. oblonga</i>	<i>C. simplex</i>	<i>R. cadischia</i>	<i>R. catalanoi</i>	<i>T. carpathica</i>	<i>T. longa</i>	<i>T. subacuta</i>	Especies asociadas
Europa Oriental	Akgümüs (2019); Atasoy et al. (2018); Borza et al. (1984); Dragastan (2011); Reháková et al. (2009)	8	1	2	1	1	3	11	3		<i>C. elliptica</i> , <i>C. minuta</i> , <i>Crassicollaria massutiniana</i> , <i>Cr. parvula</i> , <i>Remaniella borzai</i> , <i>R. dadayi</i> , <i>R. duranddelgai</i> , <i>R. ferasini</i> , <i>R. filipescui</i> , <i>Remaniella</i> sp., <i>T. doliphormis</i> , <i>T. remanei</i> ?, <i>Tintinnopsella</i> sp.
Asia Occidental	Benzaggagh et al. (2012); Rousseau et al. (2005)	3	1	4	1	1		5	2		<i>C. elliptica</i> , <i>R. colomi</i> , <i>R. ferasini</i>

oblonga ha sido citada para Europa como coetánea con la especie *Remaniella filipescui* cuya asociación se toma como inicio de esta subzona, a la par de una marcada disminución en la abundancia de *C. oblonga*. Para el noreste de México, se ha mencionado que la subzona de Calpionellopsis oblonga se encuentra en estratos que incluyen a esta especie junto con *Tintinnopsella longa* y *T. carpathica*, así como formas pequeñas de *Calpionella alpina* (Eguiluz-de Antuñano et al., 2012); lo cual coincide con este trabajo. Para el noreste de México, se ha encontrado también a *C. oblonga* asociada a registros de amonites de los géneros *Karakaschiceras* y *Olcostephanus*. Para Tlatlauquitepec, Puebla, México, se ha definido el inicio de esta subzona con base en la presencia de *C. oblonga* y *C. simplex*, identificándose dentro de la misma a *Lorenziella plicata*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *T. subacuta*, *Calpionella alpina*, *Remaniella colomi* y *R. filipescui* (López-Martínez, Barragán et al., 2017).

Berriasiano Superior-Valanginiano Inferior - zona de Calpionellites, subzona Darderi (Valanginiano temprano; niveles CEP-1.113 – CEP-T-L)

La subzona se caracteriza por los primeros registros de *Calpionellites darderi* que se asocian a registros de *Tintinnopsella longa* (fig. 4k, l), *T. carpathica* (fig. 4c) y *C. oblonga* (fig. 4l), que se vuelve menos conspicua y constante desde la primera mención para esta subzona. En la sección estratigráfica Padhi, el límite inferior de esta subzona es coincidente con un cambio litológico que ocurre entre niveles de lutita, limolita calcárea y caliza con textura mudstone-wackestone de calpionélidos y radiolarios en los que se encuentran ocasionales bivalvos y pequeños intervalos que presentan dolomita, hacia el nivel CEP-1.259 se vuelve también menos constante la especie *C. darderi*. La parte superior de la Sección Padhi

muestra, además, una disminución de la diversidad de especies con únicamente presencia de *R. cadischiana*, *T. longa* y *C. oblonga*. Para la zona de Calpionellites, subzona de Darderi, se ha argumentado sobre la existencia de una transición entre las formas del Berriasiano superior-Valanginiano inferior para el intervalo que Remane (1971) reconoció como la transición entre las zonas C y D3, en la que se han identificado las especies *Calpionellites* spp., *Calpionellites darderi*, *Tintinnopsella longa*, *T. carpathica* y amonites del género *Olcostephanus*, con registros que abarcan hasta el Hauteriviano inferior (Eguiluz-de Antuñano et al., 2012). También se ha destacado que para regiones del paleo-margen del Tetis (Provincia Bética, los Apeninos, los Alpes y los Cárpatos) se ha considerado de manera tradicional a la primera ocurrencia de *Calpionellites darderi* como la indicativa de la subzona Darderi dentro de la zona de Calpionellites, que define el límite Berriasiano-Valanginiano (Aguado et al., 2000; Andreini et al., 2007). En la parte media del intervalo se han reconocido los últimos registros de *Calpionellites darderi*, *Calpionellopsis simplex*, *Tintinnopsella carpathica* y *Remaniella cadischiana* y, más frecuentemente de *Tintinnopsella longa* en mudstone y limolita calcárea. En este intervalo, se ha mencionado la presencia de *Remaniella filipescui*, *R. catalanoi* y *Calpionella alpina* en la asociación microfaunística característica de este intervalo en Tlatlauquitepec, Puebla, México (López-Martínez et al., 2017).

Comparación del registro bioestratigráfico de la Sección Padhi con el de otras regiones de México y el mundo

Las especies descritas en este trabajo tienen un registro estratigráfico para México, que abarca del Tithoniano tardío al Valanginiano temprano. El Tithoniano tardío incluye registros de *Tintinnopsella remanei* solamente en

Tabla 3

Número de registros de calpionélidos para el Valanginiano.

Región	Referencias principales	<i>C. alpina</i>	<i>C. darderi</i>	<i>C. oblonga</i>	<i>C. simplex</i>	<i>R. cadischia</i>	<i>R. catalanoi</i>	<i>T. carpathica</i>	<i>T. longa</i>	<i>T. subacuta</i>	Especies asociadas
Norteamérica	Adatte et al. (1991); Ángeles-Villeda (2004); Eliuk y Leveske (1989); López-Martínez et al. (2015); López-Martínez, Barragán, Reháková y Cobiella-Reguera (2013); López-Martínez, Barragán et al. (2017); Omaña et al. (2017); Zell et al. (2015, 2016); este trabajo	3	5	4	2	2	1	4	5	2	<i>C. elliptica</i> , <i>Calpionellites caravacaensis</i> , <i>C. coronatus</i> , <i>C. major</i> , <i>Calpionellites</i> sp., <i>Praecalpionellites murgeanui</i> , <i>P. siriniaensis</i> , <i>R. borzai</i> , <i>R. filipescui</i> , <i>T. dacica</i> , <i>Tintinnopsella</i> sp.
El Caribe	López-Martínez, Barragán y Reháková (2013); Myczynski (1989); Prémoli-Silva y McNulty (1984)		4	1	1	1		1	1		<i>C. alpina</i> (forma atípica), <i>Remaniella dadayi</i>
África noroccidental	Benest et al. (1996); Vincent et al. (1990)	2	1			2		2			<i>Calpionella elliptica</i>
Europa Occidental	Aguado et al. (2000); Olóriz et al. (1995); Platonov et al. (2014); Tavera et al. (1994); Wimbledon et al. (2013)		1	2		2		2	2		<i>Calpionella</i> aff. <i>C. alpina</i> , <i>Calpionellites caravacaensis</i> , <i>Remaniella borzai</i>
Europa Central	Andreini et al. (2007); Carević et al. (2018); Grün y Blau (1997); Kollmann y Peza (1997); Lakova et al. (1999); Lukeneder y Reháková (2004); Morycowa (1968); Morycowa (1975); Petrova et al. (2012, 2017)		7	6		1		10	7	5	? <i>Praecalpionellites dadayi</i> , <i>C. elliptica</i> , <i>C. minuta</i> , <i>Calpionellites caravacaensis</i> , <i>C. coronata</i> , <i>C. coronata</i> cf., <i>C. coronatus</i> , <i>C. major</i> , <i>C. uncinata</i> , <i>L. hungarica</i> , <i>L. plicata</i> , <i>P. dadayi</i> , <i>P. filipescui</i> , <i>P. murgeanui</i> , <i>P. siriniaensis</i> , <i>R. ferasini</i> , <i>R. filipescui</i>
Europa Oriental	Akgümüs (2019); Atasoy et al. (2018); Borza et al. (1984); Dragastan (2011); Reháková et al. (2009)		1	1				1	1		
Asia Occidental	Benzaggagh et al. (2012); Rousseau et al. (2005)		1	1				2	1		<i>C. coronatus</i> , <i>Remaniella</i> gr. <i>murgeanui</i>

Italia (Andreini et al., 2007) que se consideran los más antiguos con relación a los taxones identificados para la Sección Padhi. A su vez, los ejemplares de *T. carpathica* del Tithoniano medio documentados para Bulgaria (Lakova et al., 1999) también son los únicos de esa edad que también se identificaron en la Sección Padhi (tabla 1).

Para el Berriasiano es importante mencionar que la diversidad de especies de los géneros *Calpionella* y *Crassicollaria* es notable. Además, en este período se tiene un mayor número de registros con respecto al de otros períodos y son también más notorios los registros de *Praecalpionellites* y *Lorenziella* (tabla 2).

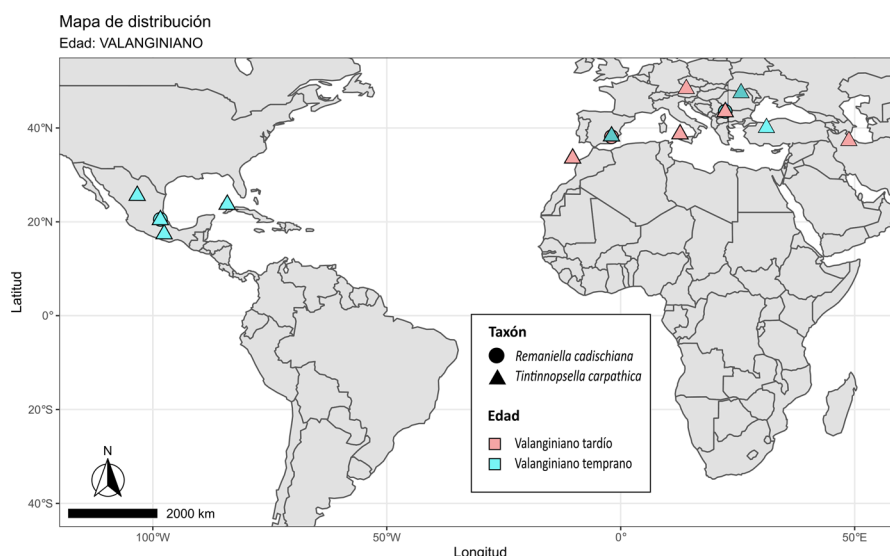


Figura 6. Mapa de distribución mundial de *Remaniella cadischiana* y *Tintinnopsella carpathica* para el Valanginiano.

Para el Valanginiano sigue existiendo un número importante de taxones identificados a nivel mundial, aunque no se han encontrado registros para Sudamérica pues gran parte de las regiones se encontraban emergidas (tabla 3). Particularmente, para el Valanginiano tardío se observa la ausencia de *T. carpathica* en América del Norte, lo que posiblemente se deba a provincialismo en el Tetis mediterráneo, con registros de esa edad para África noroccidental, Europa y Asia occidental, particularmente en Marruecos (Vincent et al., 1980), Italia (Andreini et al., 2007), Austria (Lukeneder y Reháková, 2004), Bulgaria (Lakova et al., 1999) e Irán (Benzaggagh et al., 2012). Lo anterior también se observa con los reportes más recientes de *Remaniella cadischiana*, para el Valanginiano temprano de México (Zell et al., 2015), el Caribe (Premoli-Silva, 1984), Marruecos (Vincent et al., 1980), España (Aguado et al., 2000) y Bulgaria (Lakova et al., 1999), en tanto que estas especies del Valanginiano tardío se encuentran escasamente en el noroeste de Marruecos (Vincent et al., 1980) (fig. 6).

De acuerdo con Reháková (2000), los calpionélidos fueron organismos sensibles a variaciones ambientales de salinidad, nivel del mar y aporte de nutrientes, por lo que pueden utilizarse como marcadores de estos cambios. Además, se consideran un componente principal de ambientes pelágicos durante el Jurásico tardío-Cretácico temprano conformando microfacies con abundancia de calpionélidos, típicas de regiones de cuenca profunda (Flügel, 2004; Ivanova et al., 2006; Lakova et al., 2007; Reháková et al., 2011).

Por otra parte, la abundancia de radiolarios en el Valanginiano temprano (zona de Calpionellites) indica cambios en la disponibilidad de nutrientes (Erba et al., 2004) y se considera que el predominio de estos organismos es típico de los sedimentos depositados durante los períodos con alta productividad en el agua de mares someros, lo que a su vez se relaciona con sistemas de surgencias (Baumgartner, 2013; DeWever et al., 2002, 2014; Nigrini y Caulet, 1992). Para el Valanginiano medio se ha documentado un aumento en el flujo de nutrientes y fertilidad asociado al “Evento Weissert” (Erba et al., 2004; Föllmi, 2012; Mattioli et al., 2014).

Agradecimientos

Se agradecen las sugerencias y comentarios de Ana Bertha Villaseñor Martínez y Lourdes Omaña del Instituto de Geología de la UNAM, que permitieron mejorar el trabajo. También se reconoce a Enoch García y Marco Antonio Argáez por el apoyo en el trabajo de campo y en el tratamiento de las muestras. Se agradece igualmente a los revisores del manuscrito quienes han permitido enriquecer y mejorar este trabajo. El apoyo para la realización del trabajo de campo y de laboratorio fue a través de los proyectos DGAPA IN 108516 e IN 108919.

Referencias

- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H. y Remane, J. (1991). Correlaciones multiestratigráficas en el límite Jurásico-

- Cretácico en el noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 51, 23–51.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Remane, J. y Hubberten, H. (1996). Paleooceanographic changes at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Tethys, northeastern Mexico. *Cretaceous Research*, 17, 671–689.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Remane, J., Hubberten, H. y López-Oliva, (2001). Correlation of a Valanginian stable isotopic excursion in Northeastern Mexico with the European Tethys. En C. Bartolini, R. T. Buffler y A. Cantú-Chapa (Eds.), *The Western Gulf of Mexico Basin: tectonics, sedimentary basins and petroleum systems: American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Memoir 75* (pp. 371–388). Tulsa, Oklahoma, EUA.
- Aguado, R., Company, M. y Tavera, J. M. (2000). The Berriasian/Valanginian boundary in the Mediterranean region: new data from the Caravaca and Cehegin sections, SE Spain. *Cretaceous Research*, 21, 1–21.
- Akgümüş, B. (2019). *Taxonomy and biostratigraphy of calpionellids and Saccocoma across the Jurassic-Cretaceous boundary beds of the Alci Block: Alacaatli Olistostromes (Tesis de maestría en Science in Geological Engineering)*. Department Ankara, Turkey, Middle East Technical University.
- Allemann, F., Catalano, R., Fares, F. y Remane, J. (1971). Standard Calpionellid zonation (upper Tithonian-Valanginian) of the western Mediterranean Province. En A. Farinacci (Ed.), *Proceedings of the II Planktonic Conference* (pp. 1337–1340). Roma.
- Allemann, F., Grün, W. y Wiedmann, J. (1975). The Berriasian of Caravaca (Prov. of Murcia) in the subbetic zone of Spain and its importance for defining this stage and the Jurassic-Cretaceous boundary. Colloque sur la limite Jurassique-Cretace, Lyon, Neuchatel, sept. 1973. *Memories du Bureau de Recherches Geologiques et Minieres*, 86, 14–22.
- Allemann, F. y Remane, J. (1979). Les faunes de calpionelles du Berriasien supérieur/Valanginien. En R. Busnardo, J. P. Thieuloy y M. Moullade (Eds.), *Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien, Sud-Est de la France* (pp. 99–109). Paris : CNRS.
- Altner, D. y Özkan, S. (1991). Calpionellid zonation in northwestern Anatolia (Turkey) and calibration of the stratigraphic ranges of some benthic foraminifera at the Jurassic – Cretaceous boundary. *Geologica Romana*, 27, 215–235.
- Andreini, G., Caracuel, J. E. y Parisi, G. (2007). Calpionellid biostratigraphy of the Upper Tithonian-Upper Valanginian Interval in Western Sicily (Italy). *Swiss Journal of Geosciences*, 100, 179–198.
- Ángeles-Villeda, M. E. (2004). *Paleoecología y bioestratigrafía del contacto entre las formaciones La Casita y Taraies en la Sierra Minas Viejas al noreste de Monterrey, Nuevo León, México (Tesis de maestría)*. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Atasoy, S. G., Altner, D. y Okay, A. I. (2018). Reconstruction of a Late Jurassic-Early Cretaceous carbonate platform margin with composite biostratigraphy and microfacies analysis (western Sakarya Zone, Turkey): paleogeographic and tectonic implications. *Cretaceous Research*, 92, 66–93.
- Barbu, V. y Melinte-Dobrinescu, M. C. (2008). Latest Jurassic to earliest Cretaceous paleoenvironmental changes in the Southern Carpathians, Romania: regional record of the late Valanginian nutrification event. *Cretaceous Research*, 29, 790–802.
- Baumgartner, P. O. (2013). Mesozoic radiolarites-accumulation as a function of sea surface fertility on Tethyan margins and in ocean basins. *Sedimentology*, 60, 292–318.
- Benest, M., Gaspard, D. y Ghali, M. (1996). Les brachiopodes de l'avant-pays ouest-algerien lors de la phase transgressive maximale du Berriasien superieur; systematique, environnement, paleogeographie. *Géobios*, 29, 13–34.
- Benzaggagh, M., Cecca, F., Schnyder, J., Seyed-Emami, K. y Reza-Majidifard, M. (2012). Calpionellids and pelagic microfaunas of Upper Jurassic - Lower Cretaceous Shal and Kolor Formations (Talesh Mountains, Alborz Chain, North-West Iran). Stratigraphic distribution, new species, systematic revision and regional comparisons. *Annales de Paléontologie*, 98, 253–301.
- Bivand, R. S., Pebesma, E. J. y Gómez-Rubio, V. (2013). *Applied spatial data analysis with R*. New York: Springer.
- Blanc, E. (1995). *Transect plateforme-bassin dans les séries carbonatées de Berriasien supérieur et du Valanginien inférieur (domaines jurasien et nord-vocontien) (Tesis doctoral)*. Grenoble, France.
- Blau, J. y Grün, B. (1997). Late Jurassic/Early Cretaceous revised calpionellid zonal and subzonal division and correlation with ammonite and absolute time scales. *Mineralia Slovaca*, 29, 297–300.
- Bonet, F. (1956). Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del este de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 8, 389–488.
- Boorová, D., Skupien, P., Vasicek, Z. y Lobitzer, H. (2015). Biostratigraphy of the Lower Cretaceous Schrambach Formation on the classical locality of Schrambachgraben (Northern Calcareous Alps, Salzburg Area). *Bulletin of Geosciences*, 90, 89–131.
- Borza, K. (1969). *Die Mikrofazies und Mikrofossilien des Oberjuras und der Unterkreide der Klippenzone der Westkarpaten*. Slovakische Akadamie der Wissenschaften Verlag, Bratislava.
- Brönnimann, P. (1953). On the occurrence of Calpionellids in Cuba. *Eclogae Geologica Helvetiae*, 46, 263–268.
- Brönnimann, P. (1955). Microfossils incertae sedis from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Cuba. *Micropaleontology*, 1, 28–51.
- Bulot, L., Blanc, E., Company, M., Gardin, S., Hennig, S., Hoedemaeker, P. J. et al. (1996). The Valanginian stage. En P. F. Rawson, A. V. Dhondt, J. M. Hancock y W. J. Kennedy (Eds.), *Proceedings of Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries, Brussels 8-16 September 1995* (pp. 11–18). Bulletin Institut Royal Sciences Naturelles Belgique Sciences de la Terre, Volume 66, Supplement.

- Cadisch, J. (1932). Ein Beitrag zum Calpionellen-Problem. *Geologische Rundschau*, 23, 241–257.
- Carević, I., Taherpour-Khalil-Abad, M., Mirković, M., Jovanović, V., Mojtahtedin, E. y Vušković, D. (2018). Calpionellid biostratigraphy and microfacies of the Upper Tithonian pelagic carbonates in northeastern Serbia (Carpatho-Balkanides). *Geologica Carpathica*, 69, 301–311.
- Carrillo-Bravo, J. (1965). Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla. *Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 17, 73–96.
- Catalano, R. (1965). Calpionelle di Calabianca (Castellamare, Sicilia). *Atti della Società Toscana des Sciences Natureles, Series. A*, 72, 484–507.
- Catalano, R. y Liguori, V. (1971). Facies and Calpionellids from western Sicilia. En A. Farinacci (Ed.), *Proceedings of the II. Planktonic Conference, Roma, 1970* (pp. 167–209). Tecnoscienza, Roma.
- Colom, G. (1948). Fossil tintinnids: loricated infusoria of the order of the Oligotricha. *Journal of Paleontology*, 22, 233–263.
- DeWever, P., Dumitrica, P., Caulet, J., Nigrini, C. y Caridroit, M. (2002). *Radiolarians in the Sedimentary Record*. Boca Raton: CRC Press.
- DeWever, P., O'Dogherty, L. y Gorican, S. (2014). Monsoon as a cause of Radiolarite in the Tethyan Realm. *Comptes Rendus Geoscience*, 346, 11–12.
- Doben, K. (1963). Ueber Calpionelliden an der Jura/Kreide-Grenze. *Mitt. Bayer. Staatsamml. Paläontology und Historical Geology*, 3, 35–50.
- Dragastan, O. (2011). Early Cretaceous Foraminifera, algal nodules and calpionellids from the Lapos Valley, Bicăz Gorges (Eastern Carpathians, Romania). *Analele Stiintifice ale Universitatii "Al. I. Cuza" - Seria Geologie*, 57, 91–105.
- Eguiluz-de Antuñano, S., Olivares-Ramos, D. y López-Martínez, R. (2012). Discordancia entre el Jurásico y Cretácico en Huizachal, Tamaulipas, México: Su posible correlación con un límite de secuencia global. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, 87–102.
- Eliuk, L. y Levesque, R. (1989). Earliest Cretaceous sponge reef mounds, Nova Scotia Shelf (Shell Demascotia). En H. H. J. Geldsetzer, N. P. James y G. E. Tebbutt (Eds.), *Reefs, Canada and adjacent areas* (pp. 713–720). Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 13.
- Erba, E., Bartolini, A. y Larson, R. L. (2004). Valanginian Weissert oceanic anoxic event. *Geology*, 32, 149–152.
- Flügel, E. (2004). *Microfacies of carbonate rocks: analysis, Interpretation and application*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Föllmi, K. B. (2012). Early Cretaceous life, climate and anoxia. *Cretaceous Research*, 35, 230–257.
- Grün, B. y Blau, J. (1996). Phylogenie, systematik und biostratigraphie der Calpionellidae Bonet, 1956: Neue Oaten aus dem Rosso Ammonitico Superiore und dem Biancone Oberjural/Unterkreide: Tithon - Valangin) von Ra Stua (Prov. Belluno, Italien). *Reviews in Paléobiology*, 15, 571–595.
- Grün, B. y Blau, J. (1997). New aspects of calpionellid biochronology: proposal for a revised calpionellid zonal and subzonal division. *Revue de Paleobiologie*, 16, 197–214.
- Houša, V., Krs, M., Krsová, M., Man, O., Pruner, P. y Venhodová, D. (1999). High-resolution magnetostratigraphy and micropalaeontology across the J/K boundary strata at Brodno near Žilina, western Slovakia: Summary of results. *Cretaceous Research*, 20, 699–717.
- Ivanova, D., Koleva-Rekalova, E., Lakova, I. y Metodiev, L. (2006). Callovian to Berriasian pelagic carbonates in the Western Fore-Balkan, Bulgaria: microfacies, ammonite and microfossil zonations. *Volumina Jurassica. Abstracts*, 4, 175–177.
- Kollmann, H. A. y Peza, L. H. (1997). Diptyxis Oppenheim (Nerineacea, Gastropoda) from the Lower Cretaceous of Albania. On the distribution of the genus *Diptyxis*. *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien, A*, 98, 17–33.
- Lakova, I. (1994). Numerical criteria of precise delimitation of the calpionellid Crassicollaria and Calpionella zones in relation to the Jurassic/Cretaceous system boundary. *Geologica Balcanica*, 24, 23–30.
- Lakova, I., Stoykova, K. e Ivanova, D. (1999). Calpionellid, nannofossil and calcareous dinocysts bioevents and integrated biochronology of the Tithonian to Valanginian in the Western Balkanides, Bulgaria. *Geologica Carpathica*, 5, 151–168.
- Lakova, I., Tchoumatchenco, P., Ivanova, D. y Koleva-Rekalova, E. (2007). Callovian to Lower Cretaceous pelagic carbonates in the west Balkan Mountain (Komshtitsa and Barlya sections): Integrated Biostratigraphy and Microfacies. *Geologica Balcanica*, 36, 81–89.
- Longoria, J. F. (1975). Estratigrafía de la Sierra Comancheana del Noreste de México. *Boletín de Sociedad Geológica de México*, 36, 31–59.
- Longoria, J. F. (1977). Bioestratigrafía del Cretácico Inferior Basada en Microfósiles Planctónicos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 38, 2–17.
- López-Martínez, R., Aguirre-Urreta, B., Lescano, M., Cocheyro, A., Vennari, V. y Ramos, V. A., (2017). Tethyan calpionellids in the Neuquen Basin (Argentine Andes), their significance in defining the Jurassic/Cretaceous boundary and pathways for Tethyan-Eastern Pacific connections. *Journal of South American Earth Sciences*, 78, 116–125.
- López-Martínez, R., Barragán, R., Bernal, J. P., Reháková, D., Gómez-Tuena, A., Martini, M. et al. (2017). Integrated stratigraphy and isotopic ages at the Berriasian-Valanginian boundary at Tlatlauquitepec (Puebla, Mexico). *Journal of South American Earth Sciences*, 75, 1–10.
- López-Martínez, R., Barragán, R. y Reháková, D. (2013). The Jurassic/Cretaceous boundary in the Apulco area by means of calpionellids and calcareous dinoflagellates: An alternative to the classical Mazatepec section in eastern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 47, 142–151.
- López-Martínez, R., Barragán, R., Reháková, D. y Cobiella-Reguera, J. L. (2013). Calpionellid distribution and

- microfacies across the Jurassic/ Cretaceous boundary in western Cuba (Sierra de los Órganos). *Geologica Carpathica*, 64, 195–208.
- López-Martínez, R., Barragán, R., Reháková, D., Martini, M. y Eguiluz-de Antuñano, S. (2015). Calpionellid biostratigraphy, U-Pb geochronology and microfacies of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Pimienta Formation (Tamazunchale, San Luis Potosí, central-eastern Mexico). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67, 75–86.
- Lukeneder, A., Halássová, E., Kroh, A., Mayhofer, S., Reháková, D., Schnabl, P. et al. (2009). Results on the Jurassic-Cretaceous boundary in the Gresten Klippenbelt (Austria): Macro-, micro-, nanofossils, isotopes, geochemistry, susceptibility, gamma-log and palaeomagnetic data as environmental proxies of the early Penninic Ocean history. *Geophysical Research Abstracts*, 11, EGU2009–2119.
- Lukeneder, A. y Reháková, D. (2004). Lower Cretaceous section of the Ternberg Nappe (Northern Calcareous Alps, Upper Austria): Facies changes, biostratigraphy and paleoecology. *Geologica Carpathica*, 55, 227–237.
- Mattioli, E., Pittet, B., Riquier, L. y Grossi, V. (2014). The middle Valanginian Weissert event as recorded by calcareous nannoplankton in the Vocontian Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414, 472–485.
- Michalik, J. y Reháková, D. (2011). Possible markers of the Jurassic/Cretaceous boundary in the Mediterranean Tethys: A review and state of art. *Geoscience Frontiers*, 2, 475–490.
- Morycowa, E. (1968). Sur les calcaires exotiques Madréporaires dans les Lac Roznów (Carpathes polonaises de Flysch). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 38, 19–32.
- Muir, J. M. (1936). *Geology of the Tampico Region*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Tulsa, Oklahoma, EUA.
- Murgeanu, G. y Filipescu, M. (1933). *Calpionella carpathica* n. sp. dans les Carpates Roumaines. *Notationes Biologicae*, 1, 64–65.
- Myczynski, R. (1989). Ammonite biostratigraphy of the Tithonian of western Cuba. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 5, 43–125.
- Nigrini, C. y Caulet, J. P. (1992). Late Neogene radiolarian assemblages' characteristic of Indo-Pacific areas of upwelling. *Micropaleontology*, 38, 139–164.
- Ochoa-Camarillo, H. R., Buitrón-Sánchez, B. E. y Silva-Pineda, A. (1998). Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía, paleoecología y tectónica del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región del Molango, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencia Geológicas*, 15, 57–63.
- Olóriz, F., Caracul, J. E., Marques, B. y Rodríguez-Tovar, F. J. (1995). Asociaciones de tintínidos en facies Ammonítico Rosso de la Sierra Norte (Mallorca). *Revista Española de Paleontología. Número especial en honor al Dr. Guillermo Colom*, 77–93.
- Omaña, L., González-Arreola, C. y Núñez-Useche, F. (2017). The Berriasian-Valanginian boundary interval based on calpionellids from the Tarais Formation, Cuencamé de Cenicerros, Durango, NW Mexico: biostratigraphic, paleoecologic and paleobiogeographic significance. *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 589–600.
- Padilla, R. J. y Sánchez, R. J. (1978). Bosquejo geológico-estructural de la Sierra Madre Oriental en el área Linares-Galeana-San Roberto, estado de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2, 45–54.
- Padilla, R. J. y Sánchez, R. J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 59, 19–42. <https://doi.org/10.18268/bsgm2007v59n1a3>
- Pebesma, E. J. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10, 439–446.
- Pedrazzini, C. y Bazañez-Loyola, M. A. (1978). Sedimentación del Jurásico Medio-Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla-Cuenca de Chicotepec, Estados de Hidalgo y Veracruz, México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 10, 6–25.
- Petrova, S., Andreeva, P., Metodiev, L., Reháková, D., Michalik, J. y Lakova, I. (2017). Calpionellid biostratigraphy and microfacies analysis of a Tithonian–Berriasian carbonate succession in the Western Srednogie (Bulgaria). *Geologica Balcanica*, 46, 65–92.
- Petrova, S., Rabrenović, D., Lakova, I., Koleva-Rekalova, E., Ivanova, D., Metodiev, L. et al. (2012). Biostratigraphy and microfacies of the pelagic carbonates across the Jurassic/ Cretaceous boundary in eastern Serbia (Stara Planina-Poreč Zone). *Geologica Balcanica*, 41, 52–76.
- Platonov, E. S., Lakova, I. y Arkadiev, V. V. (2014). Tithonian-Berriasian Tintinnids (Ciliophora) of the Eastern Crimea. *UDC Bulletin*, 11, 56–81.
- Pop, G. (1974). Les zones de Calpionellides tithonique-valanginiennes du sillon de Resita (Carpates meridionales). *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie*, 18, 109–25.
- Pop, G. (1976). Tithonian-Valanginian calpionellid zones from Cuba. *Dări de Seamă ale Ședințelor*, (3. Paleontologie), 62, 237–266.
- Pop, G. (1994). Systematic revision and biochronology of some Berriasian-Valanginian calpionellids (Genus *Remaniella*). *Geologica Carpathica*, 45, 323–331.
- Pop, G. (1996). Trois nouvelles espèces du genre *Remaniella* (Calpionellidae Bonet, 1956). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Serie II A Sciences de la Terre et des Planetes*, 332, 317–323.
- Prémoli-Silva, I. y McNulty, C. L. (1984). Planktonic foraminifers and calpionellids from Gulf of Mexico Sites, Deep Sea Drilling Project Leg 77. En R. T. Buffler, W. Schlager et al. (Eds.), *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project* (pp. 547–584). Washington D.C.: United States Govt. Printing Office.
- R Core Team (2017). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org>
- Reháková, D. (2000). Calcareous dinoflagellate and calpionellid bioevents versus sea level fluctuations record in the west

- Carpathian (Late Jurassic-Early Cretaceous) pelagic environments. *Geologica Carpathica*, 51, 229–243.
- Reháková, D., Halášová, E. y Lukeneder, A. (2009). The Jurassic-Cretaceous boundary in the Gresten Klippenbelt (Nutzhof, Lower Austria): implications for Micro- and Nannofacies analysis. *Annales des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A*, 110, 345–381.
- Reháková, D., Matyja, B. A., Wierzbowski, A., Schlögl, J., Krobicki, M. y Barski, M. (2011). Stratigraphy and microfacies of the Jurassic and lowermost Cretaceous of the veliky kamenets section (Pieniny Klippen Belt, Carpathians, western Ukraine). *Volumina Jurassica*, 9, 61–104.
- Reháková, D. y Michalík, J. (1997). Evolution and distribution of calpionellids - the most characteristic constituents of Lower Cretaceous Tethyan microplankton. *Cretaceous Research*, 18, 493–504.
- Remane, J. (1962). Zur Calpionellen-Systematik. *Neus Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 1, 8–24.
- Remane, J. (1963). Les calpionelles dans les couches de passage Jurassique-Crétacé de la fosse vocontienne. *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble*, 39, 39–82.
- Remane, J. (1964). Untersuchungen zur Systematik und Stratigraphie der Calpionellen in den Jura-Kreide-Grenzschiebten des Vocontischen Troges. *Palaeontographica A*, 123, 1–57.
- Remane, J. (1969). Nouvelles données sur la position taxonomique des Calpionellidea Bonet (1956) et leurs rapports avec les Tintinnina actuels et les autres groupes de “Tintinnoidiens” fossils. *Proceedings of the 1st International Conference of Planktonic Microfossils, Geneva*, 1967, 574–587.
- Remane, J. (1971). Les calpionelles, protozoaires planctoniques des mers mésogéennes de l’époque secondaire. *Annales Guebhard*, 47, 1–25.
- Remane, J. (1978). Calpionellids. En B. U. Haq y A. Boersma (Eds.), *Introduction to marine Micropaleontology* (pp. 161–170). Amsterdam: Elsevier North Holland.
- Remane, J. (1985). Chapter 12, Calpionellids. En H. M. Boli, J. J. Saunders y K. Perch-Nielsen (Eds.), *Plankton Stratigraphy, Volume 1, Planktic foraminifera, calcareous nannofossils and calpionellids* (pp. 555–572). New York: Cambridge University Press.
- Remane, J. (1998). Chapter 6, Calpionellids. En B. A. Haq y A. Boersma (Eds.), *Introduction to marine Micropaleontology* (pp. 161–170). Singapore: Elsevier.
- Remane, J., Bakalova-Ivanova, D., Borza, K., Knauer, J., Nagy, I. y Pop, G. (1986). Agreement on the subdivision of the Standard Calpionellids Zones defined at the second Planktonic Conference, Roma 1970. *Acta Geologica Hungarica*, 29, 5–14.
- Reyes, E. (1964). *El Jurásico Superior del área de Tamán, S. L. P. México D.F.*: Petróleos Mexicanos, Informe Geológico Número 508.
- Rousseau, M., Dromart, G., García, J. P., Atrops, F. y Guillocheau, F. (2005). Jurassic evolution of the Arabian carbonate platform edge in the central Oman Mountains. *Journal of the Geological Society, London*, 162, 349–362.
- Salvador, A., (1991). Origin and development of the Gulf of Mexico Basin. En A. Salvador (Ed.), *The Gulf of Mexico Basin: Geological Society of America, The Geology of North America* (pp. 389–444). Austin: Geological Society of America.
- Sánchez-Rojas L. E. y De la Callejera-Moctezuma, A. E. (2004). Carta geológico-minera Pahuatlán F14-D73, Escala 1:50,000. Pachuca, Hidalgo: Servicio Geológico Mexicano.
- South, A. (2017a). Naturalearth: World map data from natural Earth. R package versión 0.1.0. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=naturalearth>. Último acceso: 13 de septiembre de 2019.
- South, A. (2017b). Rnaturalearth: World vector map data from natural Earth used in ‘naturalearth’. R package versión 0.1.0. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=naturalearthdata>. Último acceso: 13 de septiembre de 2019.
- Stephenson, L. W. (1921). Some Upper Cretaceous Shells of the Rudist Group from Tamaulipas, Mexico. *Proceedings of the United States Natural History Museum*, 61, 356.
- Tappan, H. y Loeblich, A. R. (1968). Lorica composition of modern and fossil Tintinnida (Ciliate Protozoa), systematics, geologic distribution, and some new Tertiary taxones. *Journal of Paleontology*, 42, 165–171.
- Tavera, J. M., Aguado, R., Company, M. y Olóriz, F. (1994). Integrated Biostratigraphy of The Durangites and Jacobi Zones (J/K Boundary) at the Puerto Escaño Section in southern Spain (Province of Cordoba). *Geobios*, 17, 469–476.
- Trejo, M. (1976). Tintínidos mesozoicos de México (Taxonomía y datos Paleobiológicos). *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 27, 329–449.
- Trejo, M. (1980). Distribución estratigráfica de los tintínidos Mesozoicos Mexicanos. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 12, 4–13.
- Vincent, E., Lehman, R., Sliter, W. V. y Jean-Westberg, M. (1980). Calpionellids from the Upper Jurassic and Neocomian of Deep-Sea Drilling Project Site 416, Moroccan Basin, Eastern North Atlantic. Último acceso: 8 de marzo de 2019. <https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.50.111.1980>
- Wimbledon, W. A., Reháková, D., Pszczółkowski, A., Casellato, C., Hasálová, E., Frau, C. et al. (2013). An account of the bio- and magnetostratigraphy of the Upper Tithonian-Lower Berriasian interval at Le Chouet, Drôme (SE France). *Geologica Carpathica*, 64, 437–460.
- Yu, G. (2018). Scatterpie: Scatter Pie Plot. R package version 0.1.2. Último acceso: 8 de marzo de 2019 : <https://CRAN.R-project.org/package=scatterpie>
- Zell, P., Stinnesbeck, W., Beckmann, S., Adatte, T. y Hering, P. (2015). The Berriasian-Valanginian (Early Cretaceous) boundary transition at Santa Catarina Ticuá, Oaxaca State, southern Mexico: Ammonites, bivalves, calpionellids and their paleobiogeographic significance. *Journal of South American Earth Sciences*, 62, 33–57.
- Zell, P., Stinnesbeck, W. y Hering, F. (2016). A coral-rich unit of Berriasian (Early Cretaceous) age in the Sierra Madre Oriental of northeastern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 69, 91–102.